

**КВАНТОВЫЕ И ФОТОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

**ПАТЕНТНЫЙ ЛАНДШАФТ
ЦЕНТРА ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ
УНИВЕРСИТЕТА ИТМО**



ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ИНСТИТУТА
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Издание подготовлено в рамках
деятельности Центра трансфера
технологий и Центра развития
института интеллектуальной
собственности
Университета ИТМО

Автор:

Трынченков Николай Алексеевич

Научный руководитель:

Николаев Андрей Сергеевич

Ответственный редактор:

Андрей Николаев

Дизайн обложки:

Лев Бахарев

Адрес редакции:

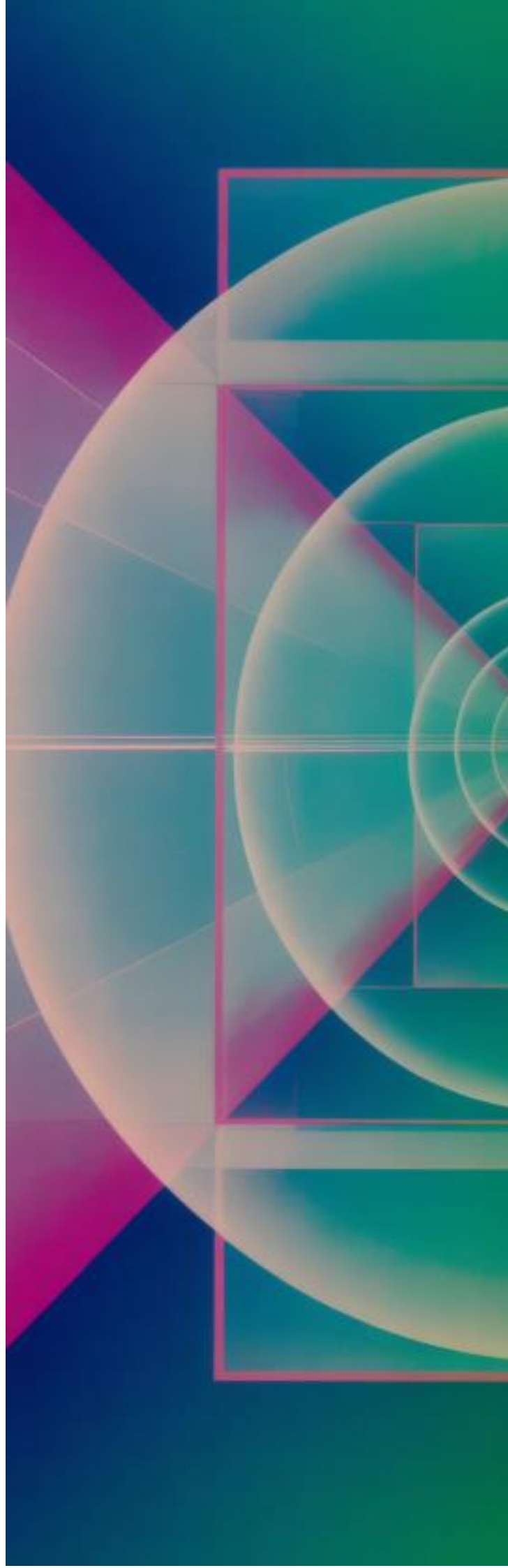
191187, Российская Федерация, Санкт-
Петербург, ул. Чайковского, 12/2, каб.
410, Университет ИТМО, Высшая
инженерно-техническая школа,
Центр развития института
интеллектуальной собственности

ip@itmo.ru

tt.itmo.ru

При создании дизайна обложки
использовано изображение,
сгенерированное с помощью
нейросети «Midjourney»

Дата выхода издания: сентябрь 2025



ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	12
1.1 Общие сведения о предметной области	12
1.2 Динамика патентования.....	16
1.3 География патентования	19
2 МИРОВЫЕ ЛИДЕРЫ ПАТЕНТОВАНИЯ.....	24
2.1 Обзор правообладателей	24
2.2 Ключевые решения правообладателей. Корпорации	38
IBM	38
Intel.....	41
Google	44
Microsoft	47
Samsung.....	50
LG.....	53
Honeywell	55
Baidu.....	58
TSMC.....	61
Tencent.....	64
IonQ.....	66
Rigetti Computing	69
PsiQuantum	72
D-Wave Systems	75
Illumina	78
Ouster	81
Red Hat.....	85
Lightmatter.....	88

2.3 Ключевые решения правообладателей. Университеты и научные центры.....	91
Мэрилендский университет в Колледж-Парке.....	91
Дьюкский университет	94
Гарвардский университет (Гарвард-колледж).....	97
Университет науки и технологий Китая (USTC)	99
3 ПРОГНОЗЫ	103

ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящего исследования является разработка ландшафта решений в области квантовых и фотонных технологий на основе массива патентов организаций, занимающихся разработкой в рассматриваемой предметной области, для демонстрации текущего состояния научно-технической активности организаций, динамики патентования, географического распределения патентных портфелей организаций, а также формирования предположений о возможных перспективах развития рассматриваемой области.

Настоящий отчет включает в себя следующие разделы:

- Модель предметной области, отражающий ключевые направления в сфере квантовых и фотонных технологий, в том числе, но не ограничиваясь: основные технологические направления и поднаправления, виды охраняемых технических решений, коммерческие и научно-исследовательские организации, являющиеся лидерами в этих сферах.

- Тренды патентования, описывающий структуру и динамику патентной активности в рассматриваемой области. Основной вывод раздела - ожидание сохранения положительной динамики патентования как в целом, так и в отдельных подотраслях, а именно: квантовые вычисления; квантовые коммуникации (в том числе квантовые протоколы шифрования); оптические устройства.

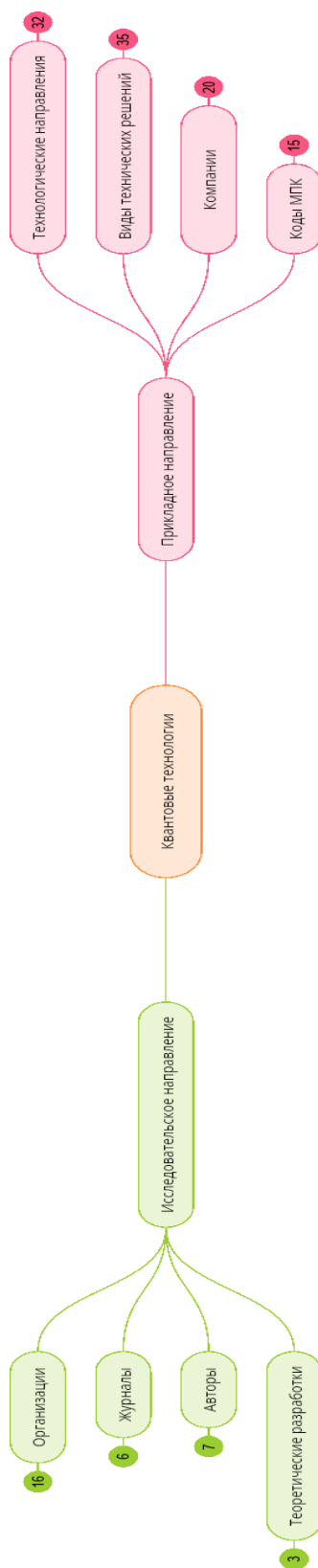
- География патентования - территориальное распределение активности компаний по странам происхождения и странам присутствия. Основные выводы - лидерами по активности являются организации из Китая, США, Южной Кореи, Японии и Индии. Эти же страны являются лидерами по количеству патентных семейств, в отношении которых на их территории была предоставлена охрана или были поданы заявки на выдачу патента. При этом в отношении Китая необходимо учитывать, что абсолютное большинство патентных семейств на его территории также принадлежит исключительно китайским компаниям.

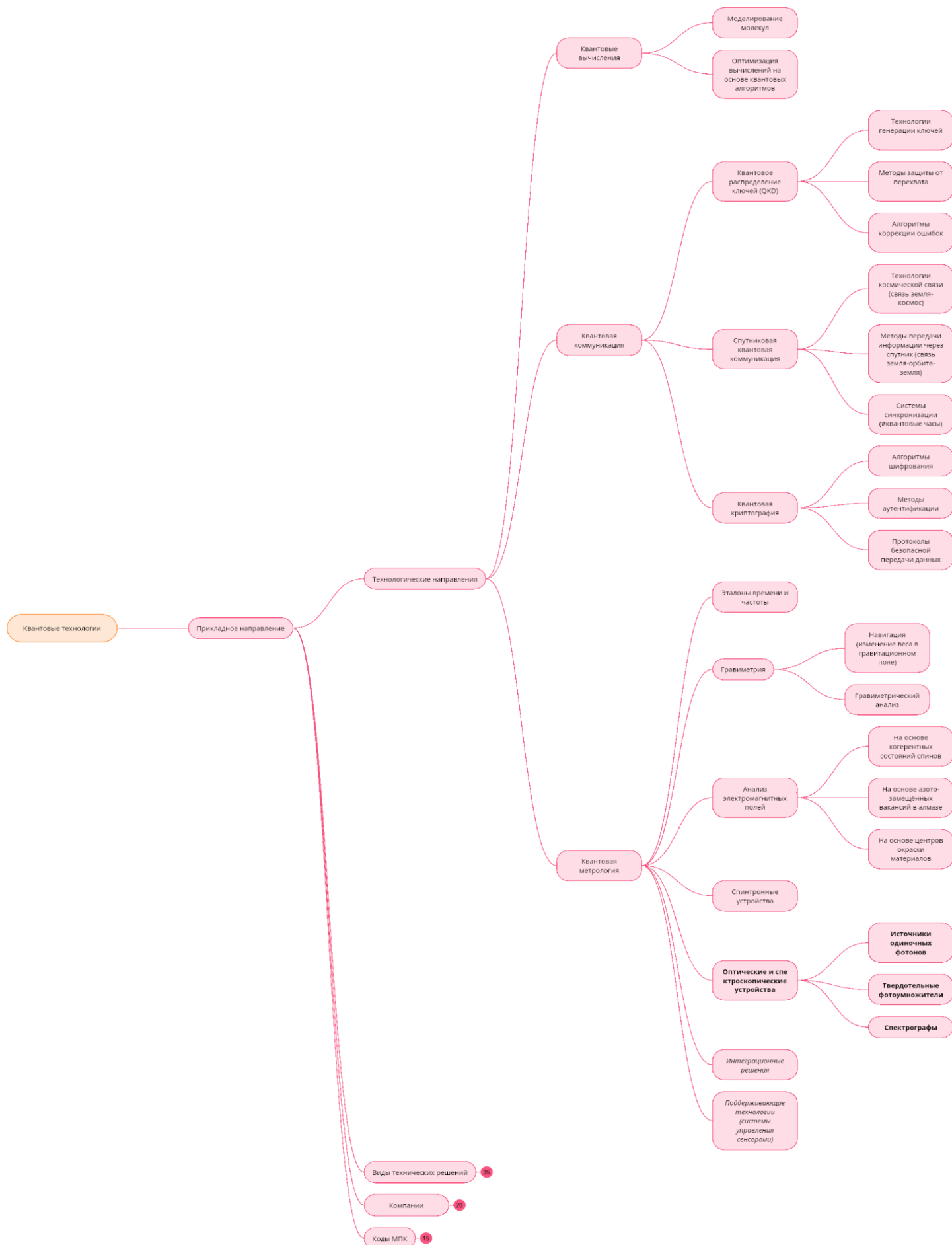
- Компании - обзор 22 компаний с предоставлением примеров актуальных решений из их патентных портфелей.

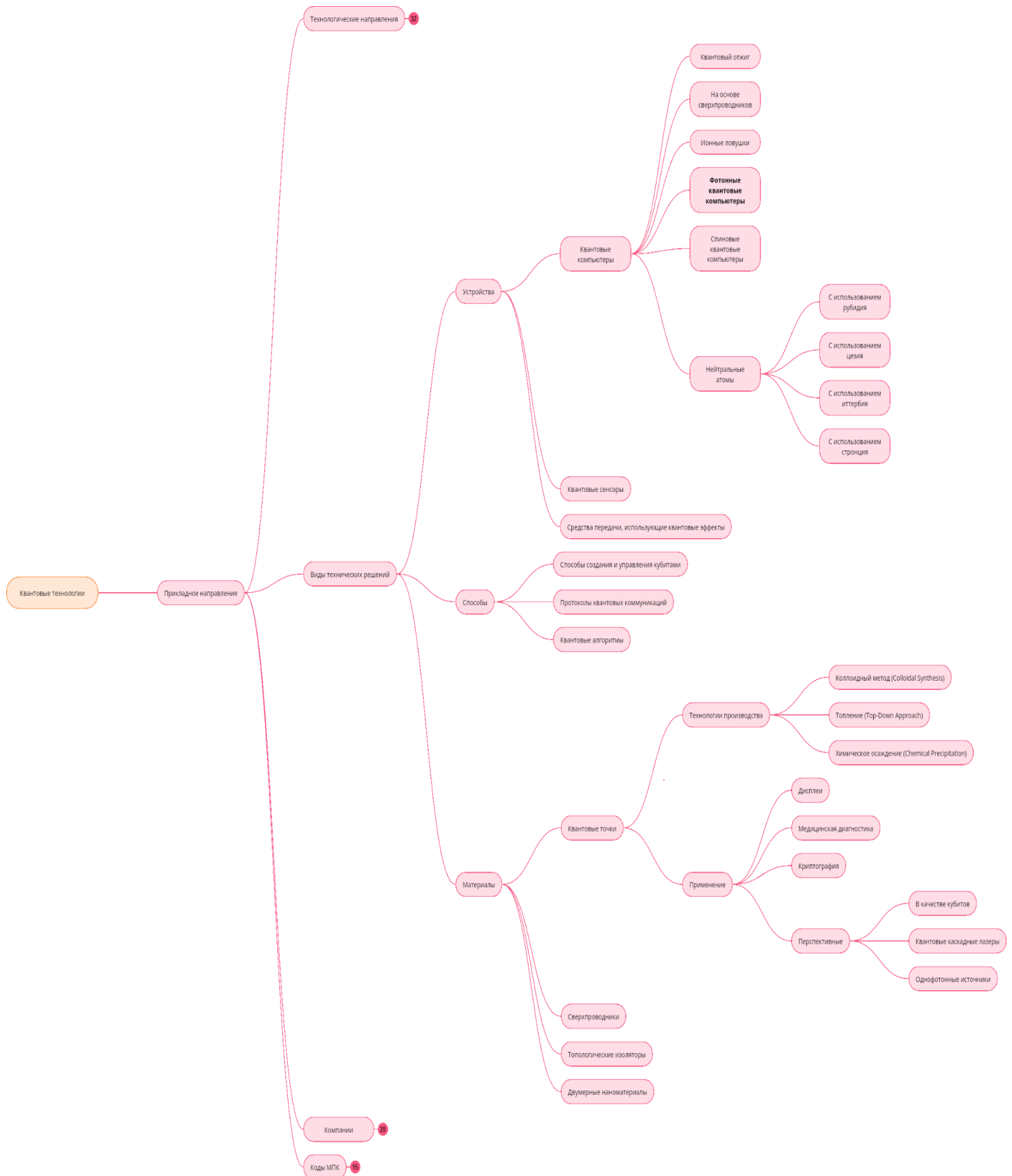
- Прогнозы - гипотезы о дальнейшем развитии рассматриваемой области.

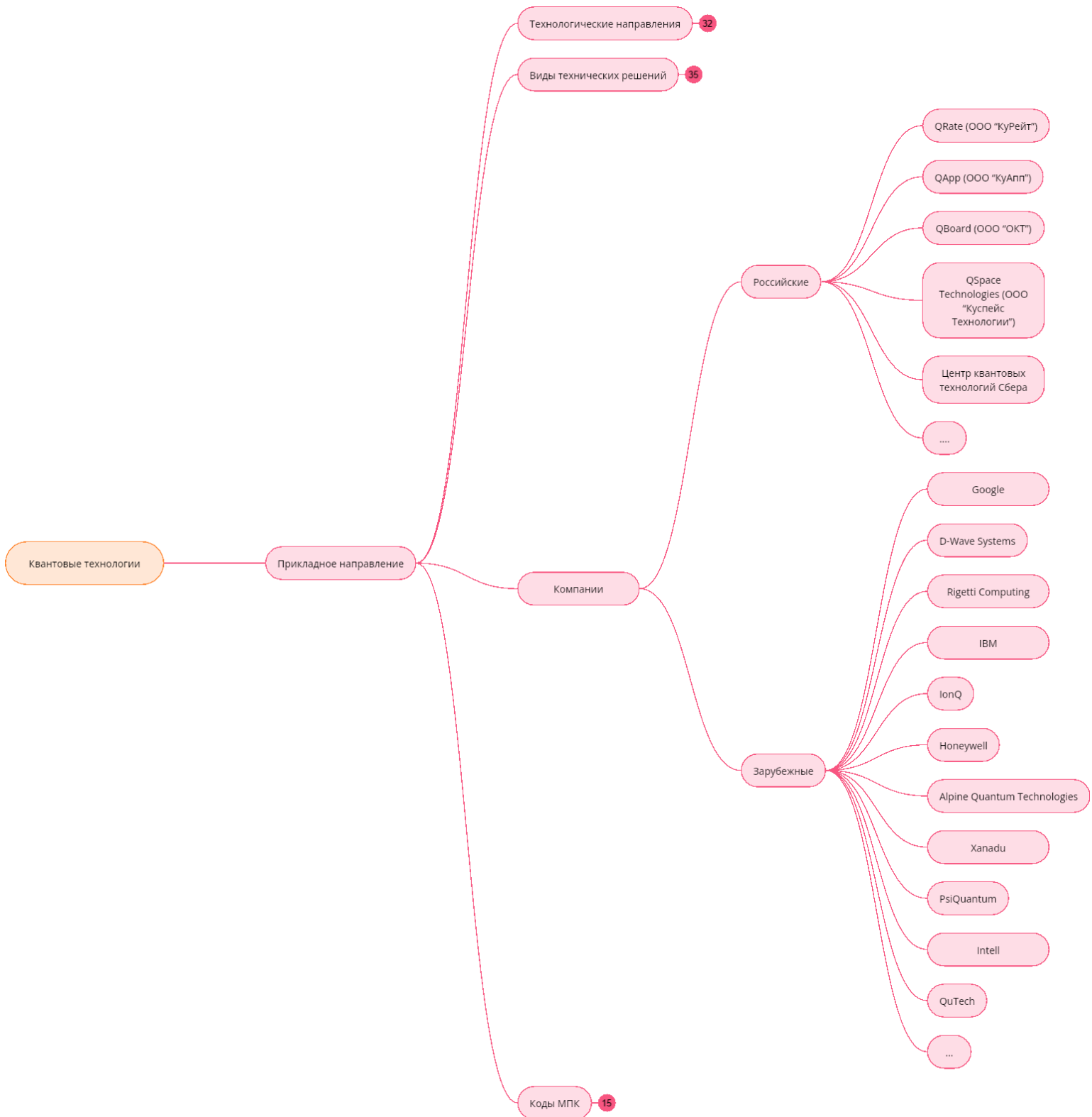
В рамках исследования проведена декомпозиция предметной области, определены основные проблемы и вызовы, сформулирован перечень ключевых слов и индексов Международной патентной классификации (МПК), а также проанализирована мировая и российская патентная документация. Особое внимание уделено трендам патентования и прогнозу развития технологий в условиях перехода к концепциям Industry 4.0 и Industry 5.0.

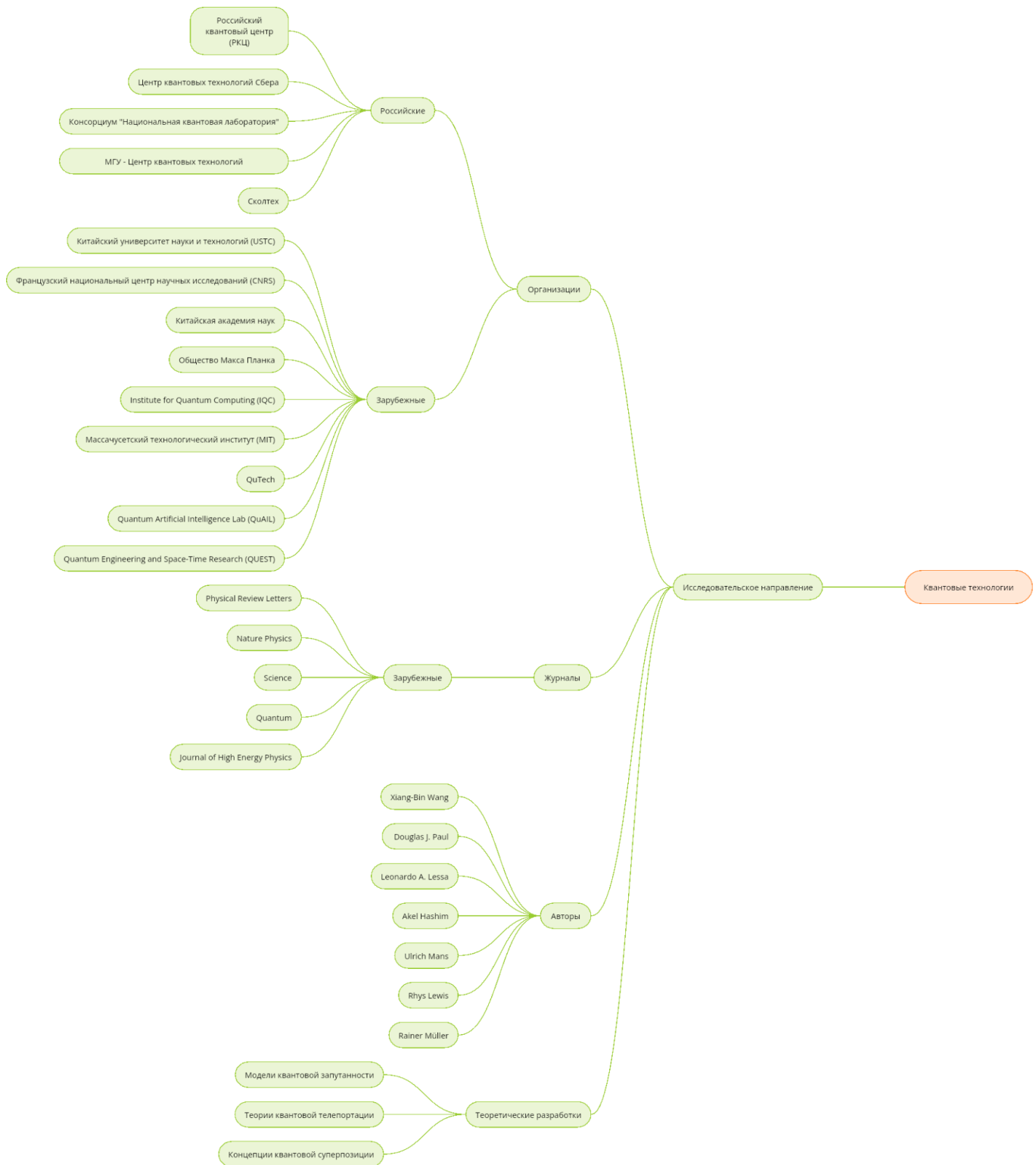
Результаты исследования могут быть использованы для формирования стратегий технологического развития, принятия решений в области интеллектуальной собственности и определения приоритетных направлений научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР).











1 ОБЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Общие сведения о предметной области

Для проведения поиска решений, относящихся к выбранной предметной области, была разработана стратегия поиска, в основу которой положено выявление решений по релевантным кодам Кооперативной патентной классификации, отобранным при формировании модели предметной области, среди которых:

- G06N10/00 Квантовые компьютеры, т.е. компьютерные системы основанные на квантово-механическом феномене;
- H04L9/00 Устройства для секретной или скрытой связи; протоколы сетевой безопасности;
- B82Y20/00 Нано-оптика, например, квантовая оптика или фотонные кристаллы;
- B82Y10/00 Нано-технология для обработки, хранения или передачи информации, например, квантовые вычисления или логические схемы на одиночном электроде;
- G01V3/00 Разведка или обнаружение с помощью электрических или магнитных средств; измерение характеристик магнитного поля земли, например, магнитного склонения или девиации;
- G01 Измерение; испытание;
- G06E Оптические вычислительные устройства цифровые запоминающие устройства с использованием оптических элементов;
- G02B5/00 Оптические элементы иные, чем линзы световоды; оптические логические элементы;
- G02F3/00 Оптические логические элементы; бистабильные оптические устройства;
- H04B10/00 Передающие системы, использующие электромагнитные волны иные, чем радиоволны, например видимый свет, инфракрасный или ультрафиолетовый свет, или использующие корпускулярное излучение, например, квантовую связь.

Для отражения наиболее актуальных решений, отражающих текущий уровень техники и состояние развития области, была

установлена глубина поиска в 5 лет, то есть с 01.01.2020 года, что позволяет выявить актуальные тренды, определить лидирующие страны и компании, а также оценить перспективность отдельных сегментов.

Важно подчеркнуть, что многие патентные семейства, выявленные по результатам поиска с заданными условиями, имеют и более ранние даты приоритета. Многие из таких семейств, приоритет которых приходится на промежуток между 2014 и 2020 годами, всё ещё активно поддерживаются, что позволяет говорить об их системной значимости для компаний как интеллектуальной основы разрабатываемых и продвигаемых на рынке продуктов, а также об их роли научно-технического задела в более поздних разработках. Учитывая это, упомянутые технические решения было решено не исключать из состава коллекции.

В результате была получена патентная коллекция, состоящая из свыше 30 тысяч патентных семейств, более 16 тысяч из которых страной первого приоритета имеет Китайскую Народную Республику. Выявленная диспропорция сама по себе не является аномалией. Высокий уровень патентной активности на территории Китая связан с особенностями местного законодательства и сформировавшейся культуры патентования любых технических решений, соответствующих формальным требованиям. Однако, патентные семейства, приоритет которых приходится на Китай, создают «шум» в полученной коллекции, затрудняя её качественный анализ. В связи с этим для качественного отражения и сопоставления полученных данных, аналитические отчеты приводится в двух видах: с учётом патентных семейств, страной первого приоритета для которых выступает Китайская Народная Республика, и без них.

Распределение количества патентных семейств по промышленным направлениям в целом соответствует гипотезе, сформированной при разработке предметной области. Наибольшее количество решений относятся к компьютерным (вычислительным) и периферийным устройствам, далее следуют средства коммуникации (рисунок 1, рисунок 2). Отдельного внимания заслуживает сегмент измерительных технологий, включающий квантовые сенсоры, методы высокоточной метрологии и приборы для регистрации слабых полей и сигналов. Патентная активность в данной области отражает возрастающую роль квантовых измерений для

практического применения — от фундаментальной науки до навигации, медицины и телекоммуникаций. Квантовые сенсоры рассматриваются как одно из наиболее перспективных направлений, способных обеспечить технологический прорыв в смежных областях.

