Приложение 1

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОТЧЕТ о деятельности OpenLab «Мессбауэровская оптика»

Научный руководитель
Ученое звание, с.н.с.
Ученая степень, к.ф.м.н. _____ Вагизов Ф.Г.
подпись, дата

Руководитель приоритетного направления
Ученое звание, проф.
Ученая степень, д.ф.м.н. _____ Таюрский Д.А.
подпись, дата

Казань 2015

2. Название лаборатории, дата создания (с указанием реквизитов приказа по КФУ). Сведения о научном руководителе лаборатории (ученая степень, ученое звание, основное место работы, контактный телефон, e-mail).

НИЛ «Мессбауэровская оптика» (Проект «Мессбауэр») была создана по приказу ректора КФУ №01-06/308 от 24.03.2014 г. Исполняющим обязанности руководителя Проекта назначен Вагизов Фарит Габдулхакович (к.ф.м.н., с.н.с.) доцент каф. ФТТ Института физики (раб. тел. 233 7468, сот. +7 917 897 4986, e-mail: vagizov@hotmail.com). В 2015 году по приказу ректора КФУ №01-06/398 от 12.05.2015 г было утверждено дальнейшее финансирование НИЛ «Мессбауэровская оптика» на 2015 год.

3. Место расположения лаборатории (институт/факультет, адрес, контактный телефон, e-mail).

НИЛ «Мессбауэровская оптика» расположена в здании Лаборатории ядерной физики каф. ФТТ Института физики КФУ по адресу: ул Кремлевская , д.18, 420008, Казань (тел. +7 843 233 7468, e-mail: vagizov@hotmail.com).

4. Приоритетное направление ППК. основные направления работы лаборатории, проекты НИР, выполняемые в лаборатории в 2014-2015 гг.

Научно-исследовательская деятельность НИЛ «Мессбауэровская оптика» проводится в рамках приоритетного направления «Перспективные материалы» и включает в себя следующие основные направления работы:
- экспериментальные мессбауэровские исследования перспективных материалов, как объемных, так и тонкопленочных структур, синтезированных с помощью эпитаксии, вакуумного термического и магнетронного напыления для приложений в направлениях приоритетного развития науки, технологий и техники исследований (наноматериалы, спинтроника и др.);
- мессбауэровские исследования наноструктурированных материалов, сформированных методами ионно-лучевого распыления и имплантации, а также объектов/образцов, интересных с точки зрения геофизических приложений;
- теоретические и экспериментальные исследования по разработке методов управления носителями квантовой информации – фотонами