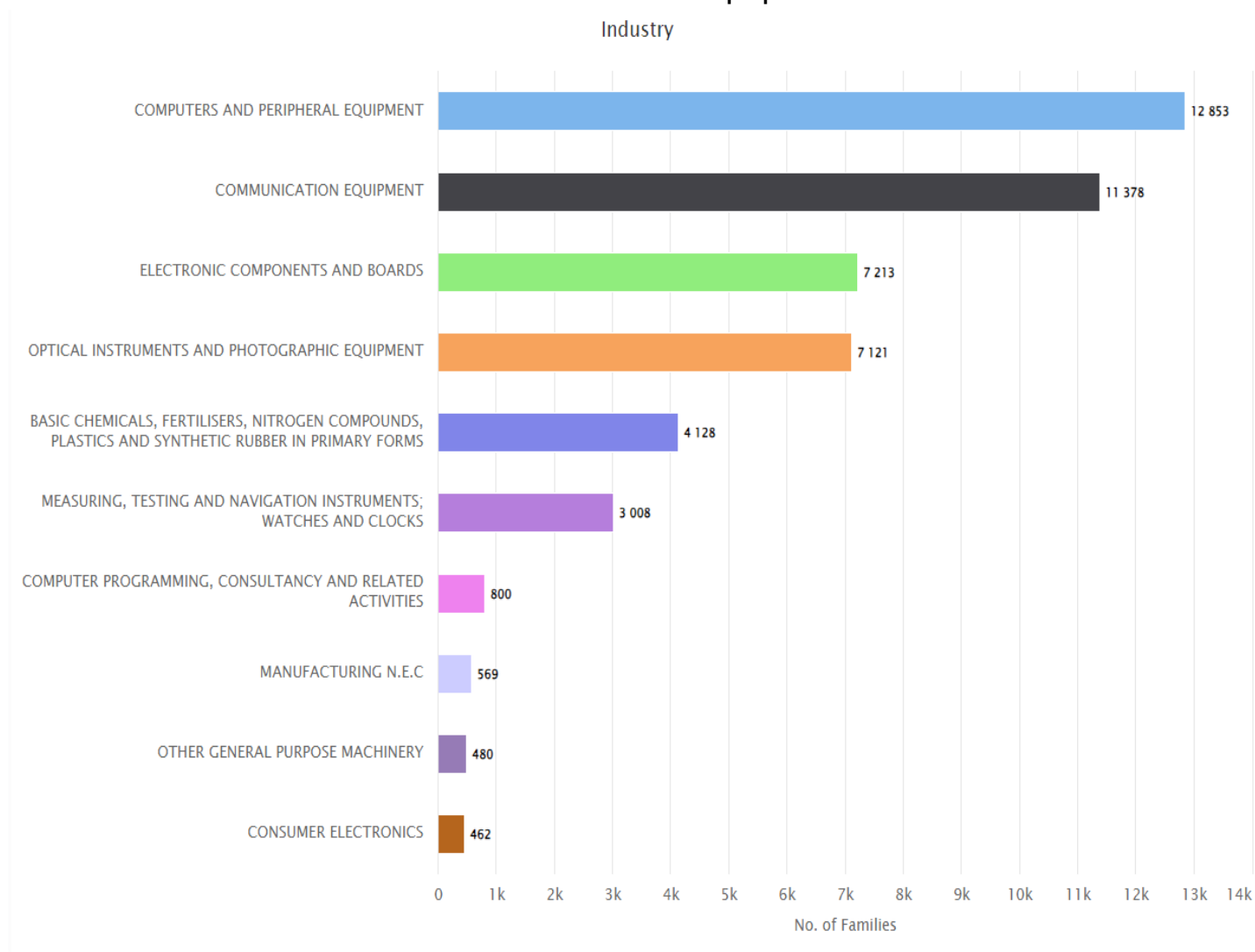


Рисунок 1 – Распределение патентных семейств по отраслям промышленности (мир)

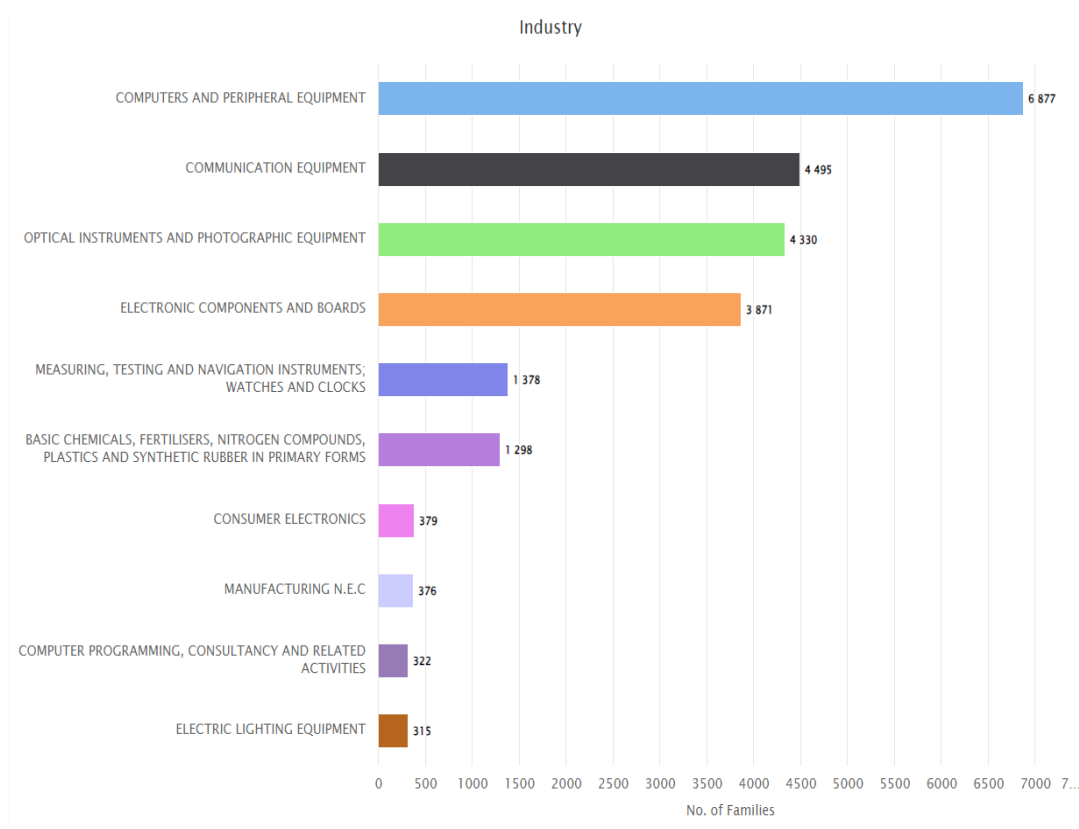


Рисунок 2 – Распределение патентных семейств по отраслям промышленности (без учета Китайского патентного сегмента)

1.2 Динамика патентования

На диаграммах (рисунок 3, рисунок 4) показаны тенденции подачи заявок и выдачи патентов в технологическом пространстве за последние годы. На диаграмме указан календарный год, заявки откладываются по дате подачи, а патенты – по дате публикации.

Сегодня наблюдается стабильно положительная динамика роста как количества подаваемых заявок, так и получаемых по ним патентов с достижением пиковых значений в 2023 и 2024 годах соответственно, со снижением динамики в 2025 году, что не является критичным фактором.

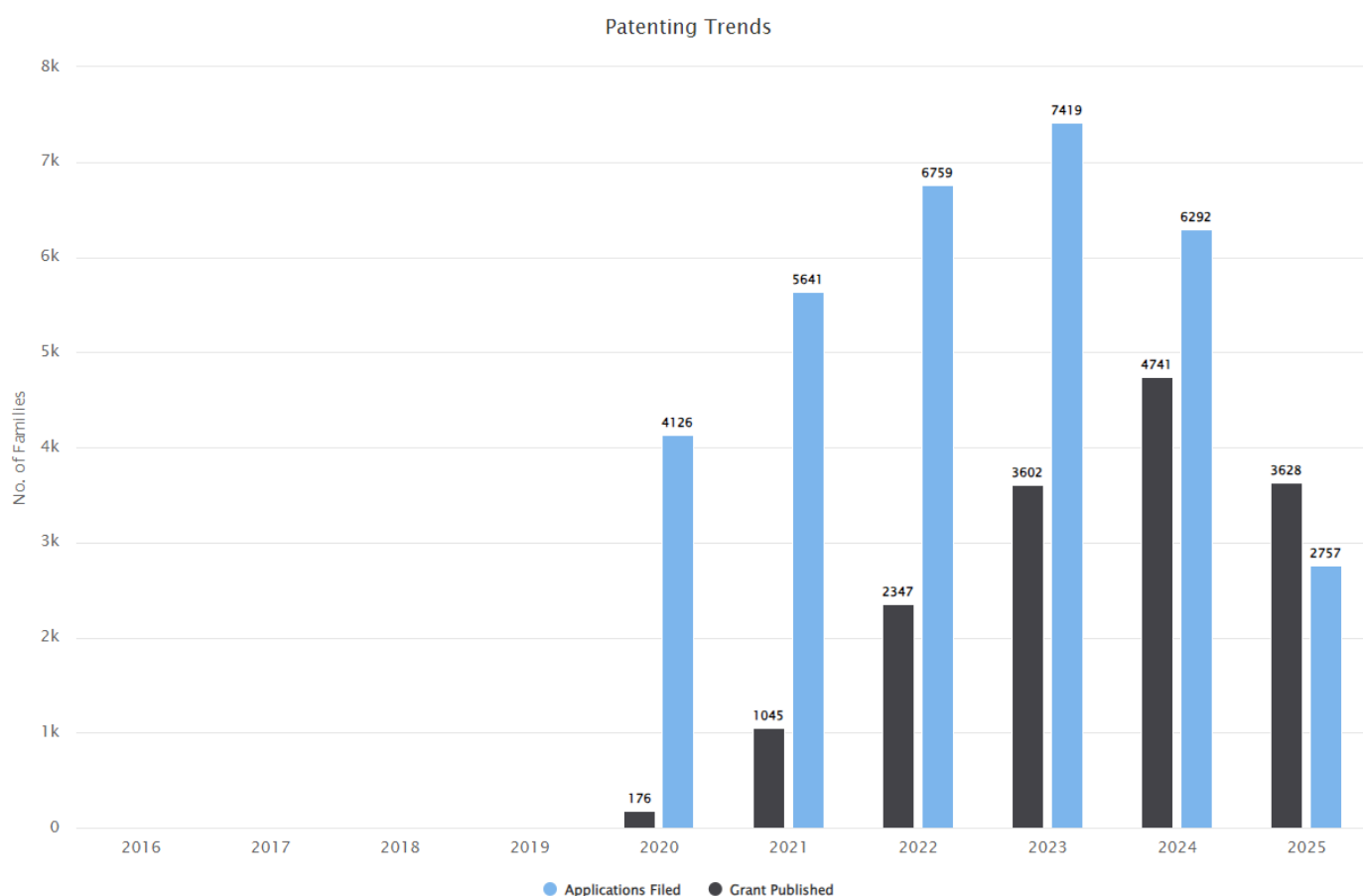


Рисунок 3 – Динамика патентования (с Китаем)

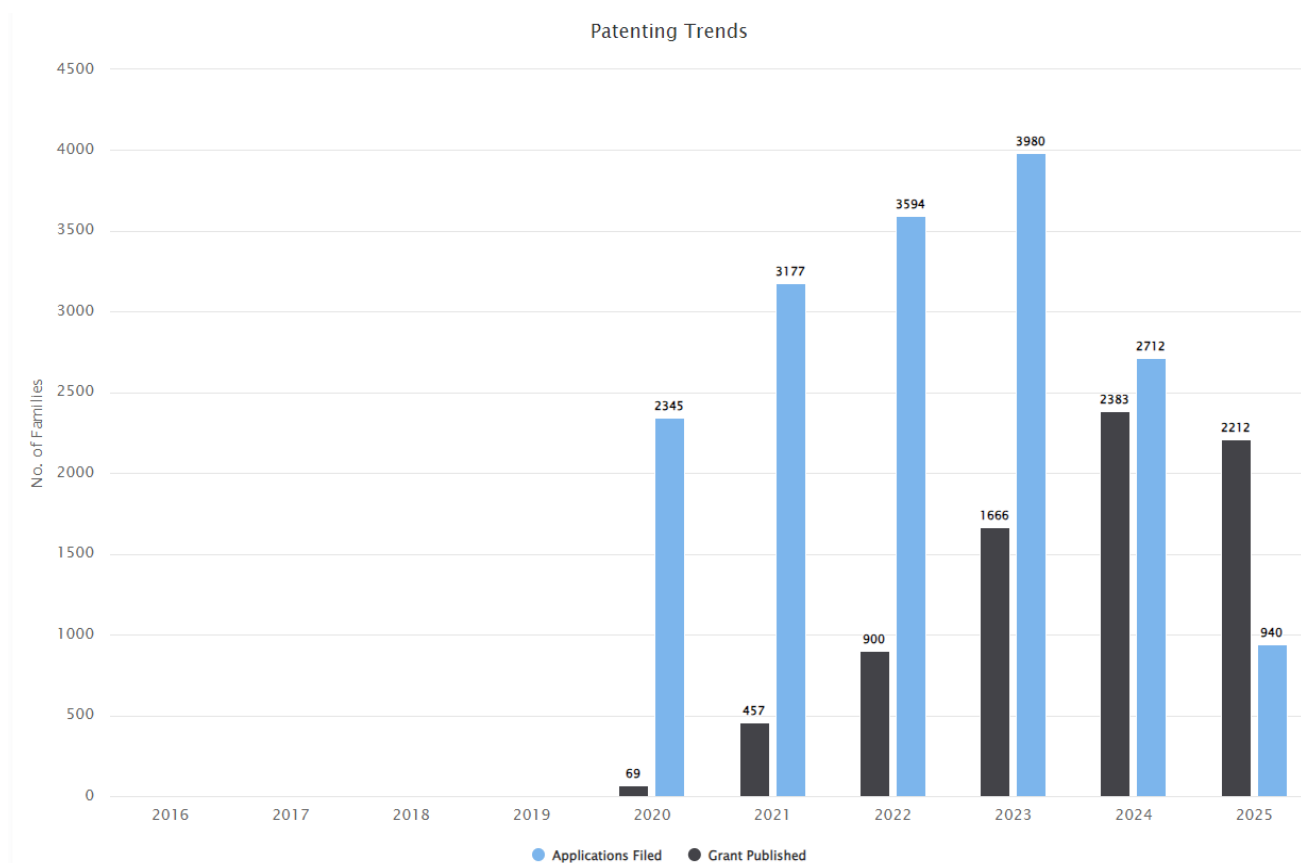


Рисунок 4 – Динамика патентования (без Китая)

Необходимо учитывать, что в отношении патентов существует временная задержка их регистрации, обусловленная периодом проведения экспертизы по существу, в силу чего можно ожидать, что количество полученных патентов по итогам 2025 года может сравняться с уровнем 2024 года или даже превысит его. Данную гипотезу подтверждают также данные о среднем периоде патентования, которые составляет примерно 34 месяца (рисунок 5).

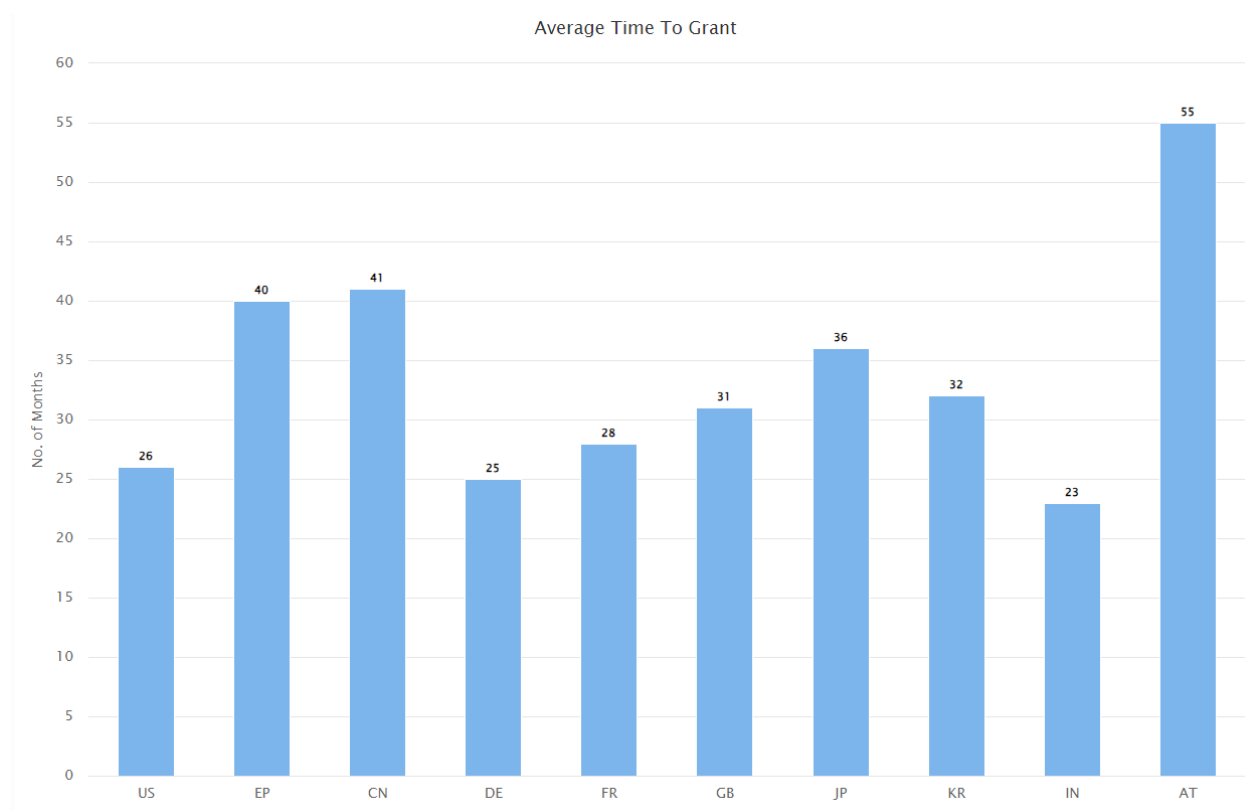


Рисунок 5 – Средний срок получения патента по странам, в месяцах

При этом также необходимо отметить, что, в соответствии с имеющимися статистическими данными, более половины (~17 000) патентных семейств находятся на дату подготовки настоящего ландшафта на этапе рассмотрения заявки, что также подтверждает гипотезу о дальнейшем увеличении числа патентных семейств, которым будет предоставлена правовая охрана.

1.3 География патентования

На рисунке 6 представлены сведения о географии распределения стран первого приоритета по патентным семействам. Приоритет в патентном праве – это механизм определения момента, с которого признаётся правовая охрана на заявляемое техническое решение. В самом общем, который он может быть установлен с даты первой подачи заявки на выдачу патента. При подаче заявок на выдачу в иных патентных юрисдикциях, при соблюдении установленных требований, дата приоритета для указанных заявок также может быть определена как дата подачи первой заявки.

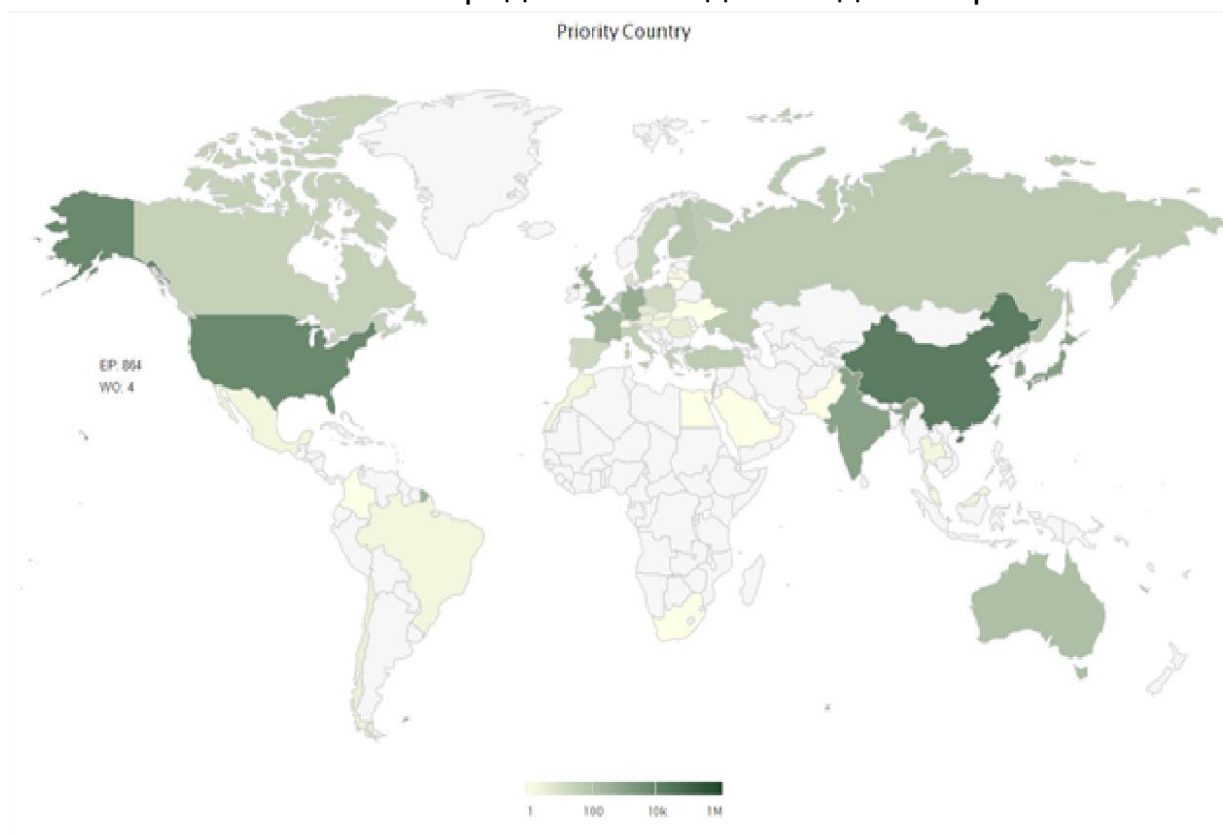


Рисунок 6 А – География патентования (страны первой подачи)

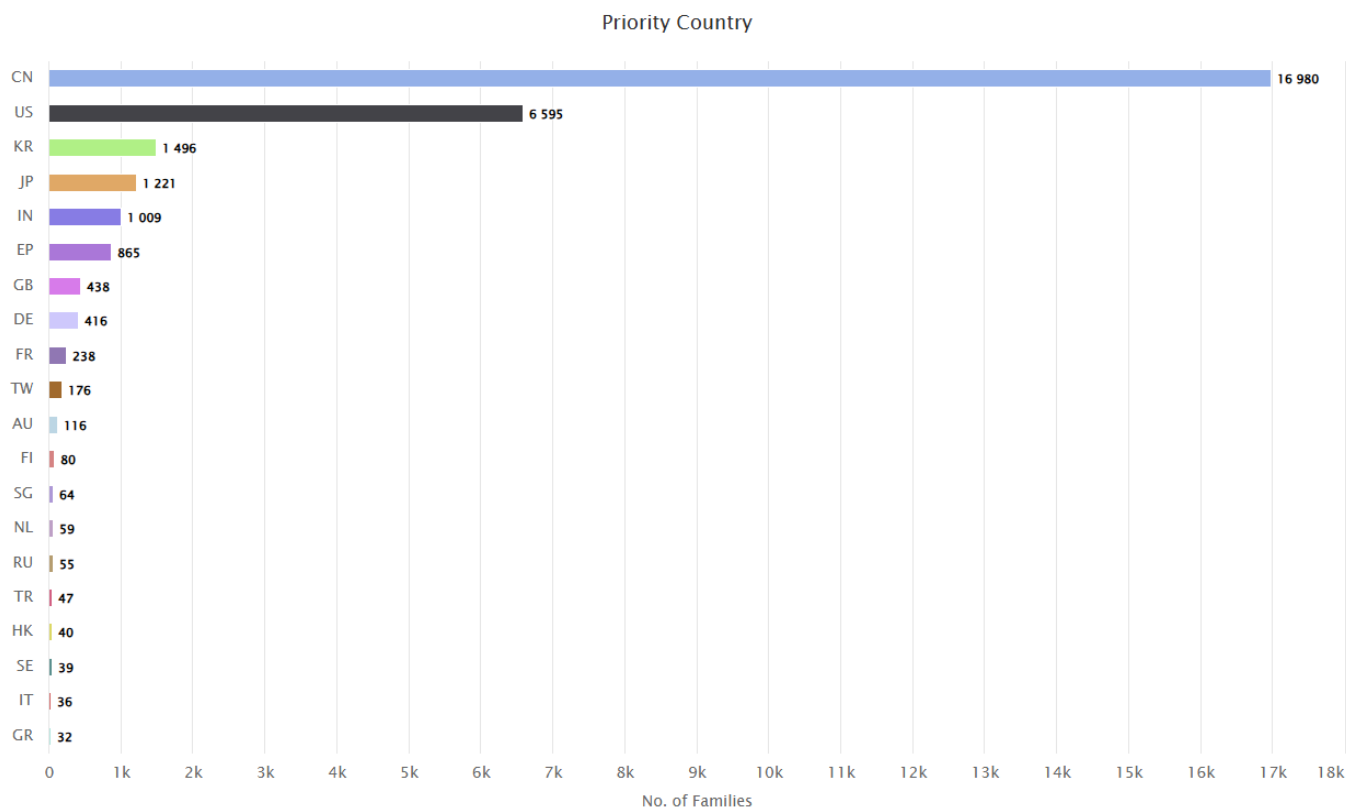


Рисунок 6Б – География патентования (страны первого приоритета)

Со значительным отрывом лидирует в рассматриваемой области Китай – на его долю приходится 56% (16 980 патентных семейств). Далее следуют:

- США (21% – 6 595 патентных семейства);
- Южная Корея (5% – 1496 патентных семейства);
- Япония (4% – 1221 патентных семейства);
- Индия (3% - 1009 патентных семейств).

Китай, США, Япония, Южная Корея и Индия вносят наибольший вклад в созданной патентной коллекции (27 297 патентных семейства, 89% от общей коллекции). Подобная структура топ-5 юрисдикций, по всей видимости, обусловлена концентрацией в этих странах крупнейших исследовательских институтов и компаний в области информационных технологий.

В число стран, на которые приходится приоритет более чем 100 патентных семейств, также входят:

- Великобритания – 438 патентных семейств;
- Германия – 416 патентных семейств;
- Франция – 239 патентных семейств;
- Тайвань – 176 патентных семейств;

- Австрия – 116 патентных семейств.

Российская Федерация занимает 15 место с 55 патентными семействами, что составляет менее 1% от общего размера коллекции.

Примечательно, что абсолютное в отношении большинства патентных семейств, приоритет которых приходится на Китай, охрана предоставлена также только в Китае:

- Китай – 7 410 патентных семейства;
- США – 224 патентных семейства;
- Япония – 102 патентных семейства;
- Тайвань – 40 патентных семейств;
- Австрия – 19 патентных семейств;
- Корея – 18 патентных семейств;
- Российская Федерация – 3 патентных семейства.

Аналогичная картина распределения наблюдается на графике стран публикации – стран, в которых патентным семействам предоставлена охрана или в которых была подана заявка на регистрацию (рисунок 7):

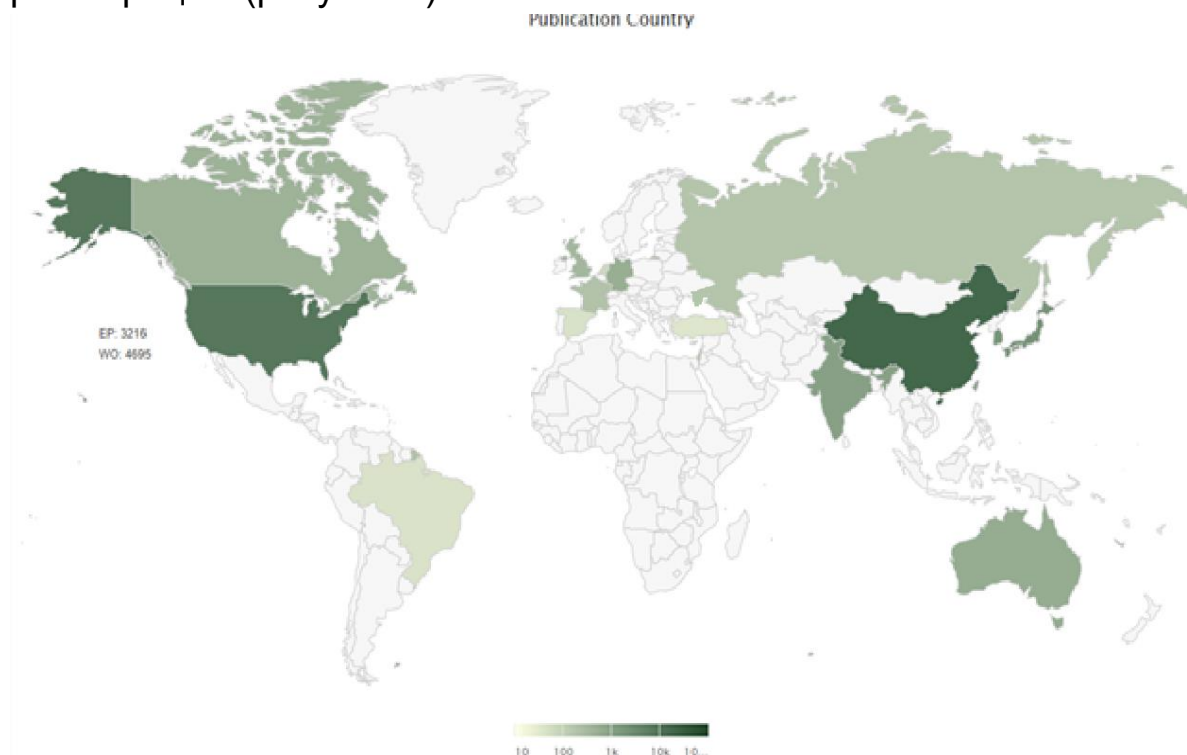


Рисунок 7А – География патентования (страны публикации)

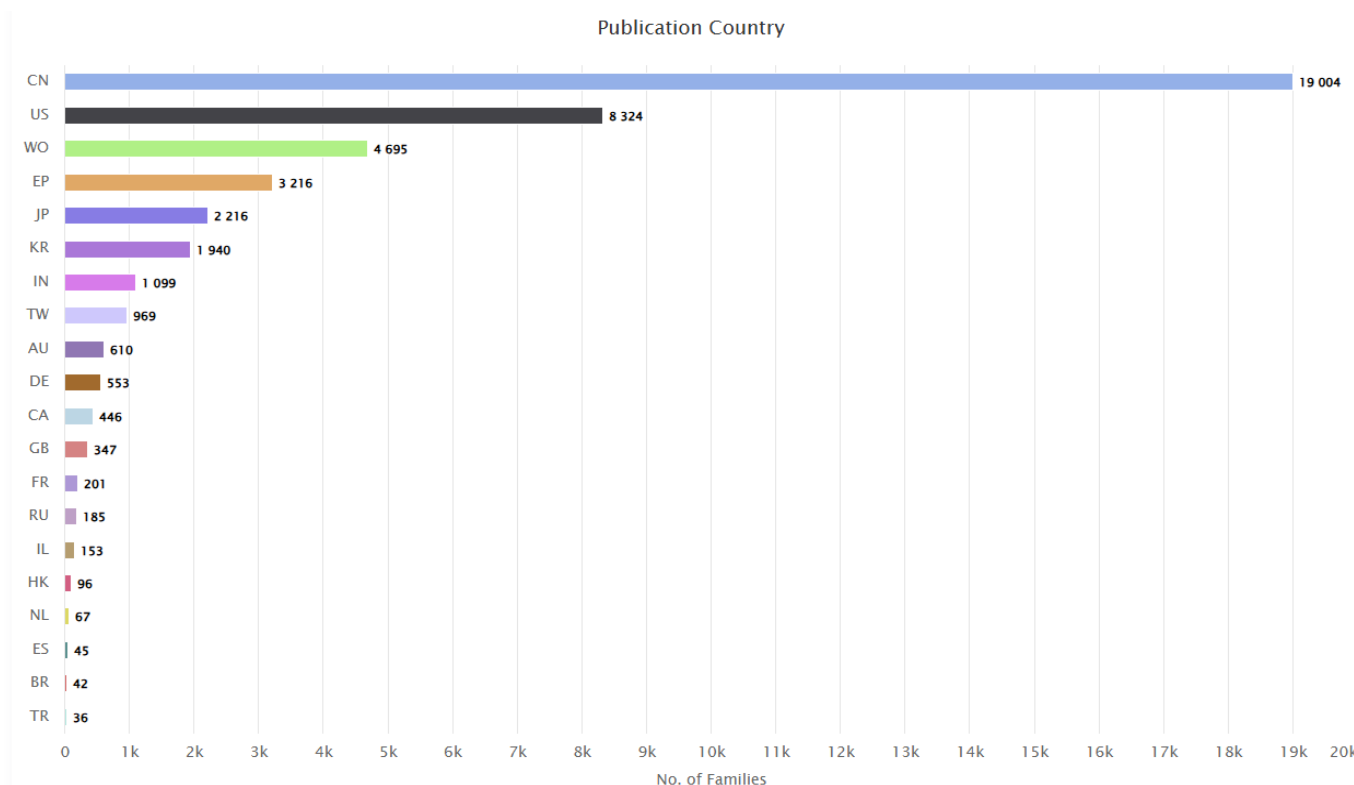


Рисунок 7Б – География патентования (страны публикации)

На рисунке 8 приведены данные о топ-20 патентных семействах с самым большим территориальным покрытием, то есть количество юрисдикций, в которых решениям предоставлена охрана. Среднее количество составляет приблизительно 14 юрисдикций, среди которых преимущество имеют также те, которые указаны в топ-10 на рисунке 7.

В Российской Федерации охрана предоставлена техническим решениям, принадлежащих таким зарубежным правообладателям, как:

- Illumina – 4 патентных семейства, одно из которых прекратило своё действие (RU2731841);
- IBM – 2 патентных семейства;
- Origin Quantum Computing – 2 патентных семейства;
- Microsoft Technology Licensing – 1 патентное семейство;
- Siemens Mobility – 1 патентное семейство;

Также выявлены действующие заявки – Keranova (1 заявка), Attochron (1 заявка), Periso (1 заявка).

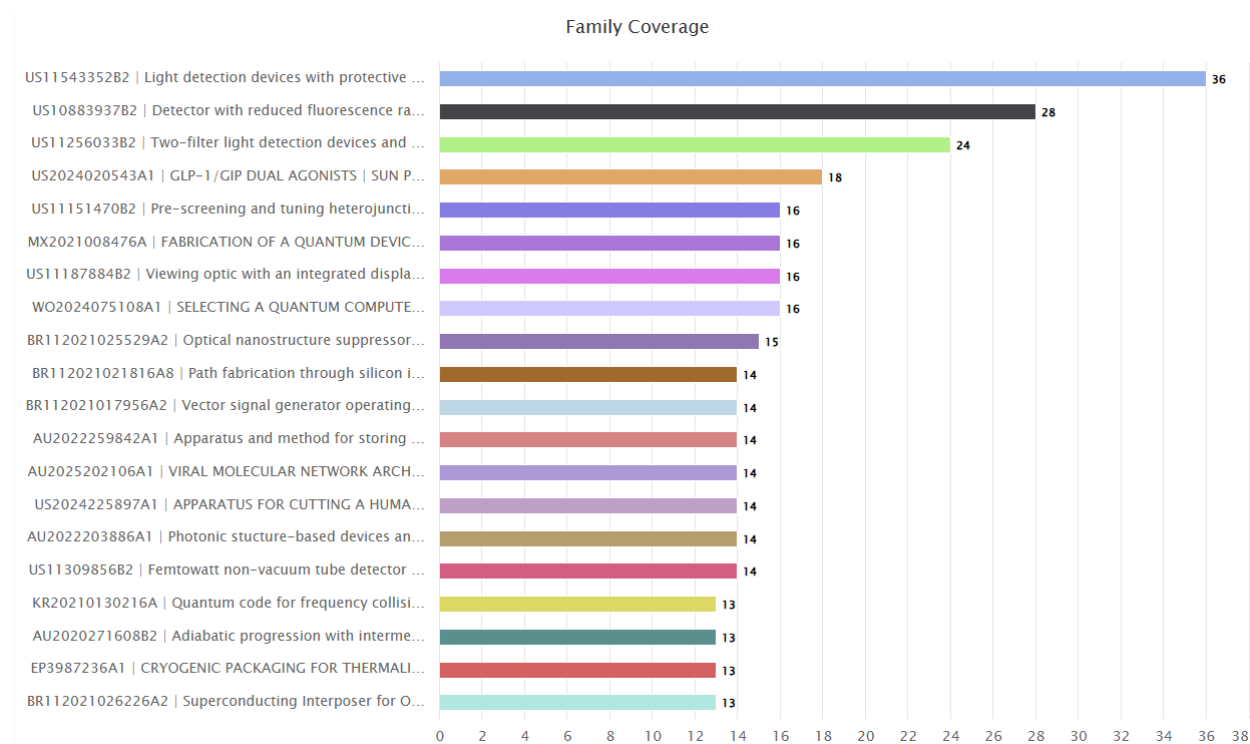


Рисунок 8 – Топ-20 патентных семейств по территориальному покрытию

Необходимо также отметить, что в отношении всех патентных семейств, вошедших в состав коллекции, отсутствуют сведения о регистрации факта предоставления права использования исключительного права третьим лицам – заключения лицензионного договора. Это позволяет предположить, что правообладатели используют блокирующую стратегию охраны. В соответствии с ней патентование осуществляется в наибольшем возможном из интересуемых юрисдикций с целью недопущения использования запатентованного решения, что является во многих юрисдикциях законным средством ограничения конкуренции.

2 МИРОВЫЕ ЛИДЕРЫ ПАТЕНТОВАНИЯ

2.1 Обзор правообладателей

Чтобы конкретизировать перечень ключевых игроков в рассматриваемой предметной области, представим в первом приближении перечень топ-50 правообладателей по действующим патентным семействам в целом (рисунок 9 и 10). На рисунке 9 приведён перечень компаний с самыми высокими индексами ценности портфелей (тёмно-синяя верхняя полоса со значением) относительно общего количества патентных семейств в портфеле (голубая нижняя полоса со значением). На рисунке 10 в качестве средства репрезентации выбрана пузырьковая диаграмма, на которой представлено качественно-количественное соотношение портфелей правообладателей: по оси X показан размер патентного портфеля, по оси Y показана средняя оценка 360Q всех решений по портфелю правообладателя, размер кружка показывает индекс ценности портфеля, как сумму оценок 360Q всех семейств в портфеле. Подписи приведены преимущественно, но не исключительно для компаний, которые выделяются из общего скопления, расположенного в левом нижнем углу, в силу чего представляют интерес для дальнейшего анализа.

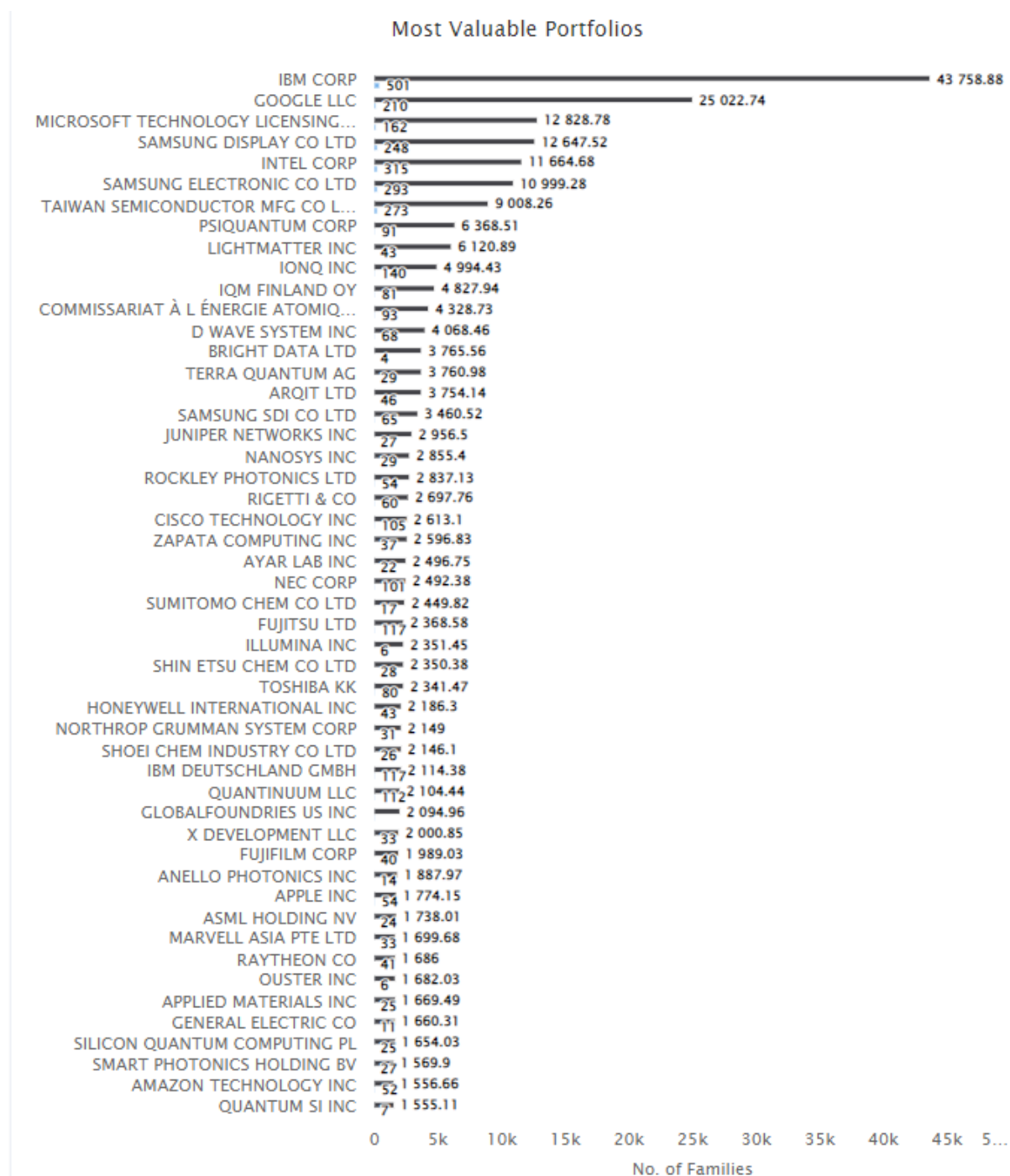


Рисунок 9— Топ-50 компаний с самыми ценными патентными портфелями¹

¹ Патентный портфель – это набор действующих патентных документов, в том числе заявок на выдачу патента, принадлежащих одному лицу.

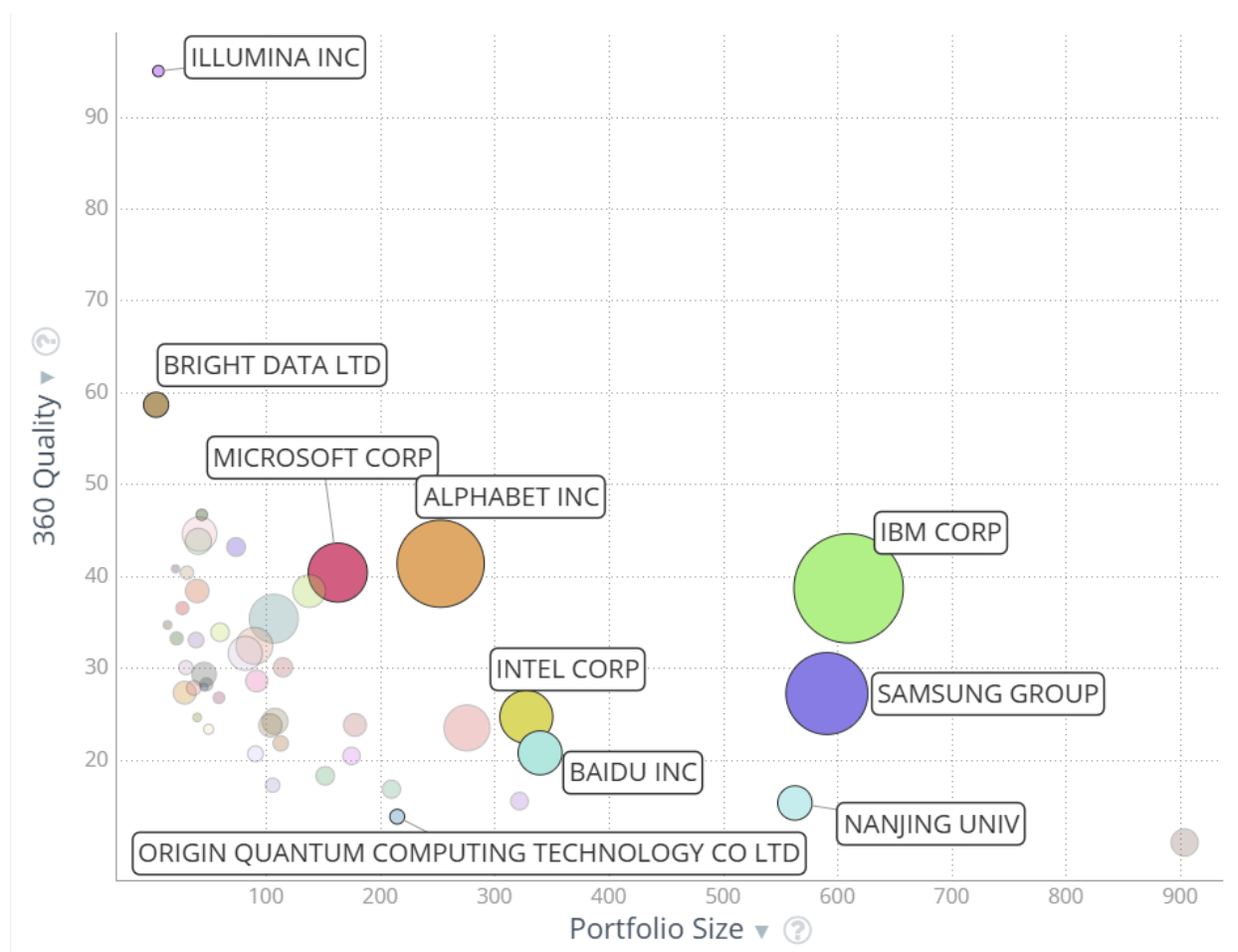


Рисунок 10– Качественно-количественное соотношение портфелей правообладателей (общее)

Скоринговая система 360Q отражает средневзвешенную оценку таких качеств патентных документов, формирующих патентные семейства, как цитирование (CQ – Citation Quality), охват рынка (MQ – Market Quality), правовая охрана (LQ – Legal Quality) и собственные качества патентного документа (DQ – Document Quality). Цитируемость и охват рынка имеют больший вес в итоговой оценке, далее следуют оценка правовой охраны и собственные качества патентного документа.

CQ отражает влияние патента в его технологическом пространстве. Вероятность того, что документ с более высоким баллом цитирования будет использован в наступательной стратегии компании или для монетизации, выше. Количество, частота, тип прямых ссылок в документе, рейтинг общности и оригинальности – вот некоторые параметры, которые учитываются при определении качества цитирования.

MQ основан на охвате глобального рынка, на котором действует семейство патентов, и поэтому свидетельствует об общей рыночной стоимости патента. В этом показателе учитываются все выданные и находящиеся на рассмотрении заявки, которые являются активными. Более высокий показатель MQ указывает на то, что изобретение хорошо представлено и получило охрану в различных географических регионах и поэтому считается более ценным.

LQ указывает на агрессивность и инвестиции компании в защиту изобретения, а также является показателем ограничения конкуренции в области. Патентное семейство, в котором больше нет действующих документов, получает оценку 0. Некоторые из других факторов, включенных в эту оценку, – оставшийся срок действия, оспаривание в патентных ведомствах, судебные разбирательства, повторные экспертизы.

DQ является внутренним показателем качества патента и основан на его техническом и структурном содержании. Вероятность получения патента с более высоким DQ указывает на инновационный коэффициент и способность компании к инновациям. Научная связь, технологический объем, охват формулы – вот некоторые из параметров, включенных в эту метрику.

Исходя из данных рисунка 10 можно сгруппировать ключевых правообладателей исходя из их размещения по квадрантам, на 4 группы:

1. Вверху слева – правообладатели, которые имеют сильную правовую охрану своих решений, но при этом обладают ограниченным портфелем. Ограниченный портфель не всегда является показателем слабого влияния на рынок, поскольку:

- 1) специфика деятельности в определённой отрасли может ограничивать применение технологий локально, что влияет на концентрацию усилий по обеспечению правовой охраны в юрисдикции непосредственного использования технического решения;

- 2) охраняемые решения могут иметь критическое значение для технологической области, а патент может обеспечивать монопольное использование технологии правообладателем, что выражается в небольшом количестве патентных семейств, которые

при этом обеспечивают охрану ключевых технических решений в большом количестве юрисдикций.

2. Вверху справа – правообладатели, осуществляющие агрессивную политику на рынке, направленную на его захват, что обеспечивается как высоким качеством патентного портфеля, так и его охватом различных частных аспектов технологии (зонтичное патентование).

3. Внизу слева – правообладатели, чьё участие в развитии технологической ниши и влияние на рынок носит ситуативный характер.

4. Внизу справа – рыночное влияние данных правообладателей носит условный характер. В ряде случаев большой размер патентного портфеля может свидетельствовать об активном осуществлении исследований и разработок в технологической области. Большой объём портфеля может сигнализировать об обеспечении превентивной охраны, в силу чего их значимость и влияние на развитие области не должно преуменьшаться.

Анализа графиков рисунка 9 и 10 позволяет выдвинуть гипотезу, что в рассматриваемой технологической области отсутствуют однозначно доминирующие лидеры. Представленная совокупность правообладателей, с учётом объёма их портфелей, иллюстрирует, что наибольший вес ожидаемо имеют крупные холдинговые корпорации (с учётом их дочерних компаний и совместных предприятий) в области информационных технологий, такие как Google (Alphabet Inc.), IBM, Intel, Samsung, Microsoft, Honeywell, Baidu, TSMC. Также в топ-50 компаний по индексу ценности портфеля вошли те, что были выявлены при разработке модели предметной области, а именно, но не ограничиваясь: Psiquantum, IonQ, D-Wave Systems, Rigetti.

Интерес также представляют компании, которые при сравнительно низком количестве семейств в патентном портфеле имеют крайне высокую оценку их ценности, а именно компании Illumina, Ouster, что позволяет выдвинуть гипотезу об их скрытом потенциале и высокой перспективности их решений в отдельно взятой нише рассматриваемой технологической области. Реранжировка топ-50 компаний по соотношению ценности патентных портфелей к количеству семейств, их включающих, при

минимальном уровне оценки 360Q в 40 пунктов представлена на рисунке 11.

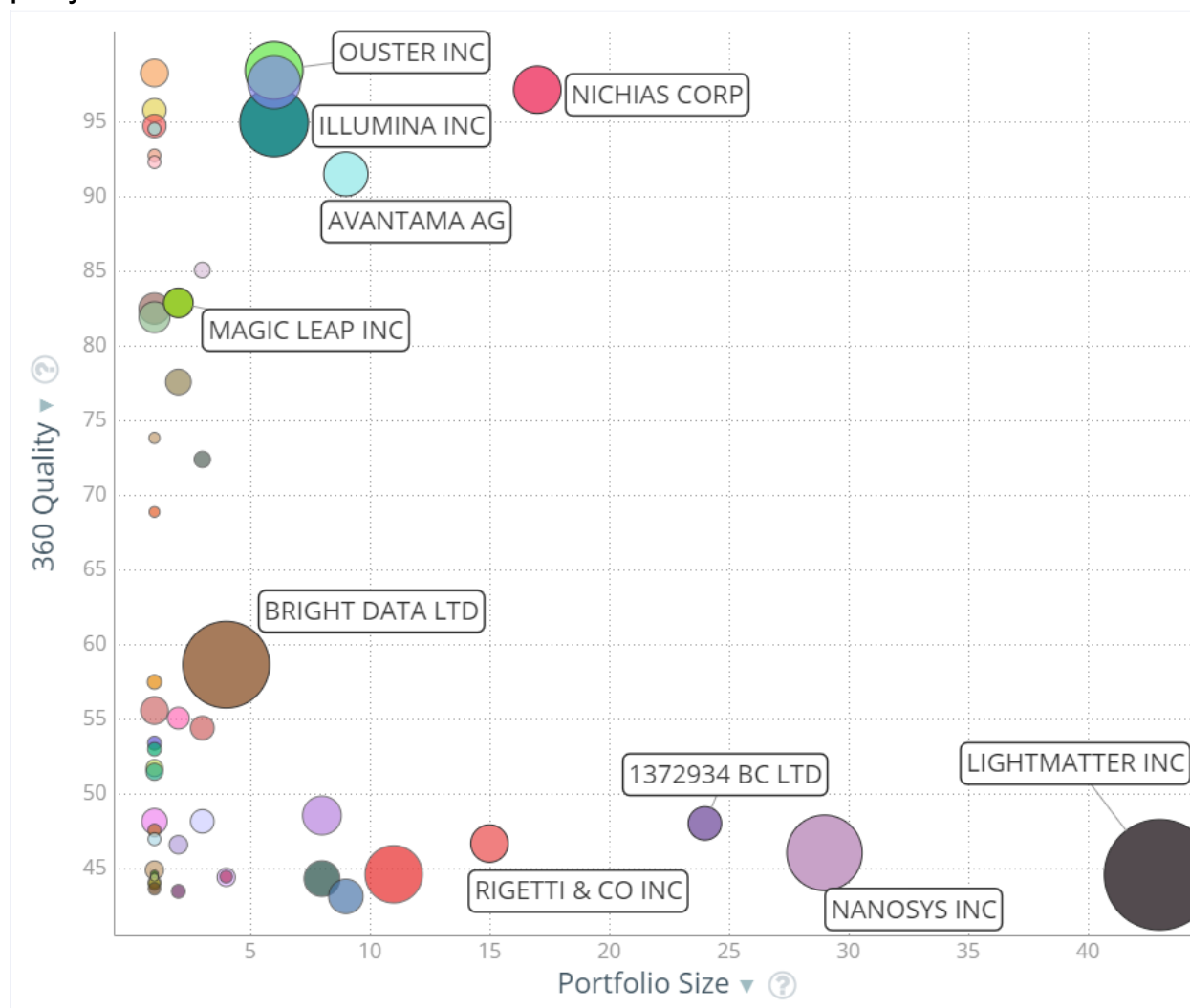


Рисунок 11– Качественно-количественное соотношение портфелей правообладателей (наиболее высоко оценённые)

Данная гипотеза подтверждается также статистикой цитирований, то есть упоминаний патентных семейств в последующих патентных документах, что отражает значимость отражённых решений для уровня техники. Данные приведены на рисунке 12, где отранжированы топ-50 компаний по количеству цитирований (тёмно-синяя верхняя полоса со значением) относительно общего количества патентных семейств в портфеле (голубая нижняя полоса со значением).

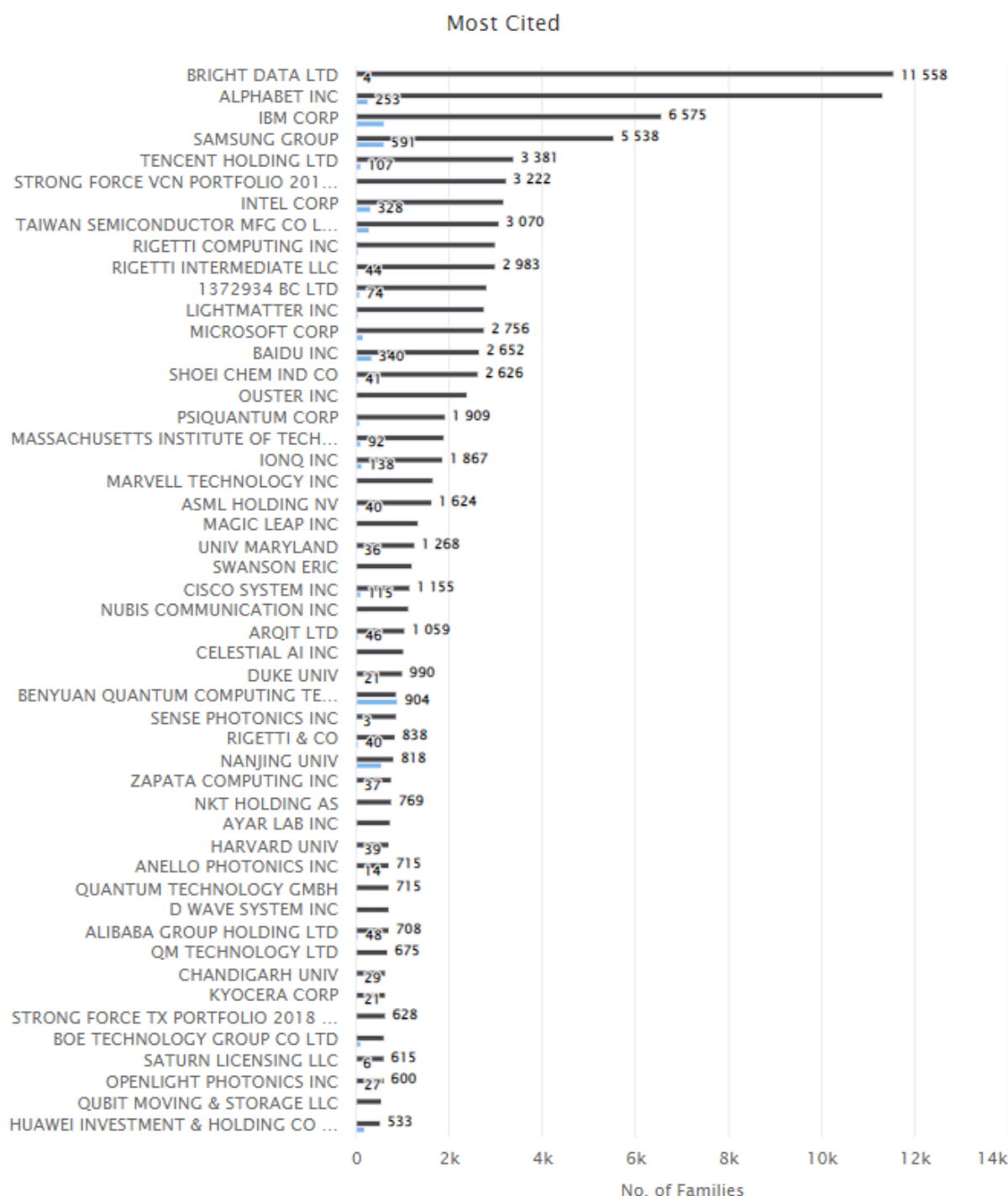


Рисунок 12 – Топ-50 компаний по количеству цитирований решений в патентном портфеле

При этом необходимо отметить, что в рассматриваемой коллекции компания Bright Data является примером «статистического выброса». Анализ её портфеля и открытых данных об организации показал, что компания имеет значительную роль на рынке телекоммуникационных услуг и Интернет связи, однако, в

контексте данного ландшафта, не представляет интереса, поскольку не предлагает решений и не осуществляет разработок в области квантовых и/или фотонных технологий.

Далее на рисунке 13, для формирования наиболее явной картины академического сектора, представим аналогичный рисунку 10 график по данным о патентных портфелях научных организаций, в частности – университетов.

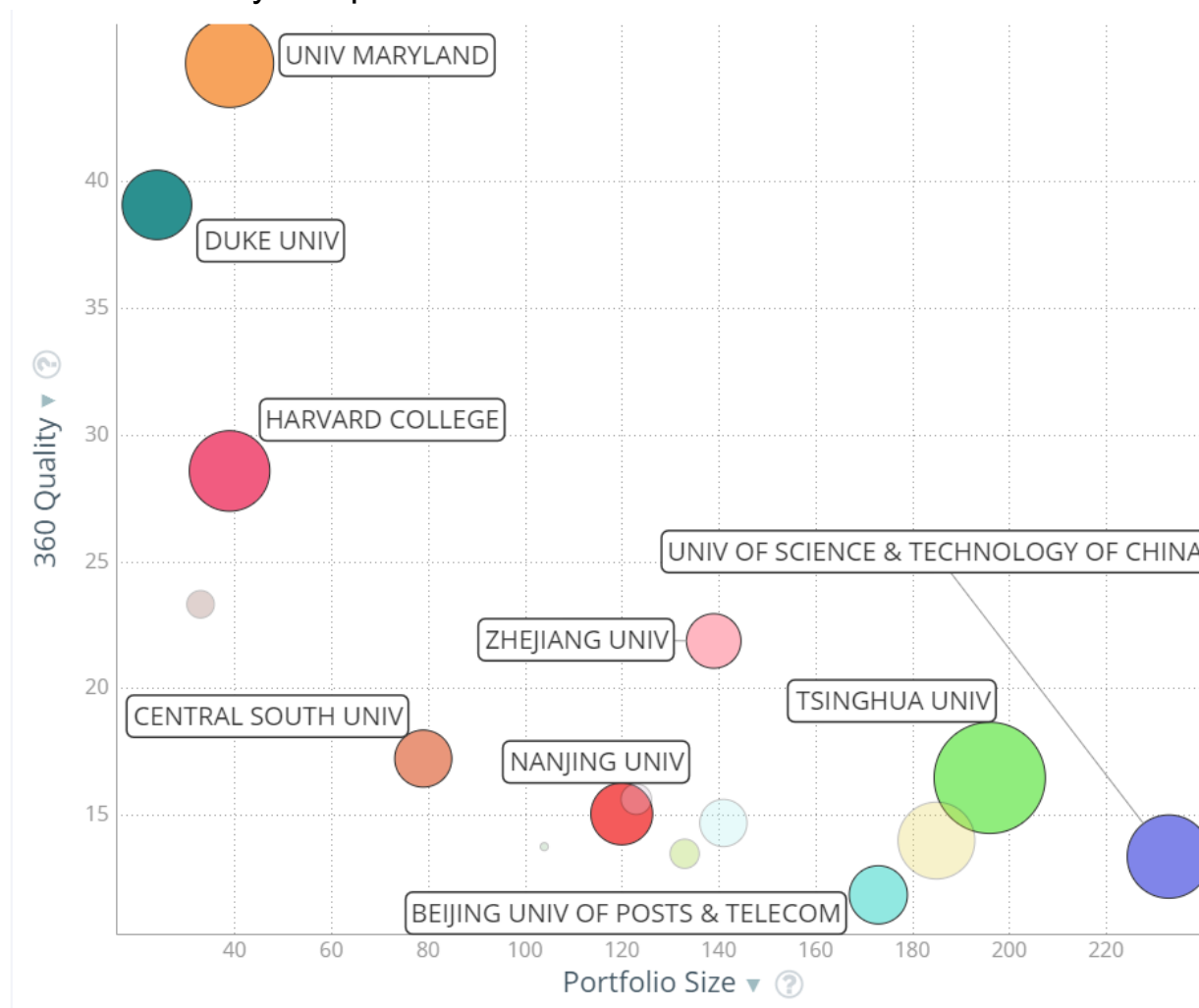


Рисунок 13 – Качественно-количественное соотношение портфелей правообладателей (университеты)

Подход к интерпретации данного графика аналогичен тому, что применялся при анализе графиком по рисункам 10 и 11 (деление по квадрантам), но с небольшими отличиями. Поскольку все отражённые на графике организации являются научно-исследовательскими институтами, рыночное применение разрабатываемых технологии носит ограниченный характер, говорить о технологическом лидерстве в области квантовых и

фотонных технологий не представляется возможным. Однако, структура графика даёт вполне чёткое представление о качественно-количественном соотношении осуществляемых разработок. Так, в левом верхнем углу находятся организации, имеющие сравнительно малый размер портфеля, но которые при этом имеют относительно высокую оценку по системе 360Q. Вместе с тем, по графику видно, что самые высоко оценённые портфели по средней оценке не превышают 45 пунктов, что ниже уровня оценки коммерческих компаний, рассмотренных ранее.

В правом нижнем углу сконцентрированы организации, портфель которых имеет низкую оценку, но при этом являются самыми многочисленными. Применительно к научно-исследовательским организациям данную ситуацию можно интерпретировать как отражающий вектор активной исследовательской работы.

С учётом изложенного, в предметно-иллюстративный обзор решений из портфелей представляется целесообразным включить Мэрилендский университет в Колледж-Парке, Дьюкский университет, Гарвардский университет (Гарвард-колледж) и Университет науки и технологий Китая (USTC).

Для того чтобы сформированный отбор учитывал не только лиц – являющихся текущими правообладателями, но и лиц – разработчиков, которыми было первоначально подана заявка на выдачу патента, целесообразно также рассмотреть сформированную коллекцию в срезе заявителей и в срезе авторов запатентованных решений.

Заявитель – это лицо, первоначально подавшее заявку на выдачу патента, в отличие от правообладателя, которому право принадлежит на текущий момент.

Поскольку в сформированной патентной коллекции широко представлены патентные семейства, относящиеся к китайским организациям, для репрезентативности принято решение представить сведения о заявителях в двух видах: полном и с исключением из выборки патентных семейств, страной первого приоритета которых является Китай (рисунки 14 и 15).

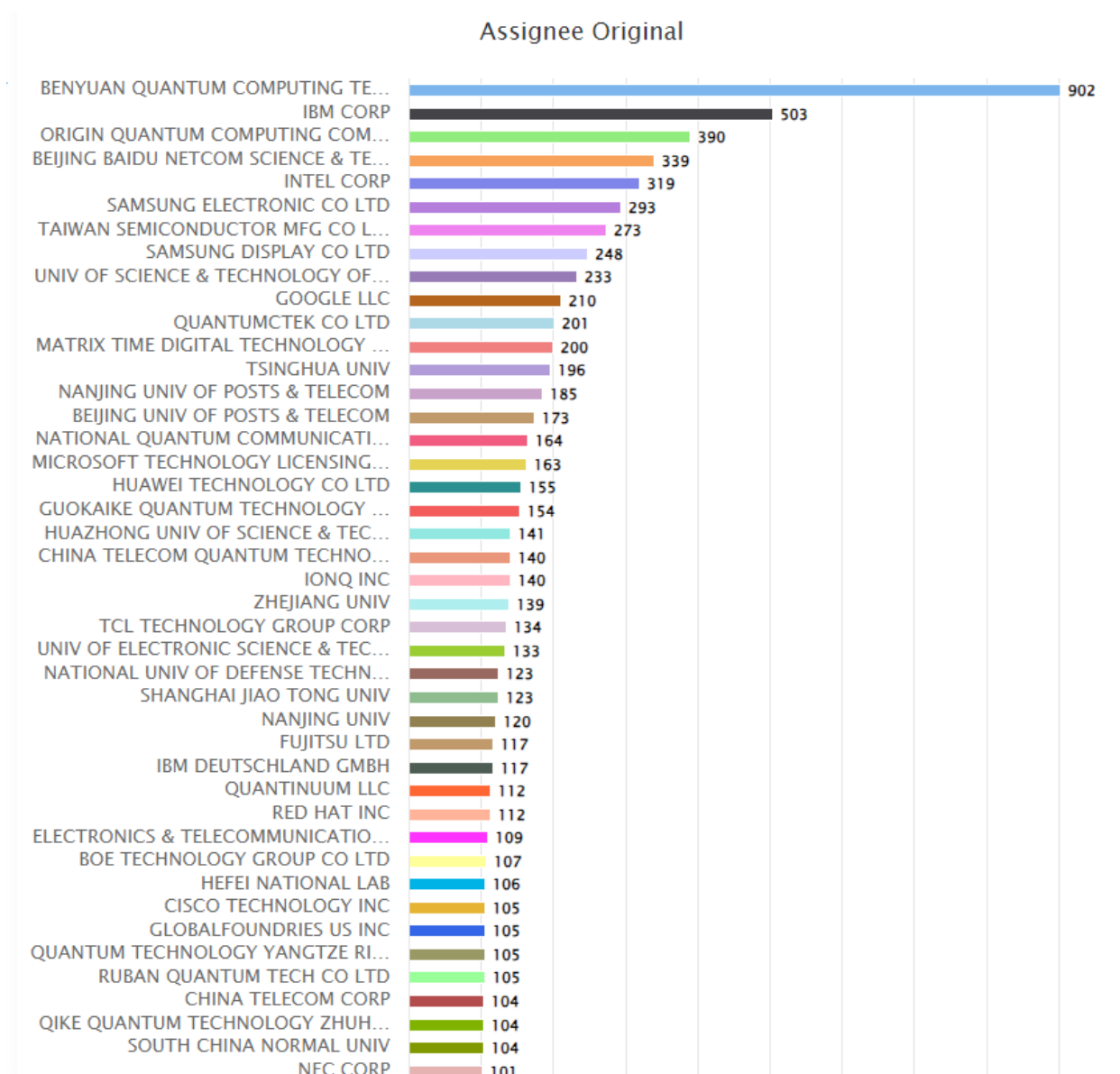


Рисунок 14 – Компании, подающие патентные заявки в исследуемой области (мир)

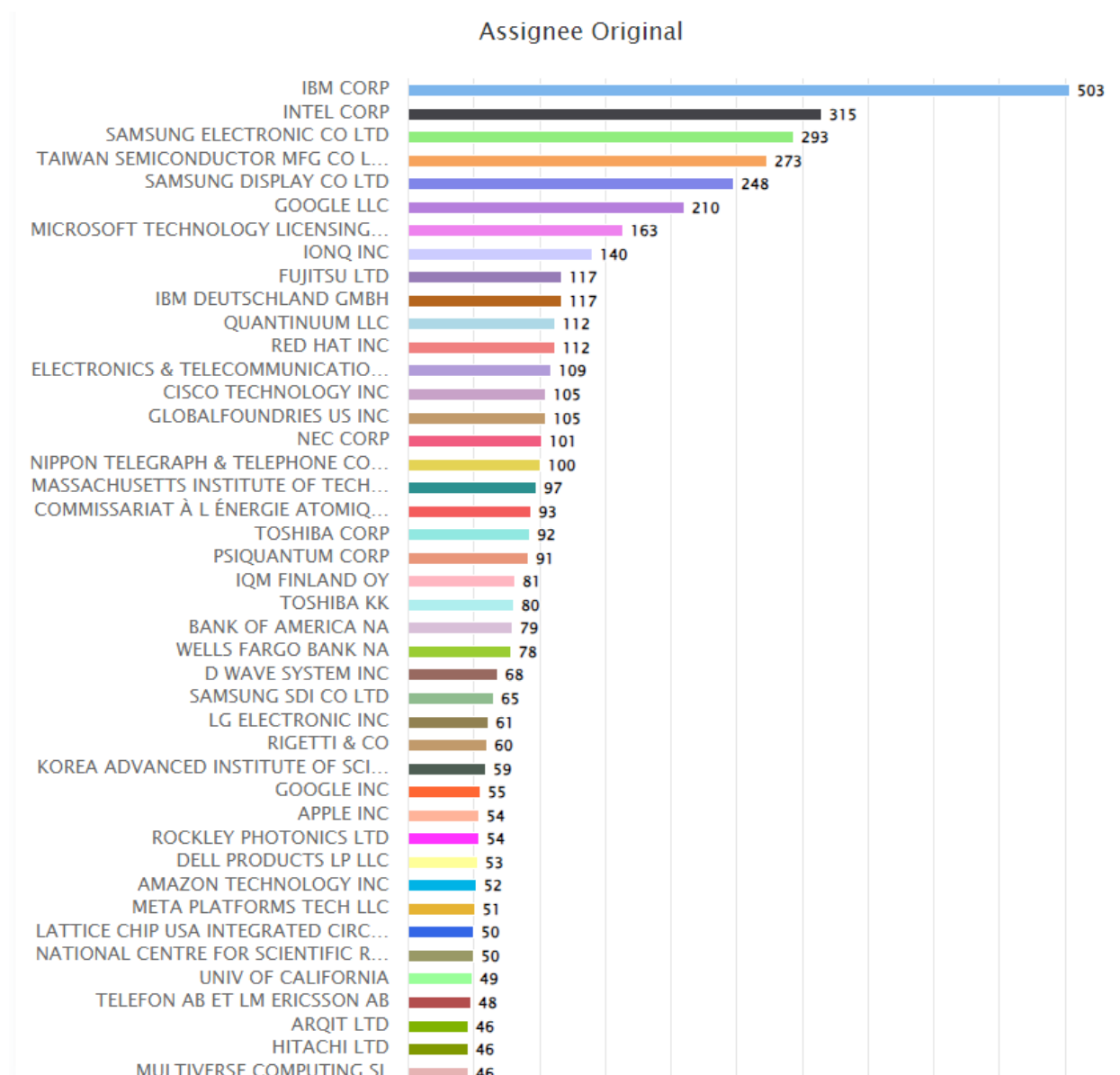


Рисунок 15 – Компании, подающие заявки в исследуемой области
(без учета китайского патентного сегмента)

Поскольку в сформированной патентной коллекции широко представлены патентные семейства, относящиеся к китайским организациям, для репрезентативности принято решение представить сведения об авторах в двух видах: полном и с исключением из выборки патентных семейств, страной первого приоритета которых является Китай (рисунки 16 и 17).

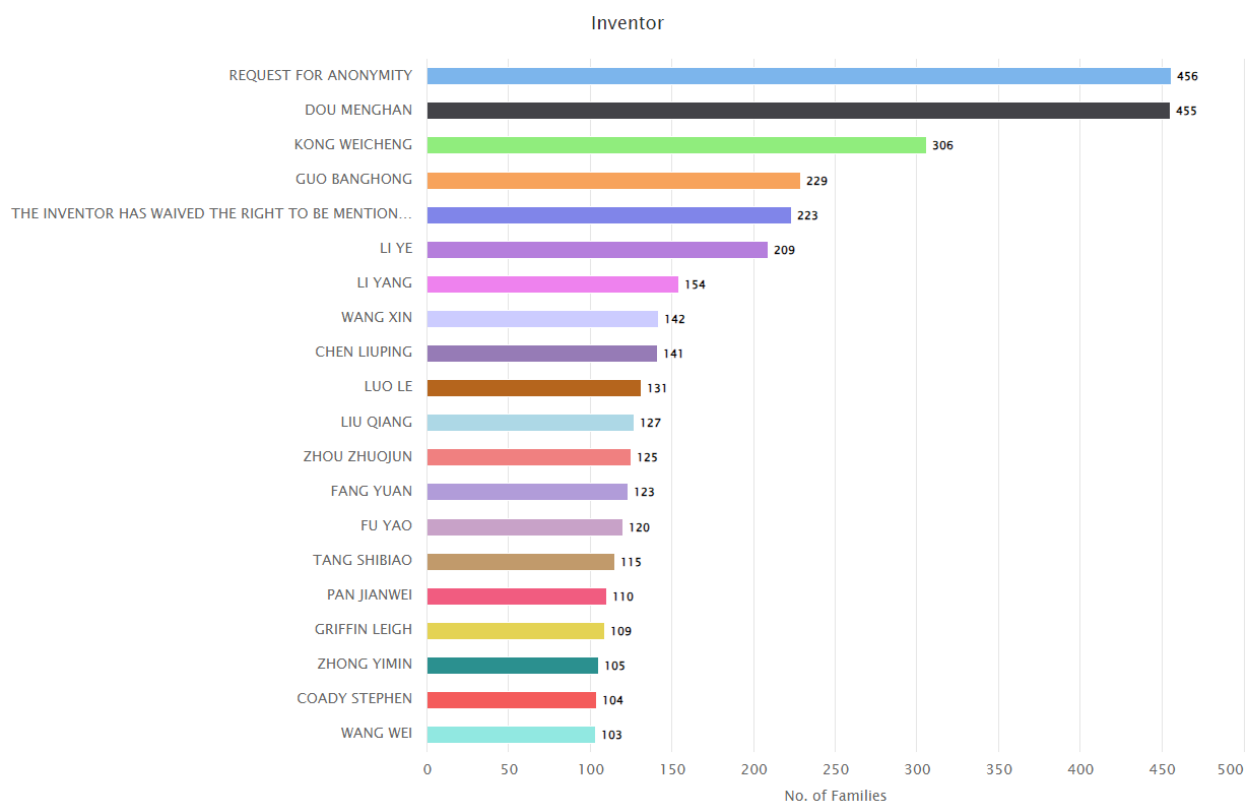


Рисунок 16 – Ключевые авторы в исследуемой области (мир)

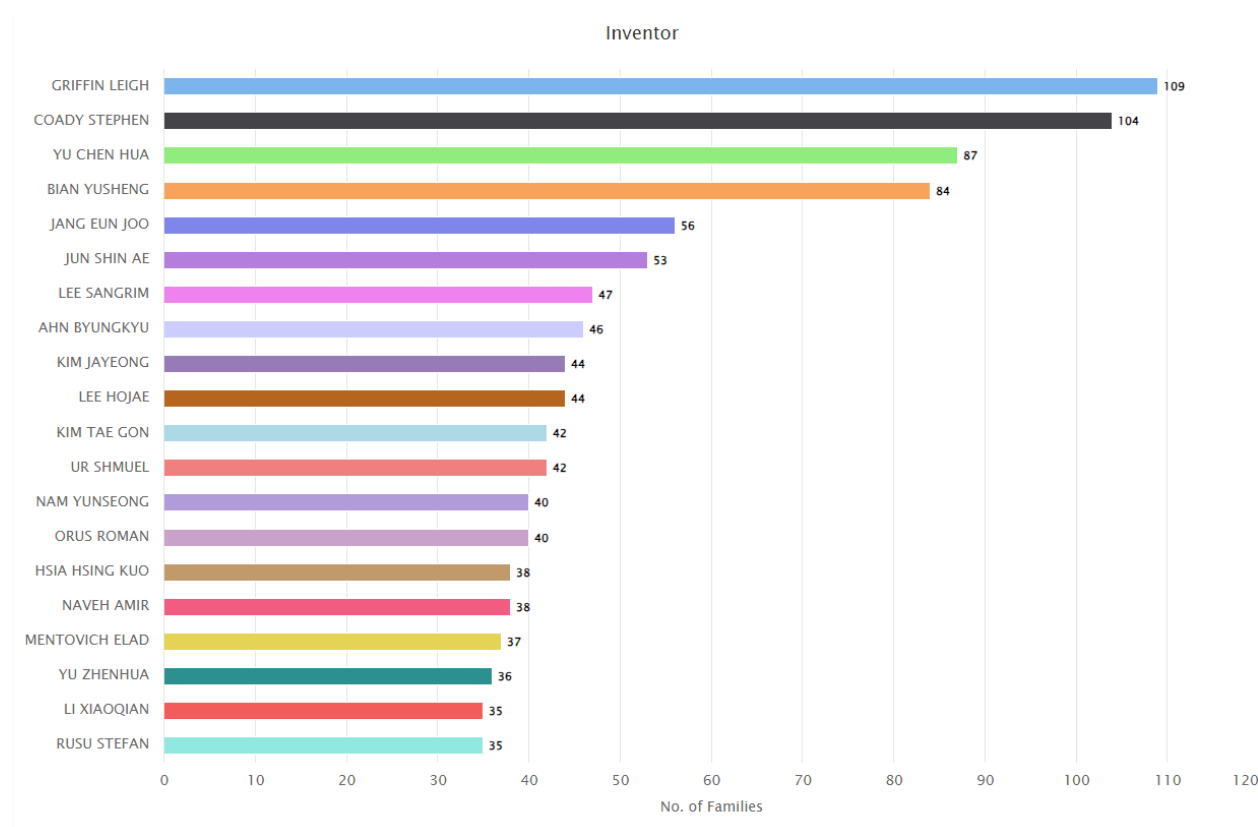


Рисунок 17 – Ключевые авторы (без учета китайского патентного сегмента)

В отношении всех авторов применяется гипотеза, что они являются сотрудниками компаний, указанных в качестве заявителей:

- Leigh Griffin, Stephen Coady – Red Hat Inc.;
- Yu Chen Hua, Hsia Hsing Kuo, Yu Zhenhua, Stefan Rusu – TSMC;
- Bian Yusheng – Globalfoundries US Inc.;
- Jang Eun Joo, Jun Shin Ae, Kim Tae Gon – Samsung;
- Sangrim Lee, Byungkyu Ahn, Jayeong Kim, Hojae Lee – LG Electronics Inc.;
- Smuel Ur, Amir Naveh – Classiq Technologies Inc.;
- Yenseong Nam – IonQ Inc.;
- Roman Orus – Multiverse Computing;
- Elad Menovich – Melanox Technologies Inc.;
- Xiaqian Li – Intel Corp.;

Также целесообразно рассмотреть компании в срезе авторов с учётом ценности портфелей патентных семейств, разработчиками которых они выступают (рисунок 18).

INVENTOR	RECORD COUNT	PF. VALUE INDEX (sum)	PF. QUALITY (90 th %ile)	CITATION QUALITY (90 th %ile)	MARKET QUALITY (90 th %ile)	LEGAL QUALITY (90 th %ile)	DOC. QUALITY (90 th %ile)
TOTAL 30442							
ZHANG SHENGYU	69 (0.23%)	6586.11	37.70	32.30	57.10	33	28.93
HARRIS NICHOLAS C	29 (0.10%)	5298.00	47.43	47.82	56.70	39	47.51
GUMANN PATRYK	27 (0.09%)	4979.21	47.10	34.25	71.90	46	37.69
BUNANDAR DARIUS	31 (0.10%)	4944.96	44.56	47.82	56.70	39	47.51
RAMEY CARL	14 (0.05%)	4659.58	47.43	47.82	58.75	39	47.51
HART SEAN	20 (0.07%)	4329.17	47.10	34.25	71.90	46	37.69
NEVEN HARTMUT	18 (0.06%)	4181.60	56.12	62.88	61.50	51	44.24
SHRIBMAN DERRY	3 (0.01%)	4107.06	58.63	90.54	42.85	53.50	44.70
VILENSKI OFER	3 (0.01%)	4107.06	58.63	90.54	42.85	53.50	44.70
GOULD MICHAEL	17 (0.06%)	4048.43	46.00	44.52	58.75	39	47.51
JANG EUN JOO	56 (0.18%)	4022.13	46.30	53.14	39.40	38.50	50.30
WANG XIN	142 (0.47%)	3874.37	21.85	23.12	26.15	20	23.33
GIDNEY CRAIG	17 (0.06%)	3719.77	39.29	33.39	53.05	41.50	29.13
JUN SHIN AE	53 (0.17%)	3640.63	39.82	40.30	38.90	37	53.25
BABBUSH RYAN	24 (0.08%)	3387.28	38.42	32.90	54.05	45	30.54

Рисунок 18 – Ключевые авторы (по оценке ценности патентных портфелей)

В отношении всех авторов применяется гипотеза, что они являются сотрудниками компаний, указанных в качестве заявителей:

- Zhang Shengyu – Tencent Technology Shenzhen Co. Ltd.;

- Nicholas C. Harris, Darius Bunandar, Carl Ramey, Michael Gould – Lightmatter Inc.;
- Patryk Gumann, Sean Hart – IBM;
- Hartmut Neven, Craig Cindey, Ryan Babbush – Google LLC.;
- Derry Shribman, Ofer Vilenski – Bright Data Ltd.;
- Jang Eun Joo, Jun Shin Ae – Samsung;
- Wang Xin - Beijing Baidu Netcom Science & Technology Co. Ltd.

Можно сделать вывод, что все указанные разработчики являются сотрудниками компании, входящих в топ уже рассмотренных патентообладателей в рассматриваемой области.

Таким образом, в итоговую выборку правообладателей для иллюстративного обзора их решений входят:

1. IBM (США) и её дочерние организации;
2. Intel (США) и её дочерние организации;
3. Google (Alphabet Inc., США) и её дочерние организации;
4. Samsung (Южная Корея) и её дочерние организации;
5. Microsoft (США) и её дочерние организации;
6. LG (Южная Корея) и её дочерние организации;
7. Honeywell (США) и её дочерние организации;
8. Baidu (КНР) и её дочерние организации;
9. TSMC (КНР/Тайвань).
10. Tencent (КНР) и её дочерние организации;
11. PsiQuantum;
12. D-Wave Systems;
13. Rigetti;
14. Illumina;
15. Ouster;
16. Red Hat;
17. IonQ;
18. Lightmatter;
19. Мэрилендский университет в Колледж-Парке;
20. Дьюкский университет;
21. Гарвардский университет (Гарвард-колледж);
22. Университет науки и технологий Китая (USTC).

2.2 Ключевые решения правообладателей. Корпорации

IBM

IBM (International Business Machines Corporation) — американская технологическая компания, основанная в 1911 году. Штаб-квартира расположена в Армонке, штат Нью-Йорк. Компания является одним из крупнейших мировых производителей компьютерного оборудования, программного обеспечения и поставщиком IT-сервисов. IBM занимает лидирующие позиции в сфере искусственного интеллекта, облачных технологий и квантовых вычислений.

Основной регион деятельности — Северная Америка, Европа и Азиатско-Тихоокеанский регион. Производственные мощности компании расположены в США, Германии, Индии и других странах. IBM

имеет представительства более чем в 170 странах мира.

В патентном портфеле IBM представлены решения в различных областях:

- IBM Watson — система искусственного интеллекта для анализа больших данных и поддержки принятия решений в медицине, финансах и других сферах;
- IBM Quantum — разработка квантовых компьютеров и программного обеспечения для квантовых вычислений;
- IBM Power Systems — инновационные серверные решения на базе архитектуры POWER ;
- IBM Blockchain — платформа для создания и внедрения блокчейн-решений в бизнес-процессах;
- IBM Hybrid Cloud — технологии для создания гибридных облачных инфраструктур.

В 2019 году был представлен IBM Q System One — первый коммерческий квантовый компьютер. Компания активно развивает облачный сервис IBM Quantum Platform, предоставляющий доступ к квантовым процессорам через облако. В 2022 году IBM представила свой 433-кубитный квантовый процессор Condor. Компания также анонсировала свою дорожную карту по созданию квантового процессора на миллион кубитов к 2030 году.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US10984335 Сверхпроводящий интерпозер для передачи квантовой информации для квантовой коррекции ошибок от 17-06-2019

Изобретение направлено на улучшение передачи квантовой информации между вспомогательными кубитами и кубитами данных, тем самым повышая общую надежность и производительность квантовых процессоров.

Предлагаемый метод использует сверхпроводящий интерпозер, который соединяет кристалл вспомогательного кубита и кристалл кубита данных, облегчая передачу квантовой информации посредством виртуальных фотонов. Эта система включает диэлектрический материал со встроенными сверхпроводящими структурами, которые позволяют отображать ошибки от кубитов данных к вспомогательным кубитам. Использование виртуальных фотонов обеспечивает изоляцию квантовой информации от электромагнитного эффекта Перселла и диэлектрических потерь, которые могут нарушить целостность данных. Метод включает в себя измерение вспомогательных кубитов для обнаружения ошибок и последующую квантовую коррекцию ошибок на основе этих измерений

Использование сверхпроводящих структур в интерпозере обеспечивает более эффективный и надежный способ передачи квантовой информации между кубитами, что критически важно для коррекции ошибок. Такая конструкция минимизирует влияние факторов окружающей среды на квантовые данные, улучшая когерентность и время релаксации задействованных кубитов. Кроме того, возможность объединения нескольких вспомогательных и информационных кубитов в один интерпозер обеспечивает масштабируемость квантовых вычислительных систем, открывая путь к созданию более надежных и сложных квантовых процессоров, способных обрабатывать большие наборы данных и выполнять более сложные вычисления.

US11139903 Микроволновый сумматор и распределитель квантовых сигналов с частотным разделением от 26-09-2016

Изобретение предлагает сверхпроводящий микроволновый сумматор и распределитель, использующий ряд полосовых фильтров, каждый из которых имеет свою полосу пропускания, для эффективного разделения микроволновых сигналов по их частотам. Этот подход позволяет одновременно обрабатывать несколько квантовых сигналов без затухания или утечки между различными системами. Ключевыми изобретательскими решениями являются конфигурация общего выхода, подключенного к нескольким входам через эти фильтры, что гарантирует обработку каждого сигнала без потери квантовой информации. Устройство может работать как сумматор или распределитель, в зависимости от направления входных сигналов, тем самым повышая его универсальность в приложениях квантовой обработки.

В отличие от традиционных сумматоров мощности, которые часто приводят к потере сигнала и плохой изоляции, это сверхпроводящее СВЧ-устройство разработано таким образом, чтобы не допускать потерь, гарантируя сохранение целостности квантовых сигналов на протяжении всего процесса. Кроме того, использование нескольких полосовых фильтров обеспечивает отличную изоляцию между входными и выходными портами, что критически важно для поддержания качества квантовой информации. Кроме того, за счет сокращения количества входных и выходных линий, необходимых для масштабируемой архитектуры квантового процессора, данное изобретение минимизирует сложность и габариты необходимого оборудования, делая его более эффективным решением для мультиплексирования и обработки квантовых сигналов.

US11621386 Электронная система с регулируемым напряжением затвора, интегрированная со сверхпроводящим резонатором для квантового вычислительного устройства от 02-04-2019

Предлагаемый метод включает в себя сверхпроводящее устройство связи, объединяющее резонаторную структуру с электронной системой и затвором. Резонатор предназначен для

соединения двух кубитов, при этом электронная система позволяет прерывать резонатор в заданных местах, эффективно выполняя функцию переключателя. Изменяя напряжение на затворе, можно регулировать индуктивность электронной системы, что, в свою очередь, изменяет силу связи между кубитами. Этот подход позволяет изменять характеристическую частоту резонатора, тем самым облегчая динамическое управление

Данное изобретение обладает рядом преимуществ по сравнению с существующими архитектурами сверхпроводящих кубитов. Во-первых, оно устраняет необходимость управления магнитным потоком, что часто связано с сокращением времени когерентности и снижением производительности. Использование напряжения на затворе для регулировки индуктивности позволяет минимизировать эффекты нагрева и повысить стабильность работы кубитов. Кроме того, настраиваемая структура резонатора позволяет повысить точность измерений и снизить помехи при считывании состояний кубитов.

Intel

Intel Corporation — американская компания, основанная в 1968 году. Штаб-квартира расположена в Санта-Клара, Калифорния. Компания является мировым лидером в производстве полупроводниковых чипов и микропроцессоров.

Основной регион деятельности — глобальный рынок с фокусом на США, Европу и Азию.

Производственные мощности:

- США (основные фабрики в Орегоне и Аризоне)
- Ирландия (крупнейший европейский завод)
- Израиль (исследовательские центры и производство)
- Китай (совместные предприятия)

Патентный портфель Intel включает тысячи патентов в области полупроводниковых технологий.

Наиболее значимые разработки:

- Процессоры Intel Core — инновационные микроархитектуры с высокой производительностью и энергоэффективностью;

- Технология 3D XPoint — революционная память нового поколения;
- Intel Optane — инновационные решения для хранения данных;
- AI и ML технологии — специализированные чипы для искусственного интеллекта;
- EMIB и Foveros — передовые технологии упаковки чипов;
- Intel Neural Compute Stick — решения для машинного обучения на периферии.

В 2022 году Intel представила свой новый квантовый процессор на 144 кубитах, который использует технологию спин-кубитов. Компания также работает над созданием квантового процессора на 1000 кубитах с использованием технологии сверхпроводящих транзисторов.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции::

US11688735 Устройства на квантовых точках от 03-11-2016

Изобретение представляет новую конструкцию устройств на квантовых точках, включающую стек квантовых ям и двухвентильную систему, состоящую из первого и второго вентиля. Первые вентили расположены непрерывными рядами в одном направлении, в то время как вторые вентили выровнены рядами, перпендикулярными первому, что обеспечивает точную пространственную локализацию квантовых точек. Такая компоновка обеспечивает формирование кубитов и повышает масштабируемость устройства. Изобретательские решения включают интеграцию барьерных затворов, управляющих потенциальной энергией между соседними квантовыми точками, а также использование изолирующих материалов и жестких масок для оптимизации электрических соединений и общей архитектуры устройства. Устройство обеспечивает четкую пространственную локализацию квантовых точек, что критически важно для надежной работы кубитов.

Необходимо отметить, что, руководствуясь близкими датами приоритета и содержательной инвариантностью предлагаемых решений, ряд патентных семейств компании Intel могут быть объединены, как полученные в рамках «зонтичной» стратегии

патентования, основная цель которой – получения охраны для наибольшего возможного числа вариантов и/или элементов в сущности одного и того же технического решения, что показывает структурную значимость данного решения для компании в её разработках. В связи с этим, как содержательно близкие, к решению по патенту [US11688735] также относятся, но не ограничиваются:

- [US11664446] Одноэлектронные транзисторы (SET) и кубит-детекторные устройства на основе SET;
- [US12266699] Устройства на основе квантовых точек с общими затворами;
- [US11288586] НЕЗАВИСИМЫЕ ДВУХВЕНТИЛЬНЫЕ КВАНТОВЫЕ ТОЧЕЧНЫЕ КУБИТЫ;
- [US11700776] Устройства на квантовых точках с ребрами;
- [US11575035] Устройства на квантовых точках с верхними затворами;
- [US11664421] Устройства на квантовых точках.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US11217573 Двухсторонняя совместно упакованная оптика для высокоскоростных Интернет применений от 04-03-2020

В изобретении предложен метод размещения фотонных излучателей как на верхней, так и на нижней поверхностях интерпозера, что позволяет добиться более компактной компоновки и максимальной плотности пропускной способности. Благодаря использованию сокетов увеличенной высоты конструкция позволяет разместить дополнительные фотонные излучатели, расположенные друг над другом и под интерпозером. Эта конфигурация минимизирует расстояние между фотонными излучателями и кристаллом коммутатора, значительно снижая потери сигнала и потери мощности. Разъемы смещены относительно фотонных двигателей для полного использования доступного пространства и обеспечения эффективной интеграции. Такой подход с двумя поверхностями не только удваивает потенциальную пропускную способность, но и упрощает замену и обслуживание фотонных излучателей, повышая общую функциональность корпуса.

US12266608 Интегрированный корпус для фотонно-процессорных компонентов с перераспределительным слоем и разъемом EMIB от 25-06-2020

Изобретение предлагает архитектуру корпуса, объединяющую логические интегральные схемы (ИС) и микросхемы PIC с помощью межблочного моста, а именно, встроенного многокристального межблочного моста (EMIB). Эта архитектура использует слой перераспределения с разветвлением (FORDL) для расширения электрических соединений микросхемы PIC за пределы занимаемой ею площади, обеспечивая эффективное соединение с EMIB. Кроме того, конструкция включает в себя электрическую интегральную схему (EIC), которая поддерживает работу PIC, управляя обработкой сигналов и подачей питания. Изобретательские решения включают интеграцию различных компонентов, таких как трансимпедансные усилители и системы восстановления тактовой частоты в EIC, что расширяет функциональность PIC, сохраняя при этом компактность и эффективность всей конструкции корпуса.

Google

Google – американская технологическая компания, основанная в 1998 году. Штаб-квартира расположена в Маунтин-Вью, Калифорния (Googleplex). Компания является одним из крупнейших технологических гигантов мира, занимая лидирующие позиции в сфере интернет-технологий.

Основной регион деятельности – глобальный рынок. Компания имеет офисы и центры разработки в более чем 50 странах мира.

Ключевые локации:

- США (штаб-квартира в Маунтин-Вью)
- Ирландия (европейский офис)
- Сингапур (азиатско-тихоокеанский офис)
- Бразилия (латиноамериканский офис)

Центры обработки данных расположены по всему миру, включая США, Европу и Азию.

Портфель Google включает тысячи патентов в различных областях. Среди наиболее значимых разработок:

- Алгоритмы поиска – инновационные методы ранжирования веб-страниц, включая PageRank
- Машинное обучение – технологии искусственного интеллекта и нейронных сетей
- Автономные транспортные средства – разработка самоуправляемых автомобилей
- Облачные технологии – инновационные решения для хранения и обработки данных
- Распознавание речи – технологии голосового поиска и управления

В 2021 году Google заявила о достижении квантового превосходства на своем квантовом процессоре Sycamore, использующем 53 сверхпроводниковых кубита. В декабре 2024 года был представлен квантовый процессор Willow, использующий 105 сверхпроводниковых кубитов.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US11188849 Способ устранения утечек в квантовом бите от 29-10-2015

Предлагаемый метод предполагает использование демпфированной моды резонатора для передачи и подавления паразитического взаимодействия высших уровней кубита. Подстраивая частоту кубитов так, чтобы она была близка к частоте резонатора, можно эффективно переместить заселенность высших энергетических уровней в резонатор, где она впоследствии демпфируется. Процесс включает два инновационных подхода: пошаговый метод, где частоты переходов выравниваются с частотой резонатора, и метод переключения, где частота кубита постепенно корректируется после частоты резонатора. Оба подхода облегчают переходы кубитов вниз по уровням, позволяя эффективно удалять заселенности высших уровней и обеспечивать возможность сброса кубита в его самое низкое вычислительное состояние.

AU2021257828 Система криогенного охлаждения с чередованием слоев для систем квантовых вычислений от 14-04-2021

Изобретение предлагает криогенную систему охлаждения с уникальной конструкцией, включающей несколько криогенных ступеней охлаждения, каждая из которых содержит чередующиеся охлаждающие блоки. Эти охлаждающие блоки имеют соответствующие рабочие диапазоны и позволяют пропускать через себя сигнальные линии, соединяющие классические процессоры с квантовыми системами. Благодаря использованию этой конструкции изобретение снижает теплопроводящий эффект сигнальных линий и минимизирует дополнительную мощность охлаждения, необходимую на каждой криогенной ступени, повышая общую эффективность системы охлаждения.

US2025200411 (заявка) Способ быстрой перезагрузки кубитов для квантовых вычислительных систем от 13-12-2023

Изобретение предлагает архитектуру, объединяющую набор кубитов, накопителей энергии (например, резонаторов) и коммутирующих устройств на полупроводниковой подложке. Каждый кубит электрически соединён с соответствующим накопителем энергии, что позволяет передавать энергию, связанную с возбуждением кубита, в устройство, тем самым переводя кубит в основное состояние. Коммутирующие устройства играют ключевую роль, избирательно соединяя и разъединяя накопители энергии с линией передачи, обеспечивая быструю передачу накопленной энергии для её рассеивания во внешнюю среду.

Microsoft

Microsoft Corporation — американская транснациональная компания, основанная в 1975 году. Штаб-квартира расположена в Редмонде, штат Вашингтон. Компания является одним из крупнейших производителей программного обеспечения в мире и занимает лидирующие позиции на рынке информационных технологий.

Основной регион деятельности — Северная Америка, Европа, Азиатско-Тихоокеанский регион. Производственные мощности и центры разработки расположены в США (штат Вашингтон), Индии, Китае и других странах. Компания имеет обширную сеть исследовательских центров по всему миру.

В портфеле Microsoft представлены инновационные разработки в различных областях. Среди наиболее значимых решений:

- Azure AI — платформа искусственного интеллекта, включающая когнитивные сервисы и машинное обучение
- Windows 11 — операционная система с улучшенным пользовательским интерфейсом и новыми функциями безопасности
- Microsoft Teams — платформа для совместной работы и коммуникации с высоким уровнем интеграции с другими продуктами Microsoft
- Surface Pro — линейка универсальных планшетов-трансформеров с инновационными технологиями ввода

В 2021 году компания представила Microsoft Azure Quantum - общедоступную платформу для квантовых вычислений, позволяющую:

- Запускать программы на реальном квантовом оборудовании от партнёров (Quantinuum, Rigetti Computing, IonQ);
- Моделировать квантовые алгоритмы с помощью симуляторов, которые имитируют квантовые вычисления на классических компьютерах;
- Оценивать ресурсы, необходимые для запуска алгоритма на разных платформах квантового оборудования;
- Использовать готовые квантовые алгоритмы и функции для общих задач.

Некоторые компоненты платформы:

- Quantum Development Kit (QDK) — набор инструментов и языков (основной — Q#) для написания квантовых алгоритмов.
- Azure Quantum Jobs — сервис для отправки и управления квантовыми программами разным поставщикам оборудования.
- Azure Quantum Workspace — центральный хаб для управления квантовыми ресурсами, включая установки QDK, отправку заданий и хранение данных.
- Quantum Intermediate Representation (QIR) — открытый стандарт для представления квантовых алгоритмов, обеспечивающий переносимость на разные платформы оборудования.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US11974509	Способ	производства	сверхпроводников-полупроводников от 30-06-2017
------------	--------	--------------	--

Предлагаемый метод сочетает технологию селективного роста полупроводников (SAG) с осаждением сверхпроводников для создания смешанных платформ, подходящих для квантовых вычислений. Процесс начинается с формирования диэлектрической маски на подложке, после чего на открытых участках производится селективное выращивание полупроводникового материала. После этого осаждается слой сверхпроводящего материала, обеспечивающий прямой контакт с полупроводником. Этот инновационный подход позволяет создавать сеть нанопроволок, которые можно настраивать через боковые, верхние или нижние затворы. Метод также включает в себя наклон осаждающего луча для предотвращения эффектов затенения, что дополнительно повышает качество интерфейса SE/SU и облегчает формирование переходов, необходимых для квантовых схем. Интеграция SAG с выращиванием сверхпроводников позволяет преодолеть проблемы масштабируемости, присущие традиционным методам, требующим индивидуального размещения нанопроволок. Возможность создания сети нанопроводов SE/SU в рамках единого производственного процесса не только упрощает производство, но и повышает

согласованность и качество интерфейсов, тем самым снижая декогеренцию в MZM.

US11151470 Способ предварительной проверки и настройка гетеропереходов для топологического квантового компьютера от 04-03-2020

Предлагаемый метод включает систематическую оценку гетеропереходов для выявления областей в пространстве параметров, соответствующих ненарушенной топологической фазе. Это достигается посредством двухэтапного процесса: во-первых, измерение проводимости радиочастотного (РЧ) перехода гетероперехода для сбора данных картирования, а во-вторых, анализ этих данных для точного определения конкретных областей параметров. Затем проводятся измерения проводимости в этих выявленных областях для получения уточняющих данных. Анализ этих уточняющих данных позволяет определить границу ненарушенной топологической фазы и топологическую область гетероперехода. Это обеспечивает оптимизацию регистров кубитов для стабильной работы в топологическом квантовом компьютере.

US11755941 Конвейерный аппаратный декодер для квантовых вычислительных устройств от 08-08-2022

Предлагаемое изобретение представляет собой аппаратный декодер, предназначенный для эффективной обработки данных о состоянии кубитов, используя конвейерную микроархитектуру с несколькими этапами. Такая конструкция позволяет реализовать алгоритм декодирования, достигающий практически линейной временной сложности, что значительно повышает скорость исправления ошибок. Благодаря размещению декодера вблизи физических кубитов изобретение минимизирует задержки передачи данных и оптимизирует производительность в криогенных условиях. Кроме того, изобретение оценивает методы сжатия данных для решения проблем, связанных с емкостью памяти и пропускной способностью, гарантируя, что система сможет эффективно работать в условиях изменяющегося уровня шума, сохраняя при этом целостность процесса исправления ошибок

Samsung

Samsung – южнокорейский конгломерат, основанный в 1938 году Ли Бён Чхолом. Начав с торговли продуктами питания, компания превратилась в глобального лидера в сферах электроники, полупроводников, строительства, финансов и других отраслей. Штаб-квартира расположена в Сеуле. Samsung Electronics, ключевое подразделение, входит в топ-10 крупнейших технологических компаний мира. В 2023 году выручка Samsung Group составила около \$305 млрд.

Ключевые подразделения:

- Samsung Electronics – производство смартфонов, телевизоров, бытовой техники и полупроводников.
- Samsung Display – разработка OLED- и QLED-экранов.
- Samsung SDI – аккумуляторы для электромобилей и энергосистем.
- Samsung C&T – строительство инфраструктуры (например, небоскребов в Дубае).
- Samsung Heavy Industries – судостроение и буровые установки.
- Samsung Biologics – фармацевтика и биотехнологии.
- Samsung Research – R&D-центры в области ИИ, 6G и робототехники.

Samsung работает в более чем 100 странах. Основные производственные мощности сосредоточены:

- Вьетнам: крупнейший завод смартфонов (50% мирового выпуска).
- Южная Корея: производство чипов и R&D-центры.
- Индия: заводы в Нойде и Тамил-Наду (смартфоны и телевизоры).
- США: R&D-центры в Кремниевой долине, разработка ИИ и 6G.
- Европа: логистические хабы в Польше и Германии.

Последние инновационные разработки:

- QLED 8K-телевизоры с квантовыми точками: улучшенная цветопередача и HDR-контрастность (2024).
- ИИ-чипы Exynos с нейроморфными процессорами: оптимизация для задач машинного обучения (2024).

- Гибкие OLED-экраны для смартфонов: технология Ultra Thin Glass (UTG) в серии Galaxy Z Fold/Flip. .

Проекты в области квантовых и фотонных технологий:

- Квантовые точки для дисплеев: использование нанокристаллов в QLED -телевизорах для повышения энергоэффективности (2023).

- Квантовые коммуникации – партнерство с университетами для разработки защищенных сетей (2024).

- Фотонные чипы для ИИ – исследование интеграции фотоники в полупроводники для ускорения вычислений (2024). .

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US11186767 Квантовые точки, композиция или композит, включающие их, и электронное устройство, включающее их от 25-11-2016

Изобретение предлагает уникальный способ, включающий включение в квантовые точки определённого органического тиольного лиганда и соединения поливалентного металла. Эта комбинация позволяет осуществлять контролируемый синтез квантовых точек с оптимизированным размером и составом, что приводит к улучшению подвижности заряда и электролюминесцентных свойств. Изобретательские решения включают использование полупроводникового нанокристаллического ядра с оболочечной структурой, где лиганд эффективно связывается с поверхностью, улучшая характеристики квантовой точки. Кроме того, светоизлучающее устройство отличается структурированным расположением электродов и вспомогательных слоёв, которые способствуют лучшей инжекции и переносу заряда, что в конечном итоге приводит к созданию более эффективного светоизлучающего слоя.

KR20250128613 (заявка) Устройство и способ определения частоты с использованием расстояния Вассерштейна и квантового вычислительного устройства 21-02-2024

Предлагаемый метод включает в себя систематический подход к детектированию частоты, включающий установку параметра отсека выборки и выполнение выборки в заданном интервале. В этом процессе используется расстояние Вассерштейна для сравнения двух распределений вероятностей, полученных по результатам выборки. Вычисляя это расстояние для различных частот, метод определяет частоту, на которой расстояние Вассерштейна минимизируется, тем самым определяя оптимальную частоту Раби. Ключевые изобретательские решения включают использование параметра поиска по сетке и настройку точек выборки и выборок в качестве гиперпараметров, что позволяет реализовать более точный и специализированный процесс детектирования частоты.

KR20250126576 (заявка) Электронное устройство, осуществляющее квантовое шифрование вызова, и способ его работы от 08-04-2024

Изобретение решает задачу обеспечения безопасной и эффективной связи во время вызовов с использованием квантовой криптографии, в частности, проблему первоначального молчания, которое может возникать при установлении соединения между мобильным терминалом-источником (МО) и мобильным терминалом-получателем (МТ). Предлагаемое изобретение представляет метод, позволяющий как МО, так и МТ терминалам получать сеансовый ключ до установления соединения, тем самым устраняя первоначальную задержку. Это достигается посредством ряда изобретательских решений, включая генерацию идентификатора сеанса и использование квантового сервера для запроса сеансового ключа. Когда МТ терминал запрашивает сеансовый ключ, он одновременно отправляет SIP-сообщение МТ терминалу, побуждая его запросить собственный сеансовый ключ. Такой скоординированный подход гарантирует, что оба терминала получат необходимые ключи без задержек, обеспечивая

бесперебойную зашифрованную связь сразу после установления соединения.

LG

LG (ранее Lucky-Goldstar) – южнокорейский конгломерат, основанный в 1947 году. Штаб-квартира расположена в Сеуле. Основные направления деятельности включают электронику, химическую промышленность, телекоммуникации и бытовую технику. Компания входит в топ-5 крупнейших чеболей Южной Кореи. В 2024 году выручка LG Group составила \$87.7 млрд, а численность сотрудников — около 90,000 человек.

Ключевые подразделения:

- LG Electronics – производство телевизоров, смартфонов, бытовой техники.
- LG Chem – разработка аккумуляторов, химических материалов и биотехнологий.
- LG Display – лидер в производстве OLED- и LCD-дисплеев.
- LG Uplus – телекоммуникационные услуги и 5G-технологии.
- LG Energy Solution – производство аккумуляторов для электромобилей.

Компания представлена в 95 странах, включая США, Китай, Европу, Индию и Россию. Крупные производственные мощности расположены в Южной Корее, Польше, Мексике и Вьетнаме. В 2024 году LG частично возобновила работу завода в Подмосковье.

Последние инновационные продукты:

- OLED T (прозрачный OLED-телевизор) – представлен на CES 2024, сочетает прозрачный экран с функцией традиционного дисплея.
- Процессор Alpha 11 AI – используется в телевизорах серий G4 и M4, улучшает масштабирование и цветопередачу.
- LG CineBeam Qube – портативный проектор с поддержкой 4K и встроенным ИИ для коррекции изображения.

Проекты в области квантовых и фотонных технологий:

- Сотрудничество с IEEE Photonics Society – LG участвует в исследованиях по интеграции фотонных технологий в дисплеи для AR/VR-устройств.

- Разработка микроскопических LED-панелей (Micro LED) – технология, представленная в 2024 году, направлена на создание энергоэффективных дисплеев с высокой яркостью.

- Исследования в области квантовых точек (Quantum Dot) – улучшение цветовой гаммы и энергопотребления телевизоров QNED.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

KR20230054669 (заявка) Метод и устройство для оценки частоты ошибок квантовых битов на основе максимальной группы битов и двумерной четности от 24-08-2020

Предлагаемый метод включает в себя систематический подход к оценке QBER с использованием информации о четности, передаваемой между устройствами по общедоступному каналу. Ключевыми изобретательскими решениями являются оптимизация размера группы, используемой для оценки производительности, для минимизации утечки информации при обеспечении точной оценки QBER. Кроме того, изобретение устраняет ограничения существующих методов, которые не позволяют обнаружить ошибки при четном количестве ошибок в группе.

US12066656 Оптическое устройство на основе графена от 29-04-2020

Изобретение предлагает конструкцию графенового оптического устройства, включающего два перекрывающихся графеновых слоя, разделенных слоями изоляции. Такая конфигурация образует графеновый конденсатор, расположенный между верхним и нижним полупроводниковыми слоями, что оптимизирует характеристики оптической модуляции. Ключевые изобретательские решения включают стратегическое перекрытие графеновых слоев в центральной области с высокой оптической плотностью, при этом гарантируя отсутствие перекрытия на периферии. Устройство также

включает в себя несколько электродов и слоев изоляции, что обеспечивает улучшенные возможности подключения и модуляции. Благодаря высокой подвижности электронов графена, устройство разработано для обеспечения более быстрой передачи света по оптическому волноводу.

KR102709494 Способ и устройство коррекции поляризационных искажений зеркала Фарадея для квантового распределения ключей в системе связи от 30-10-2020

Изобретение предлагает метод оценки и коррекции ошибок угла поворота зеркала Фарадея без необходимости использования дополнительных квантовых импульсов. Процесс включает передачу преамбулы случайного доступа второму устройству, получение ответа и установление соединения для управления радиоресурсами. Для безопасной связи генерируется фильтрующий ключ, который формируется на основе квантового импульса, передаваемого через систему. Изобретательские решения включают измерение ошибки угла поворота с использованием двух компонентов квантового импульса — одного до отражения и одного после, — что позволяет регулировать магнитную индукцию зеркала Фарадея на основе измеренной ошибки. Этот метод обеспечивает эффективную коррекцию поляризационных искажений, повышая общие характеристики системы квантовой корреляции ключей.

Honeywell

Honeywell International Inc. – американская корпорация, основанная в 1906 году. Штаб-квартира расположена в Шарлотте (Северная Каролина, США). Компания специализируется на производстве электронных систем управления, аэрокосмического оборудования, технологий автоматизации и энергоэффективных решений. В 2022 году Honeywell заняла 105-е место в списке Fortune 500 и 185-е в Forbes Global 2000. Капитализация на 2025 год составляет около \$147 млрд, а число сотрудников — 99 тыс. человек.

Ключевые подразделения:

- Аэрокосмические технологии – разработка двигателей, авионики, систем безопасности и навигации (32% выручки).

- Строительные технологии – системы управления зданиями, пожарная безопасность, энергоэффективность (16%).
- Промышленные материалы и технологии – автоматизация для нефтегазовой отрасли, производство высокотехнологичных материалов (29%).
- Безопасность и производительность – средства индивидуальной защиты, IoT-решения для логистики (23%).

Honeywell представлена в 70+ странах, включая США, Канаду, страны Европы, Азиатско-Тихоокеанского региона (Китай, Индия, Япония), Ближний Восток (ОАЭ, Саудовская Аравия) и Латинскую Америку. Ключевые офисы находятся в Шарлотте, Хьюстоне, Лондоне и Шанхае.

Последние инновационные продукты:

- Квантовое шифрование для бытовых счетчиков (2023) – совместно с Quantinuum разработана платформа Quantum Origin для генерации криптографических ключей на основе квантовых вычислений.
- Интеллектуальные системы мониторинга утечек газа (2019) –приобретение Rebellion Photonics для внедрения AI-платформы, обнаруживающей газовые облака в реальном времени.

Проекты в области квантовых/фотонных технологий:

- Квантовые датчики для промышленности (2024) – интеграция квантовых сенсоров в системы безопасности и энергоменеджмента для повышения точности измерений.
- Фотонные радары для аэрокосмической отрасли (2022) – разработка компактных LiDAR-систем на основе фотоники для беспилотных летательных аппаратов.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US11600482 Устройства, системы и методы для ионных ловушек от 17-12-2019

Предлагаемое изобретение представляет собой новое устройство для ионной ловушки, включающее два или более радиочастотных (РЧ) рельса и последовательности улавливающих и транспортных (ТТ) электродов. Эти компоненты расположены таким образом, чтобы создавать отдельные зоны внутри ионной ловушки,

включая зоны воздействия для выполнения операций с ионами и промежуточные зоны для стабилизации и транспортировки ионов. Ключевым изобретательским решением является конфигурация широких и узких согласованных групп ТТ-электродов, что позволяет регулировать электрические потенциалы и расширять возможности манипулирования ионами. Конструкция обеспечивает независимую работу каждого ТТ-электрода, что обеспечивает точный контроль удержания и транспортировки ионов, что критически важно для таких устройств, как квантовых логических вентилей.

US11193750 Динамическая система синхронизации оптического интерферометра с использованием запутанных фотонов от 22-07-2020

Изобретение предлагает систему динамической синхронизации оптического интерферометра с использованием запутанных фотонов. Система генерирует пары запутанных фотонов, которые испускаются в сторону удаленных отражателей и затем отражаются обратно к центральному источнику. Используя комбинацию грубой и точной настройки оптических путей фотонов, система может эффективно синхронизировать длины оптических путей. Уникальность данного изобретения заключается в его способности использовать квантовую запутанность для определения момента, когда оптические пути равны, что подтверждается провалом в регистрации совпадающих фотонов. Этот метод позволяет осуществлять непрерывный мониторинг и настройку оптических путей, обеспечивая сохранение синхронизации даже при наличии изменяющихся задержек.

US12188998 Интегрированный фотонный магнитометр на основе нелинейного алмазосодержащего резонатора от 08-11-2022

Изобретение предлагает устройство, использующее фотонную схему с оптическим резонатором и поглощающим материалом для расширения возможностей измерения магнитного поля. Устройство включает в себя подложку с оптическим трактом, принимающим свет определенной частоты. Первый оптический резонатор, характеризующийся нелинейными свойствами генерации фотонов,

увеличивает интенсивность этого света. Когда интенсивность превышает заданный порог, резонатор генерирует свет другой частоты. Поглощающий материал, реагирующий на определенные частоты возбуждения, изменяет пороговый уровень мощности, необходимый для генерации фотонов, что позволяет более точно контролировать процесс измерения. Эта комбинация элементов позволяет устройству обнаруживать изменения уровней выходной мощности, коррелируя их с характеристиками измеряемого магнитного поля.

Baidu

Baidu – китайская технологическая компания, основанная в 2000 году Робинем Ли и Эриком Сю. Штаб-квартира расположена в Пекине. Компания является лидером на рынке поисковых систем Китая (78% доли) и занимается разработкой искусственного интеллекта (ИИ), облачных технологий, автономного транспорта и онлайн-медиа. В 2024 году выручка Baidu составила 18.24 млрд долларов. Основным источником дохода – онлайн-реклама, но компания активно развивает направления, связанные с ИИ и облачными сервисами.

Ключевые подразделения/направления:

- Baidu Core – поисковая система, картографические сервисы (Baidu Maps), видеоплатформы (Haokan, Quanmin), облачные решения (Baidu AI Cloud) и автономные технологии (Apollo Go).
- iQIYI – стриминговый сервис, аналог Netflix, выделенный в отдельную публичную компанию в 2018 году.
- DuerOS – платформа голосового ИИ для умных устройств.
- Apollo – подразделение автономного вождения, включающее роботакси Apollo Go.

Baidu доминирует в Китае (95% трафика приходится на китайских пользователей). Также присутствует в Гонконге, США, Тайване и Сингапуре, но международная экспансия ограничена. Основные R&D-центры расположены в Пекине, Шэньчжэне и Шанхае.

Последние инновационные разработки:

- Робот-гуманоид Walker S (2024) – Интеграция ИИ-платформы ERNIE Bot для обработки естественной речи и выполнения сложных команд. Робот способен анализировать окружение, давать советы и взаимодействовать с людьми .
- Операционная система Wanyuan (2024) – интеллектуальная ОС для облачных вычислений, оптимизирующая работу с большими данными и ИИ-моделями .
- Apollo Go 6.0 (2025) – обновление платформы автономного вождения с расширением зоны покрытия до 100 городов Китая к 2030 году.

Проекты в области квантовых и фотонных технологий:

- Квантовый компьютер Qianshi (2022) – 10-кубитовый процессор, предоставленный для внешнего использования. Позже Baidu разработала 36-кубитовый прототип, но закрыла исследовательские лаборатории в 2024 году, передав их академическим институтам.
- Сотрудничество с BAQIS (2024) – передача квантовых исследований Пекинской академии квантовых наук после закрытия внутренних проектов.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

CN112529198 Метод, устройство, оборудование, носитель информации и продукт для обработки квантового состояния запутанности от 23-12-2020

Предлагаемый метод включает в себя систематический подход к обработке квантовых запутанных состояний путем определения начальных квантовых состояний и связанных с ними узлов для кубитов. Каждое начальное квантовое состояние включает запутанные кубиты из двух различных групп. Метод включает в себя получение параметризованных квантовых схем, адаптированных для каждого узла, и выполнение локальных квантовых операций на основе predetermined стратегии. Это приводит к результатам измерений, характеризующим информацию о состоянии кубитов, что в конечном итоге приводит к получению выходного квантового состояния, отвечающего конкретным требованиям обработки. Изобретательские решения включают интеграцию локализованных

операций с классической коммуникацией, что обеспечивает эффективную обработку запутанных состояний между несколькими узлами.

CN112488317 Метод и устройство моделирования в квантовом управлении, классическом компьютере и носителе данных от 27-11-2020

Предлагаемый метод включает в себя систематический подход к моделированию квантовых вентилей путем получения соответствующих аппаратных параметров и целевых квантовых вентилей. Он начинается с получения импульсной функции на основе дискретных временных срезов, где значения параметров импульса остаются постоянными внутри каждого среза. Метод однозначно определяет целевые размеры шагов для этих срезов, что позволяет рассчитывать значения параметров импульса для определенных длительностей. Благодаря итеративному получению квантовых вентилей моделирования на основе этих параметров, метод гарантирует, что полученный вентиль моделирования будет точно соответствовать целевому вентилю в течение заданного периода времени.

CN112819169 Метод генерации импульсов квантового управления, устройство, оборудование и носитель информации от 22-01-2021

Изобретение предлагает построение гамильтоновой системы на основе физических параметров целевого квантового оборудования, что необходимо для моделирования поведения квантовой системы. Процесс начинается с получения начального набора управляющих импульсов, соответствующего структуре целевого оборудования. Затем информация о состоянии системы моделируется с помощью гамильтоновой системы, что позволяет оценить влияние начальных управляющих импульсов на квантовую систему. Ключевым изобретательским решением является оптимизация этих начальных управляющих импульсов на основе соотношения между моделируемым состоянием системы и желаемым целевым состоянием, что в конечном итоге позволяет получить уточненную последовательность целевых управляющих

импульсов, которую можно применить к кубиту квантового оборудования.

TSMC

Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) — крупнейший в мире контрактный производитель полупроводниковых изделий, основанный в 1987 году. Штаб-квартира расположена в Синьчжу, Тайвань. Компания специализируется на производстве микросхем для клиентов, включая Apple, NVIDIA, AMD и Qualcomm, не имея собственных разработок чипов (чистая фабрика — «pure-play foundry»). TSMC контролирует около 50–65% мирового рынка контрактного производства полупроводников. Капитализация компании превышает \$880 млрд (по состоянию на 2024 год).

Ключевые подразделения:

- Производственные мощности (Fab) – включают фабрики для выпуска пластин размером 150 мм, 200 мм и 300 мм. Ключевые объекты: Fab 12, 14, 15 (Тайвань), Fab 21 (Аризона, США), JASM (Кумамото, Япония).
- R&D (Исследования и разработки) – сосредоточены на передовых техпроцессах (2 нм, 1.4 нм), кремниевой фотонике и 3D-интеграции чипов. В команде R&D — около 200 экспертов.
- Open Innovation Platform® (OIP) – платформа для сотрудничества с клиентами, предоставляющая инструменты для проектирования и оптимизации чипов.

География деятельности:

- Основные производственные мощности – Тайвань (более 70% мощностей).
- США – заводы в Аризоне (Fab 21) для выпуска 4 нм и 3 нм чипов.
- Европа – строительство фабрики в Дрездене, Германия (совместно с Bosch, Infineon).
- Азия – Завод JASM в Японии (Кумамото) для 6–12 нм чипов.

Клиентская база: Северная Америка (65% выручки), Китай (16%), Европа и Азия.

Последние инновационные продукты:

- 2 нм техпроцесс (N2) – массовое производство запланировано на 2025 год. Обеспечивает увеличение плотности транзисторов на 30% и снижение энергопотребления на 25% по сравнению с 3 нм. .

- 1.4 нм (A14) – Разработка начата в 2022 году, ожидается к 2027–2030 гг.

Проекты в области квантовых и фотонных технологий:

- Кремниевые фотонные мультиплексоры – партнерство с NVIDIA и Broadcom для интеграции фотонных технологий в AI-чипы. Совместно с китайскими исследователями разработан чип для оптической коммуникации (2023).

- Гибридные фотонно-электронные чипы – участие в создании первого в мире гибридного чипа для квантовых вычислений (2023). Технология совмещает фотонные и электронные компоненты на стандартной кремниевой подложке.

- Co-Packaged Optics (CPO) – интеграция оптических компонентов с процессорами для снижения задержек в AI-кластерах. Партнеры — Microsoft и Meta.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US11215753 Фотонное полупроводниковое устройство и метод от 27-02-2020
--

Изобретение предлагает метод изготовления оптического интерпозера, включающего волноводы и фотонные устройства, что обеспечивает эффективную оптическую связь в вычислительных системах. Ключевыми изобретательскими решениями являются использование скрытой оксидной подложки для формирования кремниевых волноводов и фотонных компонентов, таких как фотодетекторы и оптические модуляторы. Метод включает в себя прецизионную фотолитографию и травление для формирования кремниевого слоя, что позволяет интегрировать несколько оптических элементов на одной платформе. Кроме того, для облегчения подключения к внешним оптическим волокнам предусмотрены решеточные и краевые ответвители, что повышает функциональность и универсальность интерпозера в различных устройствах.

US11527419B2: Интегрированный корпус и метод его изготовления от 27-06-2020

Предлагаемый метод включает в себя формирование интегрированного корпуса, объединяющего фотонный и электрический кристаллы, с использованием технологий их сборки. Ключевые решения включают использование разделительной и клейкой плёнки для облегчения крепления различных кристаллов, включая центральный процессор и специализированные интегральные схемы. Фотонный кристалл предназначен для управления оптическими сигналами и включает в себя волноводы, решётчатые ответвители и модуляторы для обеспечения эффективной обработки сигналов.

TW202530766 (заявка) Структура фотонного прибора, фотонный полупроводниковый прибор и способ их изготовления от 27-09-2024

Изобретенный предлагает создание фотонного устройства, включающего множество слоёв и структур, предназначенных для обеспечения эффективной передачи оптического сигнала. Ключевые решения включают формирование рёберного волновода, обеспечивающего двумерное ограничение света, и интеграцию различных узлов, таких как решётчатые и полосковые волноводы. Устройство включает подложку из таких материалов, как кремний или германий, покрытую диэлектрическими материалами и травильными слоями для защиты компонентов в процессе производства. Уникальные особенности конструкции, такие как использование борофосфосиликатного стекла (BPSG) и нелегированного силикатного стекла, способствуют сохранению целостности сигнала и минимизации потерь при передаче.

Tencent

Tencent Holdings Limited – китайская технологическая компания, основанная в 1998 году. Штаб-квартира расположена в Шэньчжэне, официальная регистрация — на Каймановых островах. Основные направления деятельности: социальные сети (WeChat, QQ), онлайн-игры, облачные вычисления, финансовые технологии и инвестиции. Капитализация компании на 2020 год составляла около \$670 млрд, что делает её одной из крупнейших в мире. Tencent владеет долями в Riot Games, Epic Games, Supercell и других компаниях.

Ключевые подразделения:

- Группа корпоративного развития (CDG) – стратегия и инвестиции.
- Группа облачной и умной отрасли (CSIG) – облачные сервисы и ИИ.
- Группа интерактивных развлечений (IEG) – разработка и публикация игр.
- Группа платформы и контента (PCG): медиа, социальные сети, реклама.
- Группа технологической инженерии (TEG): инфраструктура и безопасность.
- Группа экосистемы WeChat (WXG): развитие платформы WeChat.

Основной рынок — Китай (более 90% выручки). Tencent также активно присутствует в Северной Америке, Европе и Азии через дочерние компании и инвестиции. Ключевые международные активы включают Riot Games (США), Supercell (Финляндия), Grinding Gear Games (Новая Зеландия).

Последние инновационные продукты:

- Hunyuan-T1 (2025) – ИИ-модель для обработки текста с улучшенной логикой и скоростью отклика, основанная на базе TurboS.
- Game AI Engine GiiNEX (2024) – генеративный ИИ-движок для создания 3D-сцен, уровней и диалогов в играх.
- Hunyuan3D World Model 1.0 (2025) – ИИ-модель для генерации 3D-миров из текста или изображений.
- Совместный проект с Broadcom (2022) – разработка CPO-сетевых коммутаторов с кремниевой фотоникой для облачных вычислений.

- Проекты в области квантовых и фотонных технологий:
- Инвестиции в Horizon Quantum Computing (2023) – участие в раунде финансирования (\$18 млн) для разработки инструментов автоматизации квантовых алгоритмов.
- Партнёрство с Broadcom (2022) – создание фотонных сетевых решений для высокоскоростных дата-центров.
- Исследования в Tencent Quantum Lab: разработка алгоритмов для квантовой химии и оптимизации, включая симуляцию молекул.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

CN113326944 Квантовая схема и квантовый процессор от 27-01-2021

Предлагаемый метод включает в себя квантовую схему, включающую кубит, резонансную полость и фидер. Фидер подаёт сигнал инициализации, представляющий собой модулирующий сигнал, вызывающий вибрацию на частоте кубита. Эта вибрация способствует эквивалентному обмену состояниями между кубитом и резонансной полостью, позволяя возбуждённому состоянию кубита быстро вернуться в основное состояние без необходимости прямого измерения. Устраняя петлю обратной связи, обычно необходимую для проверки состояния, этот метод упрощает процесс инициализации, делая его эффективным и производительным.

CN111510158 Отказоустойчивый метод декодирования с исправлением ошибок, устройство и чип квантовой схемы от 15-04-2020

Предлагаемый метод включает получение информации о параметрах ошибки посредством «зашумленных» измерений на квантовой схеме с использованием кодов коррективки квантовых ошибок. Эта информация затем декодируется для определения класса логической ошибки и информации о параметрах идеальной ошибки, соответствующих фактическим измерениям. Класс логической ошибки определяется путем сопоставления ошибок, возникающих в квантовой схеме, в то время как информация о

параметрах идеальной ошибки получается посредством дополнительных измерений. На последнем этапе определяется информация об ошибке, указывающая конкретный затронутый кубит данных и соответствующий класс ошибки.

CN120373486 (заявка) Вспомогательный метод обработки, устройство, оборудование и система для квантового машинного обучения от 24-01-2024

Изобретение предлагает метод, в котором классический компьютер участвует в процессе квантового машинного обучения, выполняя нелинейную обработку единичных результатов, полученных с помощью квантовых схем. В частности, метод включает измерение кубита в квантовом кубит-компьютере (PQC) для получения единичного результата, который затем нелинейно обрабатывается классическим компьютером. Эта нелинейная обработка даёт результат, определяющий начальное квантовое состояние второго кубита в следующем квантовом кубите (PQC).

IonQ

IonQ — американская компания, основанная в 2015 году. Является одним из ведущих мировых производителей квантовых компьютеров, занимая передовые позиции в индустрии квантовых вычислений.

- Исследовательский центр — занимается разработкой новых алгоритмов и улучшением квантовых технологий
- Производственное подразделение — отвечает за создание квантовых процессоров и сопутствующего оборудования
- Отдел разработки ПО — создает программное обеспечение для работы с квантовыми системами
- Коммерческий департамент — отвечает за продажи и взаимодействие с клиентами

Штаб-квартира компании расположена в Мэриленде, США. Производственные мощности сосредоточены в США, где компания имеет собственные лаборатории и производственные площадки.

В портфеле компании выделяются следующие ключевые решения:

- Система ионного захвата — технология удержания ионов в вакуумной камере с помощью электромагнитных полей для создания квантовых битов (кубитов);
- Метод коррекции ошибок — запатентованная система обнаружения и исправления ошибок в квантовых вычислениях;
- Архитектура масштабирования — решение для увеличения количества кубитов в квантовом процессоре без потери производительности;
- Система охлаждения — технология поддержания крайне низких температур для стабильной работы квантового компьютера;

IonQ ведет разработку квантовых компьютеров на захваченных ионах. Компания имеет несколько моделей различной мощности, доступных для использования через облачный сервис IonQ Cloud: Aria, Forte, Forte Enterprise, Tempo. Также на сайте IonQ есть возможность бесплатно получить доступ к симулятору квантового компьютера. К 2027 году компания рассчитывает представить чип с 10000 кубитов, разработанный совместно с Oxford Ionics.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US11580283	Способ автоматизированной оптимизации крупномасштабных квантовых цепей с непрерывными параметрами от 19-10-2017
------------	---

Изобретение предлагает метод автоматизированной оптимизации, фокусирующийся на непрерывных параметрах квантовых схем. Этот метод включает в себя получение списка цепей квантовых вентилях, выполнение операции сокращения для создания меньшего, функционально эквивалентного списка вентилях и генерацию нового списка цепей для реализации. Ключевые изобретательские решения включают использование быстрых алгоритмов, способных обрабатывать непрерывные параметры вентилях, сохраняя при этом структурную целостность базовых квантовых алгоритмов. Благодаря применению тщательно подобранных эвристик, изобретение обеспечивает значительное сокращение количества вентилях и времени выполнения по

сравнению с предыдущими подходами, повышая общую эффективность оптимизации квантовых схем.

US1158609 Настраиваемый источник бифотонов от 05-10-2015

Предлагаемое изобретение представляет собой систему генерации одиночных фотонов посредством высокооптимизированной установки, включающей нелинейный кристаллический элемент и усовершенствованные механизмы терморегулирования. Ключевые изобретательские решения включают интеграцию держателя кристалла с термоэлементом, поддерживающим точный контроль температуры, обеспечивая оптимальные условия для генерации фотонов. Система использует фокусирующую оптику накачки для создания сходящегося пучка накачки, направляемого в нелинейный кристалл. Кроме того, использование переменных волновых пластин позволяет активно управлять поляризацией и фазой света, повышая эффективность генерации пар фотонов.

US2025165845 (заявка) Способ ограничения погрешности для построения двухкубитных вентилей в квантовой вычислительной системе с ионной ловушкой от 22-11-2023

Изобретение предлагает метод вычисления управляющих импульсов для пар захваченных ионов в квантовом процессоре. Это вычисление выполняется классическим компьютером, который определяет импульсную функцию на основе заданных условий, включая условия замыкания и вспомогательные условия, а также условие угла затвора. Вычисленный управляющий импульс затем подается на захваченные ионы системным контроллером.

Rigetti Computing

Rigetti Computing — американская компания, основанная в 2015 году. Является одним из ключевых игроков на рынке квантовых вычислений, входит в число ведущих мировых производителей квантовых компьютеров.

Основные подразделения:

- Quantum Cloud Services — подразделение, отвечающее за разработку и поддержку облачной платформы для квантовых вычислений;
- Исследовательский центр — занимается разработкой квантовых алгоритмов и улучшением квантовых технологий;
- Производственный отдел — отвечает за создание квантовых процессоров и сопутствующего оборудования;
- Отдел квантового программного обеспечения — разрабатывает инструменты для работы с квантовыми системами;
- Коммерческий департамент — отвечает за взаимодействие с клиентами и развитие бизнеса.

Штаб-квартира компании расположена в Беркли, Калифорния, США. Основные производственные мощности находятся в США, где компания располагает собственными лабораториями и производственными площадками для создания квантовых процессоров.

В портфеле компании выделяются следующие ключевые решения:

- Forest — платформа для квантового программирования, включающая язык Quil и инструменты для разработки квантовых алгоритмов;
- Quantum Cloud Services (QCS) — облачная платформа, позволяющая пользователям получать доступ к квантовым компьютерам через интернет;
- Архитектура сверхпроводящих кубитов — инновационное решение для создания масштабируемых квантовых процессоров;
- Система калибровки — автоматизированная система настройки параметров квантового компьютера для оптимальной работы;
- Гибридные квантово-классические алгоритмы — решения для эффективного взаимодействия классических и квантовых вычислений;

Компания фокусируется на создании облачных квантовых вычислений и разработке программного обеспечения для квантовых компьютеров. В 2024 году Rigetti Computing объявила о запуске квантового компьютера Ankaa-3, использующего 84 сверхпроводящих кубита. В 2025 году компания представила квантовый компьютер Cereus-1-36Q, использующий 36 сверхпроводящих кубитов. Ankaa-3 и Cereus-1-36Q доступны на платформе Rigetti Quantum Cloud Services (QCS).

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US12141664 Способ управления многомерным массивом кубитных устройств от 28-02-2014

Изобретение предлагает систему электромагнитных волноводов, предназначенную для размещения массива кубитовых устройств, каждое из которых имеет свою рабочую частоту. Ключевым изобретательским решением является конфигурация пересекающихся волноводов, задающих частоты среза, что эффективно подавляет распространение сигнала в определённом диапазоне частот, охватывающем рабочие частоты кубитов. Такая конструкция обеспечивает бесперебойную работу кубитовых устройств, позволяя более надёжно манипулировать квантовыми состояниями. Кроме того, включение устройств сопряжения между соседними парами кубитов обеспечивает избирательное сопряжение на основе внешних управляющих сигналов, что дополнительно повышает гибкость и функциональность сборки ячеек квантового процессора.

US11164103 Способ управления сигналами в квантовой вычислительной системе от 10-03-2017

Предлагаемый метод включает автоматизированный процесс калибровки, который использует заданные параметры, измеренные значения и методы оптимизации для определения рабочих параметров квантовой вычислительной системы после установки. Этот подход позволяет разделить сложные задачи категоризации на управляемые блоки, которые можно масштабировать и применять к

более крупным системам. Центральный компьютерный процесс отправляет инструкции различным блокам, которые оценивают и настраивают сверхпроводящие квантовые схемы, обеспечивая быструю категоризацию специализированных процессоров. Следуя заданной последовательности калибровки с четкими критериями «прошел/не прошёл», метод обеспечивает эффективный запуск и категоризацию системы, что в конечном итоге приводит к повышению эксплуатационной эффективности.

WO2025157854 (заявка) Криптографические схемы для гибридных классическо-квантовых компьютерных систем 22-01-2025

Предлагаемый метод использует гибридную криптографическую систему, объединяющую квантовые процессоры (QPU) с классическими вычислительными системами. В основе данного изобретения лежит использование квантовой логической схемы в качестве источника симметричного ключа для шифрования и дешифрования. Эта схема использует квантовые логические вентили на кубитах, что повышает безопасность открытого пароля, используемого в процессе шифрования. Кроме того, метод использует параметрические квантовые логические схемы, позволяющие включать случайные параметры, тем самым увеличивая объем безопасно передаваемой информации.

PsiQuantum

PsiQuantum — американская компания, специализирующаяся на разработке квантовых вычислительных систем. Основана в 2015 году. Компания занимает одну из ведущих позиций в мире в сфере квантовых вычислений, являясь одним из ключевых игроков на рынке квантовых технологий.

Основные подразделения:

- Исследовательский центр — разработка новых квантовых алгоритмов и технологий;
- Инженерный департамент — проектирование и создание квантовых процессоров;
- Производственный отдел — изготовление компонентов квантовых систем;
- Отдел прикладных решений — разработка практических применений квантовых вычислений;
- Научный центр — фундаментальные исследования в области квантовой физики.

Основной регион деятельности — Северная Америка с расширением присутствия в Европе. Ключевые локации:

- Штаб-квартира расположена в Пало-Альто, Калифорния (США)
- Исследовательские центры в США и Великобритании
- Производственные мощности находятся в США
- Компания активно развивает партнерские отношения с ведущими университетами и научными центрами по всему миру

В портфеле PsiQuantum представлены разработки в области квантовых вычислений. Наиболее значимые решения включают:

- Оптическая квантовая платформа — инновационная технология создания квантовых компьютеров на основе оптических компонентов, обеспечивающая высокую масштабируемость системы;
- Квантовые алгоритмы — специализированные алгоритмы для решения задач оптимизации, криптографии и моделирования материалов;
- Системы коррекции ошибок — методы коррекции ошибок в квантовых вычислениях;
- Квантовые сенсоры — высокоточные измерительные приборы на основе квантовых технологий;

- Программное обеспечение — специализированные инструменты для работы с квантовыми системами.

В 2025 году компания представила квантовый фотонный чипсет Omega, предназначенный для квантовых вычислений в промышленных масштабах. По планам PsiQuantum, к 2027 году будет создан коммерческий квантовый компьютер, основанный на использовании отдельных фотонов.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

WO2021155289 (заявка) Системы квантового вычисления на основе квантового отжига от 29-01-2020

Изобретение предлагает новый способ, предусматривающий использование независимых квантовых систем, каждая из которых содержит множество запутанных кубитов, для осуществления отказоустойчивых квантовых операций. Предлагаемый способ включает выполнение разрушающих совместных измерений различных кубитов, принадлежащих указанным независимым системам, в результате чего обеспечивается передача информации о квантовом состоянии без необходимости формирования крупных кластерных состояний. Изобретательский шаг проявляется в применении системы слияния кубитов, предназначенной для осуществления указанных измерений и формирования данных о результатах совместных измерений, которые далее используются для определения состояния логического кубита в отказоустойчивом режиме. Концентрация на подмножестве кубитов в сочетании с применением таких техник, как операции слияния типа II, позволяет повысить эффективность манипулирования квантовыми состояниями при одновременном снижении рисков, связанных с потерей запутанности кубитов.

US12321053 Электрооптическое устройство от 29-10-2019

Изобретение предлагает метод, включающий создание стека электрооптических материалов (ЭО), состоящего из чередующихся и сцепленных тонких слоев ЭО-материалов и промежуточных слоев.

Эти слои разработаны для сохранения своей решеточной структуры и электрооптических коэффициентов в широком диапазоне температур, включая криогенные условия. В частности, слои материалов могут включать сегнетоэлектрические кристаллы, такие как BaTiO₃, а промежуточные слои состоят из материалов, сохраняющих свою решеточную структуру как при комнатной, так и при криогенной температуре. Эта технология наложения позволяет ЭО-устройству достигать высоких коэффициентов Поккельса, что приводит к улучшению характеристик модуляции и переключения без необходимости использования высоких управляющих напряжений.

US11880115 Способ генерации тактовых импульсов для фотонного квантового компьютера, включающего источник фотонных пар для преобразования преобразованных электрических импульсов в множество тактовых сигналов с первой частотой повторения от 22-03-2019

Изобретение предлагает систему, генерирующую тактовые сигналы с помощью источника фотонов накачки, расположенного вне криостата, который генерирует серию импульсов фотонов накачки с заданной частотой повторения. Эти импульсы передаются по волноводу к источнику внутри криостата, где часть импульсов преобразуется в пары фотонов. Оставшаяся часть импульсов накачки направляется на фотодетектор, который преобразует их в электрические импульсы. Генератор тактовых импульсов, также расположенный внутри криостата, преобразует эти электрические импульсы в тактовые сигналы с той же частотой повторения. Разделение генерации тактового сигнала от процесса измерения кубита исключает риск разрушения кубита, тем самым повышая общую производительность и надежность квантовых вычислений. Кроме того, интеграция компонентов в криостат позволяет повысить термостабильность и снизить уровень шума, что критически важно для поддержания точности тактовых сигналов.

D-Wave Systems

D-Wave Systems Inc. — канадская компания, основанная в 1999 году. Является одним из пионеров в области квантовых вычислений и первым коммерческим производителем квантовых компьютеров. Компания занимает лидирующие позиции в сегменте квантовых вычислительных систем, специализируясь на квантовых аннейлинговых процессорах.

Основные подразделения:

- Research & Development — разработка квантовых процессоров и алгоритмов;
- Quantum Applications Lab — создание прикладных решений для квантовых вычислений;
- Manufacturing Division — производство квантовых систем;
- Customer Success Group — поддержка и внедрение решений для клиентов;
- Quantum Systems Group — разработка аппаратного обеспечения.

Основной регион деятельности — Северная Америка с растущим присутствием в Европе и Азии. Ключевые локации:

- Штаб-квартира расположена в Burnaby, Британская Колумбия (Канада);
- Исследовательские центры в Канаде и США;
- Производственные мощности находятся в Канаде;
- Представительства в США и других странах.

В портфеле D-Wave Systems представлены следующие разработки в области квантовых вычислений:

- Quantum Annealing Processor — специализированный квантовый процессор для решения задач оптимизации;
- The Leap™ Quantum Cloud Service — облачная платформа для доступа к квантовым вычислениям;
- Quantum Application Environment — программная среда для разработки квантовых приложений;
- Hybrid Solver Service — гибридные решения, сочетающие классические и квантовые вычисления;
- Quantum Machine Learning — алгоритмы машинного обучения на базе квантовых вычислений.

В 2020 году компания выпустила систему Advantage на 5760 кубитах, основанную на технологии квантового отжига. В 2025 году

D-Wave Systems запустила машину Advantage2 на более чем 4400 кубитах, также основанную на технологии квантового отжига. Квантовые процессоры Advantage2 основана на более эффективной архитектуре, по сравнению с предыдущими поколениями: увеличено число связанных между собой кубитов с 15 до 20, почти вдвое увеличено время когерентности.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US2024144068 (заявка) Системы и методы повышения вычислительной эффективности процессорных устройств при решении ограниченных квадратичных моделей со штрафными коэффициентами от 31-10-2022

Предлагаемый метод использует гибридную вычислительную систему, объединяющую классический цифровой компьютер и квантовый процессор. Процесс начинается с определения задачи, включающей переменные, целевую функцию и функции ограничений. Инициализируется алгоритм оптимизации, который итеративно выбирает обновлённые значения переменных, оценивая допустимость ограничений. Ключевые изобретательские решения включают использование штрафных параметров, которые корректируются в зависимости от результатов проверки допустимости, что позволяет системе динамически переходить к допустимым решениям. Кроме того, квантовый процессор используется для уточнения выборочных решений с помощью квантового отжига, который использует квантово-механические явления для улучшения поиска оптимальных значений переменных. Гибридный подход позволяет повысить скорость и точность вычислений, особенно при решении сложных квадратичных моделей с ограничениями. Благодаря использованию квантового отжига система может более эффективно исследовать пространство решений, что приводит к более быстрой сходимости к допустимым решениям.

US2024135218 (заявка) Системы и методы для машинного обучения с помощью квантового отжига от 05-10-2022

Изобретение предлагает подход, объединяющий сверхпроводящие кубиты и классические сверхпроводящие процессоры для создания гибридной системы, способной выполнять как квантовый отжиг, так и адиабатические квантовые вычисления. Ключевые изобретательские решения включают настройку индуктивности и критического тока в сверхпроводящих контурах для оптимизации производительности кубитов, что позволяет реализовать бистабильные и моностабильные режимы работы. Такая конфигурация позволяет системе эффективно переходить между различными энергетическими состояниями, тем самым повышая точность и скорость вычислений. Кроме того, использование специально подобранного эволюционного гамильтониана обеспечивает плавный переход между начальным и конечным состояниями, гарантируя, что система останется в основном состоянии на протяжении всего процесса, что критически важно для достижения оптимальных результатов в задачах машинного обучения.

US11409426 Пользовательский интерфейс, программмер и/или отладчик для встраивания и/или модификации проблем на квантовых процессорах
от 24-02-2020

Изобретение предлагает пользовательский интерфейс (UI), структуры данных и алгоритмы облегчают программирование, анализ, отладку, встраивание и/или модификацию задач, встроенных или планируемых к внедрению в аналоговый процессор (например, квантовый процессор), повышая вычислительную эффективность и/или точность решений. UI предоставляет графовые представления (например, исходный граф, целевой граф и соответствие между ними) с узлами и рёбрами, которые могут соответствовать аппаратным компонентам (например, кубитам, разветвителям) аналогового процессора. Характеристики решений предпочтительно представляются пространственно связанными (например, наложенными или вложенными) с характеристиками

задачи. Характеристики (например, состояние смещения) могут быть представлены цветом, узором, значениями, значками. Проблемы (например, разрывы цепочек) могут быть обнаружены, и выдаются оповещения. Представления задач могут быть изменены через UI, и компьютерная система может автономно генерировать новые экземпляры представления задачи, обновлять структуры данных, встраивать новый экземпляр и вызывать его выполнение аналоговым процессором.

Illumina

Illumina Inc. — американская биотехнологическая компания, основанная в 1998 году и базирующаяся в Сан-Диего, Калифорния. Она специализируется на разработке систем для геномного анализа, включая секвенирование ДНК и микрочиповые технологии. Компания занимает лидирующие позиции на рынке секвенирования, обеспечивая более 90% мировых данных ДНК. Её миссия — «улучшать здоровье людей через расширение возможностей геномных исследований». Основные продукты: NovaSeq, HiSeq, MiSeq, NextSeq и iScan.

Ключевые подразделения:

- Sequencing: Разработка систем для секвенирования (NovaSeq, NextSeq, MiSeq).
- Microarray: Производство микрочипов для генетического анализа.
- Core Illumina: Интеграция технологий для клинических и исследовательских задач.
- Сервисные подразделения: Поддержка биоинформатики (DRAGEN Bio-IT Platform) и облачных решений (Illumina Connected Analytics).

Illumina работает в более чем 155 странах. Основные регионы:

- Америка: 56.39% доходов (США, Канада, Латинская Америка).
- Европа: 26.94% (ранее включая Россию).
- Азия-Тихоокеанский регион: 9.72% (Китай, Япония, Австралия).
- Ближний Восток и Африка: 6.94%.

Последние инновационные продукты:

- XLEAP-SBS Chemistry (2024) – новая химия для NextSeq 1000/2000, ускоряющая секвенирование на 40% и снижающая стоимость на 20%.

- NovaSeq X Plus – система, секвенирующая до 20,000 геномов в год с производительностью 16 Тб за запуск.

- DRAGEN v5 – обновление биоинформатической платформы для анализа данных в реальном времени.

Проекты в области фотонных технологий:

- Флуоресцентная визуализация – использование лазеров и CMOS-датчиков для детекции флуоресцентных меток в системах секвенирования. Технология применяется в NovaSeq и NextSeq.

- Цифровая микрофлюидика – разработка методов управления нанолитровыми каплями с помощью электросмачивания для автоматизации подготовки образцов.

- Сотрудничество с NanoString и 10x Genomics – интеграция оптических технологий в мультиомные исследования (геномика + протеомика).

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US11579336 Устройства и композиции на основе фотонных структур для использования в люминесцентной визуализации нескольких участков в пределах пикселя и способы их использования от 22-04-2016

Изобретение предлагает метод, объединяющий массив пикселей изображения с фотонной структурой и набором элементов. Каждый элемент может быть пространственно смещен по пикселям изображения, при этом в каждый элемент встроены отдельные люминофоры. Устройство разработано для использования источника излучения, генерирующего фотоны с различными характеристиками в разное время, что позволяет селективно возбуждать люминофоры. Этот метод позволяет первому пикселю получать люминесценцию от нескольких люминофоров в разное время, эффективно создавая резонансный паттерн, который улучшает обнаружение конкретных нуклеотидов. Интеграция фотонных структур, таких как фотонные кристаллы или плазмонные наномантенны, дополнительно отличает данное изобретение,

оптимизируя люминесцентный отклик и обеспечивая точный контроль длин волн возбуждения и поляризации. Обеспечивая одновременное обнаружение нескольких люминофоров в одном пикселе, устройство повышает производительность и точность секвенирования. Возможность избирательного возбуждения различных люминофоров в разное время упрощает использование нескольких флуоресцентных красителей, что приводит к более чётким результатам визуализации.

US10883937 Детектор с уменьшенным шумом в диапазоне флуоресценции
от 28-12-2017

Изобретение предлагает детектор, включающий структурированную поверхность, предназначенную для размещения биологических или химических образцов, а также матрицу сенсоров, оснащенную светочувствительными элементами и схемами передачи данных. Ключевой особенностью данного изобретения является интеграция матрицы световодов, состоящей из световодов, которые направляют возбуждающий свет и световой сигнал испускания от поверхности детектора к соответствующим светочувствительным элементам. Эти световоды покрыты фильтрующим материалом, а именно металлокомплексным красителем, который селективно блокирует возбуждающий свет, пропуская световой сигнал испускания. Этот подход не только улучшает соотношение сигнал/шум, но и упрощает оптическую сборку, необходимую для детектирования, тем самым снижая затраты и занимаемое пространство.

WO2024092139 (заявка) Источник накачки световой энергии от 27-10-2022

Изобретение предлагает источник накачки световой энергии, использующий несколько источников света и ряд световодов для гомогенизации и направления возбуждающего света на поверхность детектора, на котором размещены биологические или химические образцы. Ключевые изобретательские решения включают интеграцию группы источников света, излучающих возбуждающий

свет в различных диапазонах длин волн, и сложную конструкцию световодов, обеспечивающую равномерное распределение света по поверхности образца. Эта система позволяет одновременно детектировать испускаемый сигнальный свет, блокируя возбуждающий свет, тем самым повышая точность анализа. Использование монтажного узла дополнительно оптимизирует выравнивание световодов и источников, обеспечивая эффективную доставку и детектирование света.

Ouster

Ouster Inc – американская компания, основанная в 2015 году в Сан-Франциско. Специализируется на разработке и производстве высокоточных лидарных (LiDAR) сенсоров для применения в автономных транспортных средствах, промышленности, робототехнике, умной инфраструктуре и системах безопасности. Компания стала публичной в 2021 году через слияние с SPAC-компанией Colonnade Acquisition.

Ключевые подразделения:

- Автомобильное подразделение (Ouster Automotive) – разработка лидаров для автономных коммерческих и потребительских транспортных средств. Создано после приобретения Sense Photonics в 2021 году.
- Промышленные решения – лидары для логистики, добывающей промышленности и сельского хозяйства.
- Умная инфраструктура – системы для управления трафиком, безопасности и анализа данных в городах (например, платформа Ouster Gemini).
- Робототехника – датчики для автономных роботов и дронов.

География деятельности:

Ouster работает глобально, с офисами в Северной Америке, Европе, Азии и на Ближнем Востоке. Ключевые рынки:

- США – партнерства с компаниями в сфере автономных грузоперевозок (например, Ike) и умных городов.

- Европа – внедрение лидаров в логистические хабы и системы безопасности.

- Азия – сотрудничество с производителями роботов и промышленными предприятиями (например, iDriverplus в Китае).

Последние инновационные продукты:

- Ouster Gemini – цифровая платформа для интеграции лидарных данных с системами видеонаблюдения (например, Genetec Security Center). Позволяет объединять 3D-картирование и видео в единый интерфейс для повышения безопасности.

- Blue City – решение для управления трафиком с использованием ИИ и лидаров. Внедрено в Юте (США) для анализа данных на 100+ перекрестках.

- REV7 – лидарные сенсоры нового поколения с улучшенной точностью (до ± 1.5 см) и дальностью (до 240 метров).

Проекты в области фотонных технологий:

- Цифровые лидары – Ouster разрабатывает лидары на основе цифровой фотоники, что позволяет снизить стоимость и повысить надежность. Технология используется в сенсорах OS0, OS1 и OS2.

- Сотрудничество с NVIDIA – интеграция лидаров Ouster в системы автономного вождения Volvo Trucks на базе платформы NVIDIA DRIVE.

- Solid-State LiDAR – разработка твердотельных лидаров для массового внедрения в автомобили. Проект ускорен после поглощения Sense Photonics, чьи патенты включают решения для компактных фотонных систем.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US12123769 Структуры излучателей для сверхмалых вертикальных лазеров с поверхностным излучением (VCSEL) и массивы, включающие от 12-04-2017	ИХ
--	----

В изобретении предлагается полупроводниковая структура лазерного диода, включающая активную область и слои, способствующие генерации лазерного излучения. Ключевым изобретательским решением является конструкция апертуры

лазера, ориентированной либо перпендикулярно, либо параллельно поверхности активной области, что обеспечивает оптимизированное излучение света. Кроме того, контакты, подключенные к слоям, намеренно сделаны меньше апертуры лазера, по крайней мере, в одном измерении, что повышает эффективность работы лазера. Метод изготовления включает в себя технологии, такие как печать и электростатическая адгезия, для создания матриц дискретных лазерных диодов, что позволяет создавать масштабируемые и гибкие конфигурации, адаптируемые для различных применений.

US11175405 Оптический передатчик изображения с повышением яркости
от 15-05-2017

Изобретение предлагает оптическую систему формирования изображений, сочетающую модуль передачи света с матрицей каналов приёмника, предназначенную для минимизации перекрёстных помех и повышения спектральной селективности. Ключевые изобретательские решения включают использование объёмной оптики передатчика и источника освещения с несколькими излучателями света, проецирующими дискретные пучки света. Каждый канал матрицы приёмника оснащён линзой, которая улавливает световые конусы от излучателей, формируя реальные точечные изображения в фокусных точках между излучателем и объёмной оптикой передатчика. Такая конфигурация обеспечивает улучшенное пространственное разрешение и повышенную мощность возвращаемого света, тем самым расширяя общие возможности визуализации и обеспечивая более точные измерения расстояний.

US2024210526 (заявка) Оптическая система для полнокадровой вспышечной твердотельной лидарной системы от 07-01-2022

Изобретение предлагает стационарную лидарную систему, состоящую из массива излучателей и соответствующей матрицы датчиков, что исключает необходимость механического перемещения. Каждый излучатель, который может состоять из лазеров с вертикальным резонатором, излучающих свет с поверхностным излучением (VCSEL), излучает световые импульсы

по всему полю зрения. Система включает в себя оптический элемент с несколькими линзами, предназначенными для уменьшения угла расхождения излучаемого света, обеспечивая постоянный профиль освещения. Кроме того, рассеиватель распределяет свет, полученный от оптического элемента, по всей матрице датчиков, повышая способность системы получать детальные изображения. Эта конфигурация позволяет одновременно использовать несколько излучателей, решая проблемы управления питанием и повышая общую эффективность. Отсутствие подвижных частей повышает надежность и снижает вероятность механических отказов, что делает его пригодным для различных применений, включая беспилотные автомобили. Компактная конструкция позволяет размещать устройство на транспортных средствах незаметно, что решает эстетические проблемы. Кроме того, использование VCSEL обеспечивает экономически эффективное решение с низким энергопотреблением при сохранении высокой производительности.

Red Hat

Red Hat Inc. – американская компания, основанная в 1993 году Бобом Янгом и Марком Юингом. Штаб-квартира расположена в Роли (Северная Каролина, США). С 2019 года является дочерней компанией IBM. Основная специализация – разработка и поддержка open-source решений, включая операционные системы (Red Hat Enterprise Linux), платформы для контейнеризации (OpenShift), инструменты автоматизации (Ansible) и middleware (JBoss). Компания известна своей бизнес-моделью, основанной на подписке и сервисной поддержке.

Ключевые подразделения:

- Технологическое подразделение – разработка RHEL, OpenShift, Ansible, Kubernetes-решений.
- Подразделение искусственного интеллекта – интеграция AI/ML в платформы (OpenShift AI).
- Корпоративные сервисы – поддержка, обучение, консалтинг для предприятий.
- Исследования и инновации – участие в проектах по квантовым вычислениям, гибридным облакам и edge-технологиям.
- Глобальные партнерские программы – сотрудничество с IBM, NVIDIA, AWS, Microsoft Azure.

География деятельности:

Red Hat работает в более чем 40 странах, включая США, Канаду, страны ЕС, Индию, Японию и Австралию. Ключевые R&D-центры расположены в Роли (США), Брно (Чехия) и Бангалоре (Индия). Компания активно развивает партнерские экосистемы в облачных провайдерах (AWS, Google Cloud) и корпоративных IT-средах.

Последние инновационные продукты:

- Red Hat Enterprise Linux 10 (2025) – внедрение ИИ-помощника Lightspeed для автоматизации администрирования и анализа безопасности. Интеграция постквантовой криптографии для защиты от квантовых атак.
- OpenShift AI 2.9 – поддержка edge-инференса и мониторинга ML-моделей в изолированных сетях. Совместимость с NVIDIA NIM и AMD GPU.

- Red Hat Hyperconverged Infrastructure – гибридные решения для виртуализации и управления данными в реальном времени.

Проекты в области квантовых и фотонных технологий:

- Квантово-фотонные процессоры – сотрудничество с Quix Quantum (Нидерланды) по созданию гибридных процессоров для квантовых вычислений на базе OpenShift.

- IBM Quantum & Red Hat – разработка платформы для интеграции квантовых алгоритмов в корпоративные облака. Проект включает инструменты для симуляции квантовых систем на RHEL.

- Фотонные сети для edge-устройств – эксперименты с оптическими чипами для ускорения обработки данных в проекте Red Hat Edge.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US11416221 Способ сохранения состояния квантовой запутанности от 12-05-2020

Предлагаемый метод включает в себя проверку запутанности, которая обрабатывает запросы от различных приложений, запрашивающих доступ к кубитам. Получив запрос, проверка запутанности извлекает информацию о состоянии запрашиваемого кубита. Это включает в себя определение того, находится ли кубит в запутанном состоянии или нет, и соответствующий ответ. Изобретательское решение включает систематическую оценку состояния запутанности кубита перед доступом, что позволяет принимать обоснованные решения относительно того, можно ли безопасно получить доступ к кубиту или следует оставить его недоступным для сохранения его запутанного состояния. Благодаря реализации специализированной проверки запутанности изобретение повышает надежность квантовых вычислений, предотвращая несанкционированный доступ к запутанным кубитам, тем самым защищая их квантовые состояния. Это не только сохраняет целостность вычислений, но и оптимизирует использование кубитов в различных приложениях.

US11886380 Квантовая система управления файлами от 27-04-2020

Изобретение предлагает систему управления квантовыми файлами, которая, получив запрос от пользователя на доступ к квантовому файлу, система идентифицирует каждый кубит в этом файле, используя уникальные идентификаторы кубитов. Этот процесс включает в себя работу квантового файлового менеджера на процессоре, который определяет идентификаторы каждого кубита и отправляет эту информацию обратно запрашивающей стороне. Кроме того, система выполняет мгновенную проверку безопасности кубитов перед предоставлением доступа, гарантируя, что кубиты находятся в безопасном состоянии для использования.

US11556833 Способ квантовой конкатенации файлов от 25-06-2020

Изобретение предлагает систему управления квантовыми файлами, которая упрощает конкатенацию квантовых файлов, каждый из которых состоит из множества кубитов. Ключевые изобретательские решения включают получение запроса на конкатенацию двух квантовых файлов с последующей генерацией нового конкатенированного квантового файла, сохраняющего то же количество кубитов, что и объединение исходных файлов. Система может достичь этого, добавляя второй квантовый файл к первому, либо удаляя второй файл после конкатенации, либо сохраняя его. Кроме того, она позволяет копировать второй набор кубитов в новый набор перед добавлением, тем самым обеспечивая гибкость в выполнении конкатенации.

Lightmatter

Lightmatter Inc. – технологический стартап, основанный в 2017 году в Бостоне (США). Компания специализируется на разработке фотонных процессоров и оптических интерконнектов для искусственного интеллекта (ИИ) и высокопроизводительных вычислений (HPC).

Ключевые подразделения:

- Аппаратное обеспечение – разработка фотонных чипов (Passage, Envisе) и оптических интерконнектов.
- Программное обеспечение – создание инструментов для интеграции фотонных технологий в AI-инфраструктуру.
- Производственные партнерства – сотрудничество с GlobalFoundries, Amkor и ASE для масштабирования производства.

География деятельности:

Основные рынки – США и международные технологические центры. Производственные мощности сосредоточены через партнеров:

- GlobalFoundries (США) – производство фотонных чипов.
- Amkor и ASE (Тайвань) – упаковка и интеграция компонентов.

Последние инновационные продукты:

Passage M1000: 3D-фотонный интерконнект с пропускной способностью до 114 Тбит/с, предназначенный для соединения тысяч GPU в AI-кластерах. Технология использует 256 оптических волокон и 3D-интерпозеры.

Passage L200: Оптический чиплет с поддержкой 256 Тбит/с для ускорения обучения нейросетей. Интегрирует копакетированную оптику (CPO) и снижает энергопотребление на 80% по сравнению с традиционными решениями.

Проекты в области фотонных технологий:

- Envisе – фотонный ускоритель для AI-инференса, обеспечивающий по заявлениям в 5 раз более высокую производительность, чем NVIDIA A100, при снижении энергозатрат на 85%. Технология основана на кремниевой фотонике.
- GF Fotonix – совместная платформа с GlobalFoundries для массового производства фотонных чипов, объединяющая CMOS-логику и оптические компоненты.

- Heterogeneous Cooling Solutions – разработка систем охлаждения с микрофлюидными каналами для фотонных процессоров, что критично для AI-кластеров с энергопотреблением до 1500 Вт на чип.

Примеры решений из портфеля компании в полученной коллекции:

US11218227 Системы и методы фотонной обработки данных от 15-05-2018

Изобретение предлагает систему фотонной обработки, использующую оптические компоненты для выполнения вычислений. Система включает в себя оптический кодер, преобразующий входные данные в оптические сигналы, которые затем обрабатываются фотонным процессором с взаимосвязанными переменными светоделителями (VBS). Такая архитектура позволяет реализовать матричное умножение и сингулярное разложение (SVD) в оптической области, значительно повышая скорость обработки. Ключевые изобретательские решения включают использование управляемых оптических элементов, которые упрощают обработку оптических сигналов, позволяя системе эффективно выполнять сложные операции.

US11936434 Системы и методы аналоговых вычислений с использованием линейного фотонного процессора от 29-07-2019

Изобретение предлагает систему оптической обработки, объединяющую несколько оптических модуляторов и детекторов для выполнения вычислений. Ключевые изобретательские решения включают конфигурацию оптических детекторов с двумя выводами и переключателями, которые могут быть настроены на подключение к различным источникам напряжения, что позволяет реализовывать знаковые числовые значения. Такая архитектура позволяет системе выполнять такие операции, как умножение матриц, с высокой степенью параллельности, используя скорость света для минимизации задержки. Схема управления управляет настройками переключателей в зависимости от типа обрабатываемого числового значения, обеспечивая точный и эффективный вывод данных с оптических детекторов.

US2025284055 (заявка) Система фотонной связи от 22-05-2025
--

Изобретение предлагает платформу фотонной связи, предполагающую размещение нескольких фотонных модулей на полупроводниковой пластине с использованием общего фотошаблона. Этот метод позволяет интегрировать оптические волноводы, соединяющие соседние фотонные модули, обеспечивая эффективную оптическую связь. Изобретательские решения включают разработку оптической распределительной сети, которая выборочно соединяет различные фотонные модули, обеспечивая динамическую маршрутизацию данных и минимизируя задержку. Кроме того, использование оптических коммутаторов в сети повышает гибкость и масштабируемость системы, позволяя оптимизировать поток данных между модулями.

2.3 Ключевые решения правообладателей. Университеты и научные центры

Мэрилендский университет в Колледж-Парке

Флагманский университет системы University System of Maryland (USM), входит в топ-20 лучших государственных исследовательских университетов США по версии U.S. News & World Report.

Факультеты и школы: 13 школ, включая Инженерную школу им. Джеймса Кларка, Колледж компьютерных и математических наук, Школу бизнеса им. Роберта Х. Смита, а также специализированные центры вроде Joint Quantum Institute (JQI) и Quantum Materials Center.

Кампус: Крупный исследовательский комплекс с лабораториями, библиотеками и центрами инноваций, включая партнерства с NASA, NIH и другими федеральными агентствами.

Инновационные разработки и проекты в области квантовых и фотонных технологий:

1. Квантовые сети и коммуникации

- Проект MARQI (Mid-Atlantic Region Quantum Internet) – Университет Мэриленда активно работает над созданием квантового интернета, соединяющего квантовые узлы для безопасной передачи данных. Разработаны квантовые маршрутизаторы и модемы, способные работать с фотонными системами.

- Квантовая фотоника – Группа профессора Эдо Вакса (Edo Waks) исследует топологические фотонные структуры для создания устойчивых к помехам квантовых устройств. В 2024 году опубликованы работы по управлению электронами в графене с помощью закрученного света (орбитальный угловой момент), что открывает новые возможности для квантовых вычислений.

2. Квантовые вычисления и сенсорики

- Quantum Diamond Microscope (QDM) – разработан микроскоп на основе квантовых дефектов в алмазах для сверхчувствительного картографирования магнитных полей. Технология применяется в исследованиях материалов и медицине.

- Сотрудничество с IonQ – Университет совместно с компанией IonQ создал Национальную квантовую лабораторию

(QLab), где студенты и исследователи работают с реальными квантовыми компьютерами на ионных ловушках.

3. Фотонные технологии

- Интегрированная фотоника – лаборатория Photonics Research Laboratory под руководством Томаса Мерфи (Thomas E. Murphy) разрабатывает волноводы с низкими потерями и оптоэлектронные сенсоры для телекоммуникаций. В 2024 году представлены 3D-кулеры для криогенных приложений.

- Эксперименты с закрученным светом – исследователи из JQI доказали, что свет с орбитальным угловым моментом может управлять движением электронов в графене, что упрощает создание квантовых сенсоров. Результаты опубликованы в Nature Photonics.

3. Квантовые материалы

- Топологические материалы – Quantum Materials Center (QMC) синтезирует материалы с экзотическими свойствами, такими как сверхпроводимость и топологическая защита. В 2025 году планируется запуск программы по изучению 2D-материалов для квантовых симуляторов.

5. Образовательные инициативы

- Quantum Science and Engineering Minor – с 2025 года введена междисциплинарная программа для подготовки специалистов в области квантового hardware и software.

Примеры решений из портфеля университета в полученной коллекции:

US11816537 Отказоустойчивая масштабируемая модульная архитектура квантового компьютера с улучшенным управлением многомодовыми связями между захваченными ионными кубитами от 02-08-2013

Изобретение предлагает модульную архитектуру квантового компьютера, состоящую из модульных элементарных логических устройств (ЭЛУ), использующих стационарные кубитные ячейки памяти, такие как захваченные ионы и квантовые точки. Ключевые изобретательские решения включают использование управляемых взаимодействий между локальными кубитами внутри одного модуля для достижения высокоточных квантовых вентилей и вероятностного фотонного интерфейса для связи удаленных ЭЛУ. Эта архитектура

позволяет генерировать запутанность посредством фотонной интерференции, что критически важно для управления квантовыми вентилями между удаленными модулями. Кроме того, изоляция коммуникационных кубитов от кубитов памяти внутри каждого модуля ЭЛУ минимизирует перекрестные помехи, тем самым повышая общую производительность и масштабируемость квантовой системы.

US11328216 Узел квантовой сети и протоколы с несколькими видами кубитов от 07-11-2017

Изобретение предлагает метод, объединяющий два различных вида атомных ионов – $^{171}\text{Yb}^+$ для кубитов памяти и $^{138}\text{Ba}^+$ для кубитов связи – в одном квантовом сетевом узле. Эта конфигурация обеспечивает локальное запутывание посредством кулоновских взаимодействий, а также удалённое запутывание через фотонные каналы. Ключевые изобретательские решения включают использование различных частот электронных переходов между двумя видами, что гарантирует отсутствие помех со стороны кубитов связи и кубитов памяти. Система также включает методы когерентного отображения квантовых состояний и генерации фотонных кубитов, эффективно связывая кубиты связи и памяти, сохраняя необходимую изоляцию для оптимальной производительности.

US2025067929 (заявка) Системы, устройства и методы для генерации сильно закрученных состояний света из высококачественного факторно-кристаллического кольца от 25-08-2023

Изобретение предлагает новую систему, использующую факторное фотонно-кристаллическое кольцо (ФКР) для генерации сильно закрученных состояний света. Центральным элементом этой системы является микрорезонатор, работающий в режиме шепчущей галереи (ШГ), который соединён с источником света через волновод. Ключевые изобретательские решения включают модуляцию внутреннего радиуса ФКР и включение фотонно-кристаллической решётки, облегчающей взаимодействие ШГ по часовой стрелке и против часовой стрелки. Такая конфигурация

позволяет с высокой эффективностью испускать свет, несущий орбитальный угловой момент (ОУМ), что позволяет генерировать состояния ОУМ с угловым моментом до приблизительно 60.

Дьюкский университет

№6 среди национальных университетов США (U.S. News & World Report, 2024), №3 в мире по биомедицинским исследованиям, №20 в инженерных программах бакалавриата. Эндаумент – \$11.9 млрд (2024 г.), что обеспечивает финансирование передовых исследований и инфраструктуры. Имеет международные кампусы (например, Duke Kunshan University в Китае) и сотрудничает с ведущими вузами, включая Оксфорд и Национальный университет Сингапура).

Инновационные разработки и проекты в области квантовых и фотонных технологий:

1. Квантовые технологии

- Квантовый симулятор для изучения молекулярных взаимодействий (2023) – ученые использовали 5-ионный квантовый компьютер для моделирования динамики светочувствительных молекул. Это позволило впервые измерить «геометрическую фазу» – квантовый эффект, критический для фотосинтеза и фотокатализа. Результаты опубликованы в Nature Chemistry.

- Устойчивые к ошибкам квантовые компьютеры (2024) – исследователи Duke Quantum Center разработали логические кубиты, объединяющие несколько физических кубитов для коррекции ошибок. Технология повысила точность декодирования квантовых состояний на 40%.

2. Фотонные технологии

- Метаматериалы для квантовой обработки информации (2025) – команда под руководством Владимира Шалаева создала плазмонные метаповерхности, способные манипулировать светом на наноуровне. Разработка открывает путь к компактным фотонным процессорам.

- Мозговой имплант с фотонными сенсорами (2023) – инженеры и нейробиологи Duke разработали имплант размером с почтовую марку с 256 микроскопическими сенсорами. Устройство декодирует нейронные сигналы речевого центра мозга, преобразуя

их в речь со скоростью 78 слов/мин. Публикация в Nature Communications.

3. Междисциплинарные проекты

- Квантово-фотонный чип для связи (2024) – совместно с Университетом Иллинойса создан гибридный чип, объединяющий фотонные схемы и квантовые точки. Технология увеличила скорость передачи данных в 10 раз по сравнению с классическими аналогами

- Исследование фотонных кристаллов (2025) – Fitzpatrick Institute for Photonics опубликовал в Science работу по управлению светом в фотонных кристаллах с помощью искусственного интеллекта. Алгоритмы оптимизируют структуры кристаллов для применения в квантовых сенсорах.

Примеры решений из портфеля университета в полученной коллекции:

US12165007 (совместно с IonQ) Программно-определяемый квантовый компьютер от 28-11-2017

Изобретение предлагает подход, использующий язык описания аппаратуры (HDL) для динамического конфигурирования квантовых вычислительных ресурсов. Этот метод позволяет оперативно корректировать количество кубитов и их взаимосвязи, тем самым создавая гибкую архитектуру, адаптируемую к конкретным вычислительным потребностям. Ключевые изобретательские решения включают интеграцию блоков управления, которые получают программные инструкции и генерируют управляющие сигналы для управления операциями кубитов и их подключением. Кроме того, архитектура включает в себя несколько модулей, каждый из которых оснащен собственным блоком управления, и коммутатор/маршрутизатор для обеспечения связи между кубитами.

US11994666 (совместно с IonQ) Система управления углом и положением оптического луча от 14-07-2020

Предлагаемый метод включает в себя систему управления оптическим лучом, включающую телескоп, оснащенный несколькими поворотными зеркалами и линзами, предназначенными для направления входного оптического луча в выходной. Эта система

генерирует параллельные оптические лучи с помощью дифракционного оптического элемента. Интегрированная система детекторов контролирует угол и положение оптических лучей, генерируя сигналы обратной связи, которые корректируют ориентацию зеркал. Эта петля обратной связи позволяет осуществлять независимую или ортогональную регулировку угла и положения луча, обеспечивая точный контроль оптических лучей, направленных на кубиты.

US2023196158	(заявка)	Способ	генерации	n-частичных
запутывающих взаимодействий между кубитами от 29-11-2021				

Предлагаемый метод включает генерацию запутывающих взаимодействий между захваченными атомными ионными кубитами с помощью специально разработанного осциллятора, который управляет как переходами кубитов, так и их коллективным движением. Осциллятор генерирует двухтональное поле, настроенное на резонанс кубита: первые верхние боковые полосы, индуцированные движением, первые нижние боковые полосы, индуцированные движением, вторые верхние боковые полосы и вторые нижние боковые полосы, индуцированные движением. Ключевые изобретательские решения включают одновременное приложение сил смещения и сил сжатия кубита, которые критически важны для генерации желаемых запутывающих взаимодействий. Настраивая осциллятор на различные резонансные частоты и боковые полосы кубитов, метод позволяет точно управлять кубитами. Такой подход не только упрощает операции с вентилями, но и позволяет формировать семейства вентиляей, устойчивых к тепловому движению, что повышает общую производительность квантовой вычислительной системы.

Гарвардский университет (Гарвард-колледж)

Гарвардский университет (Harvard University), основанный в 1636 году, является старейшим высшим учебным заведением США и входит в престижную Лигу плюща. Расположен в Кембридже (штат Массачусетс), недалеко от Бостона. Университет включает 13 академических подразделений, включая Гарвардскую школу бизнеса, медицинскую и юридическую школы, а также Школу инженерии и прикладных наук (SEAS).

В рейтинге QS World University Rankings 2024 Гарвард занимает 4-е место в мире. Здесь обучается около 25 тыс. студентов, включая бакалавров, магистров и докторантов. Среди выпускников – 8 президентов США, 49 нобелевских лауреатов, основатели Microsoft и Facebook.

Инновационные разработки в области квантовых и фотонных технологий:

1. Квантовые технологии

- Квантовые ретрансляторы (2024) – ученые Гарварда разработали экспериментальную квантовую сеть с узлами на основе алмазов, способных хранить квантовые состояния. В ходе экспериментов удалось поддерживать запутанность между двумя узлами на расстоянии 35 км в течение 1 секунды.

- Логические кубиты и коррекция ошибок (2023) – совместно с компанией QuEra Computing исследователи реализовали алгоритмы на 48 логических кубитах с использованием нейтральных атомов.

- Квантовая память (2023) – в партнерстве с Amazon Web Services (AWS) Гарвард участвует в разработке квантовых сетей, включая создание устройств для хранения и передачи фотонов. Проект направлен на интеграцию квантовых компьютеров в облачные системы.

2. Фотонные технологии

- Чип для светового программирования (2024) – ученые SEAS создали фотонную платформу на основе ниобата лития, которая позволяет управлять частотой света и хранить его в интегральной схеме. Технология может применяться в квантовых коммуникациях и микроволновой фотонике.

- Каскадные интерферометры (2023) – разработаны компактные интерферометры, управляющие частотой,

интенсивностью и модой света в одном волноводе. Это упрощает создание оптических систем для квантовых вычислений и телекоммуникаций.

- Динамический контроль света (2022) – исследователи из SEAS представили метод управления направлением света с помощью пассивных дифракционных слоев, что снижает энергопотребление и упрощает интеграцию в сенсоры и системы связи.

Примеры решений из портфеля университета в полученной коллекции:

US11710579 (совместно с Калифорнийским технологическим институтом, Массачусетским технологическим институтом)
Квантовый процессор на нейтральных атомах от 13-07-2017

Изобретение предлагает метод, включающий формирование массива атомов в контролируемом состоянии с использованием дискретно регулируемых акустических тональных частот. Этот метод включает возбуждение кристалла для создания областей удержания отдельных атомов, что позволяет осуществлять прецизионный захват и манипулирование атомами. Ключевые изобретательские решения включают использование методов лазерной манипуляции для перевода атомов в ридберговские состояния и применение энергии фотонов посредством двухфотонных переходов. Метод также включает оптическую накачку в магнитном поле для подготовки атомов на определенных зеемановских подуровнях, что улучшает контроль над атомными состояниями. Регулируя расстояние между захваченными атомами посредством коррелированных акустических частот, изобретение обеспечивает эволюцию атомных состояний.

US2023194343 (заявка) Источник одиночных фотонов на основе интегрированной алмазной нанофотонной системы от 17-12-2021

Предлагаемый метод использует интегрированную алмазную нанофотонную систему с отрицательно заряженным центром кремниевой вакансии (SiV). Система предполагает оптическую накачку спина SiV для его инициализации, а затем когерентные

управляющие импульсы для генерации одиночных фотонов. Система обеспечивает возможность модулировать интенсивность и форму управляющего импульса, что позволяет генерировать сформированные во времени пакеты фотонных волн. Кроме того, конструкция включает асимметричный нанофотонный резонатор, оптимизирующий эффективность извлечения фотонов за счет балансировки добротности резонатора и затухания волновода, что повышает общие характеристики источника фотонов.

WO2025080292 (заявка, совместно с Калифорнийским университетом) Квантовый кросс-резонаторный спектрометр от 06-03-2023

Изобретение предлагает квантовый спектрометр, включающий два пересекающихся электромагнитных резонатора, которые определяют область пересечения для размещения образца. Метод включает генерацию сигналов электромагнитного источника и их преобразование посредством серии входных и выходных этапов, применяя заданные амплитудные соотношения и фазовые сдвиги как к входным, так и к выходным сигналам. Изобретательские решения включают систематическое преобразование сигналов и использование нескольких детекторов для сбора комплексных данных, что в конечном итоге приводит к расчету как действительной, так и мнимой составляющих показателя преломления образца.

Университет науки и технологий Китая (USTC)

Входит в престижную Лигу C9 (аналог американской Ivy League), является ключевым университетом Китайской академии наук (CAS). Занимает 53-е место в мире по версии Times Higher Education (THE) в 2025 году, 40-е место в Academic Ranking of World Universities (ARWU, 2024), 93-е место в QS World University Rankings (2022).

Инновационные разработки в области квантовых и фотонных технологий

1. Квантовый процессор Zuchongzhi-3

Сверхпроводящий квантовый процессор с 105 кубитами и 182 соединителями, превосходящий, как заявляется, Google Sycamore в 1 млн раз по скорости выполнения задач.

Реализована 32-слойная выборка случайных квантовых схем с 83 кубитами, что на 15 порядков быстрее классических суперкомпьютеров. Точность операций: 99,90% для однокубитных и 99,62% для двухкубитных вентилей.

2. Фотонный квантовый процессор Jiuzhang

Фотонный симулятор с 255 фотонами, демонстрирующий квантовое превосходство. Обеспечивает решение задач, недоступных классическим компьютерам, с превосходством в 10^{16} раз, например, при моделировании сложных систем, включая нанотрубки и цепочки атомов.

Примеры решений из портфеля университета в полученной коллекции:

CN111970110 Квантовая система распределения ключей от 17-08-2020

Система распределения квантового ключа содержит передающую сторону и принимающую сторону; передающая сторона содержит: модуль передачи квантового света, используемый для подготовки сигналов квантового состояния; первый модуль отправки лазерной связи используется для кодирования исходной синхронной информации, подлежащей передаче, в первый лазерный сигнал; первый мультиплексор с разделением по длине волны используется для объединения сигнала квантового состояния и первого лазерного сигнала, а затем отправки объединенного сигнала квантового состояния и первого лазерного сигнала принимающей стороне; первый модуль приема лазерной связи используется для приема второго лазерного сигнала, отправленного принимающей стороной, и осуществления слежения и нацеливания принимающей стороны в соответствии со вторым лазерным сигналом; принимающая сторона содержит: второй мультиплексор с разделением по длине волны используется для разделения сигнала квантового состояния и первого лазерного сигнала из объединенного сигнала; модуль приема квантового света используется для приема и детектирования сигналов квантового состояния; второй модуль приема лазерной

связи используется для декодирования исходной синхронной информации из первого лазерного сигнала и осуществления слежения и нацеливания совместно с передающей стороной в соответствии с первым лазерным сигналом; и второй модуль передачи лазерной связи используется для передачи второго лазерного сигнала.

CN114444703 Метод управления частотой квантового бита от 25-09-2020

Изобретение предлагает способ управления частотой кубита, в котором сверхпроводящая кубитная система снабжена рабочей частотой кубита для реализации высококачественного вентиля CZ переменного тока. Сверхпроводящая кубитная система включает в себя множество кубитов и квантовый соединительный блок, расположенный между соседними кубитами. Способ управления частотой кубита включает в себя: получение параметров структуры энергетических уровней сверхпроводящих квантовых битов в соответствии с форматной информацией квантовых битов; построение оценочной функции через параметры структуры энергетических уровней для количественной оценки преимуществ и недостатков схемы расположения энергетических уровней квантовых битов во время многобитового расширения; и определение рабочей частоты битов, избегая частотных столкновений в соответствии с оценочной функцией.

CN114429215 Метод реализации двухбитового квантового вентиля на основе сверхпроводящего квантового ответвителя от 29-01-2022

Изобретение предлагает способ реализации двухбитового квантового вентиля на основе сверхпроводящего квантового ответвителя, причем сверхпроводящий квантовый ответвитель включает в себя два кубита и квантовый соединительный блок, расположенный между двумя кубитами, причем способ включает: улучшение силы прямой связи между двумя кубитами; улучшение максимальной собственной частоты квантового соединительного блока; регулировку параметров схемы квантового соединительного блока для обеспечения того, чтобы частота и частота квантового

бита всегда поддерживались выше установленной величины расстройки; путем подачи импульса тока на квантовый соединительный блок реализуется двухбитовый квантовый вентиль.

3 ПРОГНОЗЫ

Опираясь на полученные данные, можно сделать ряд предположений о возможных направлениях дальнейшего развития предметной области квантовых и фотонных технологий:

1. Положительная динамика роста ежегодного количества подаваемых заявок, нахождение более половины патентных семейств на стадии рассмотрения на момент подготовки настоящего ландшафта и продолжительный средний срок их одобрения в странах-лидерах в данной технологической области позволяют утверждать, что в ближайшие годы можно ожидать роста количества решений, которым будет предоставлена патентная охрана. В ближайшую декаду сохранится доминирование Китая по количеству заявок, однако США будут удерживать лидерство в части качества патентных портфелей и их цитируемости. Такая двойная структура конкурентного поля будет определять глобальную динамику в области квантовых и фотонных технологий.

2. Малая доля оспоренных и неподдерживаемых патентов свидетельствует о потенциальном коммерческом успехе изобретений в области квантовых и фотонных технологий и активном развитии патентного поля.

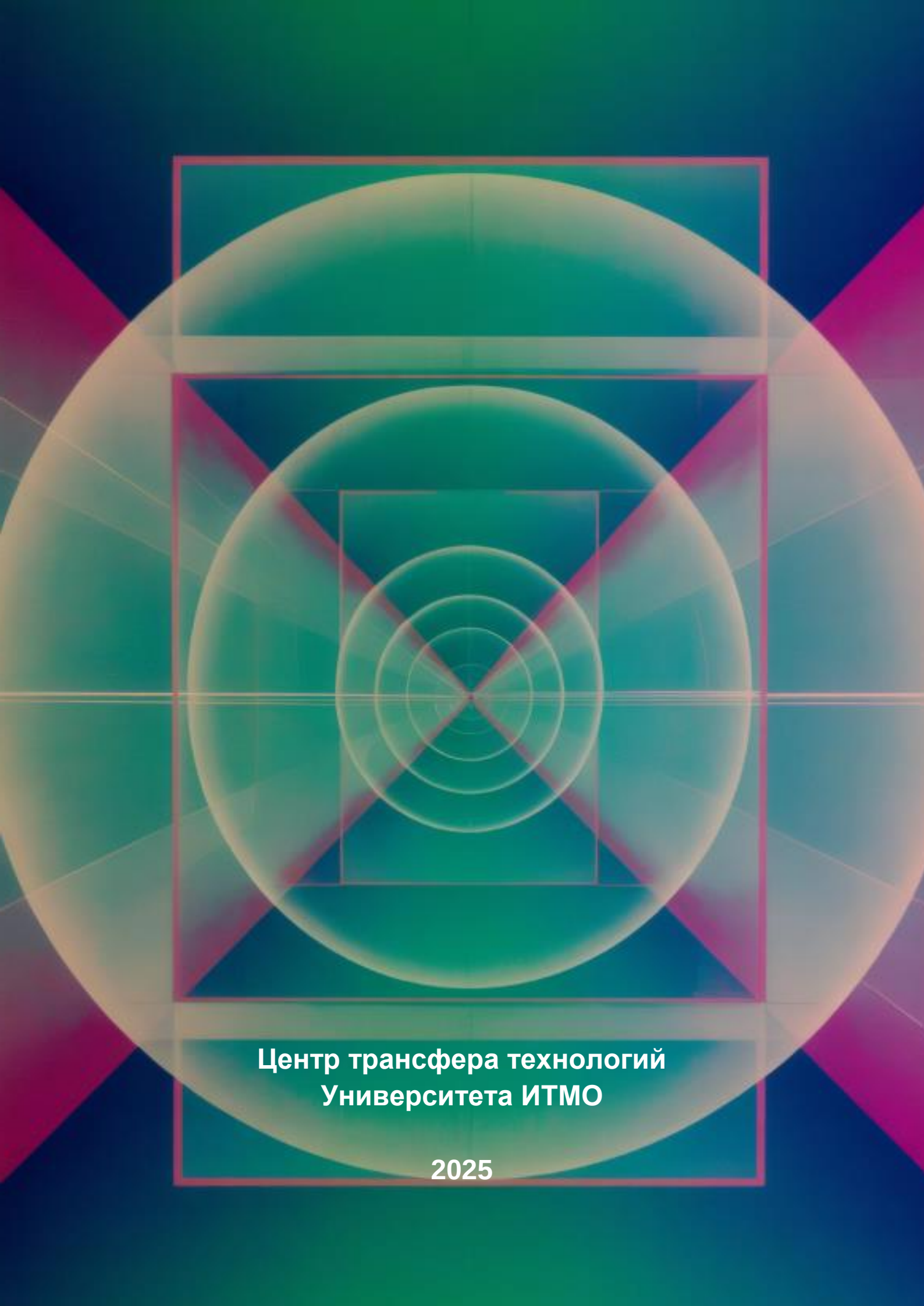
3. Наиболее динамично развивающимися направлениями можно назвать квантовые вычисления и квантовые коммуникации, в том числе алгоритмы квантового шифрования.

4. Активно идет процесс разработки масштабируемых квантовых вычислительных систем и интегрируемых решений, объединяющих традиционные программно-аппаратные архитектуры с квантовыми или фотонными. Кремниевая фотоника и гибридные фотонно-электронные чипы будут постепенно внедряться в массовое производство для задач телекоммуникаций, дата-центров и суперкомпьютеров.

5. Можно ожидать появления решений на стыке квантовых вычислений и AI/ML, что будет способствовать развитию гибридных вычислительных архитектур и ускорению обучения больших моделей.

6. Квантовое распределение ключей (QKD) и протоколы квантового шифрования будут находить всё большее применение в банковском секторе, госсекторе и в критической инфраструктуре.

7. В ближайшие годы можно ожидать усиление тенденции к стратегическим альянсам между крупными корпорациями, стартапами и научными организациями. Причины консолидации связаны с необходимостью сокращения издержек, объединения уникальных компетенций и ускорения коммерциализации технологий. При этом существует вероятность, что университеты смогут перехватить ведущую роль в отдельных сегментах. Например, IonQ — один из лидеров отрасли — имеет значительное количество совместных патентов с университетами, в частности с Мэрилендским университетом и Дьюкским университетом. Ещё один пример — сотрудничество Huawei и Университета науки и технологий Китая (USTC), которые активно разрабатывают решения в области квантовых коммуникаций и фотонных технологий. Это свидетельствует о потенциале академического сектора становиться инициатором прорывных решений, вокруг которых будут формироваться стартапы и промышленные консорциумы. В перспективе 5–10 лет можно ожидать смещения баланса в сторону академически ориентированных альянсов, где университеты займут позицию технологических лидеров, а корпорации будут выступать интеграторами и инвесторами.



Центр трансфера технологий
Университета ИТМО

2025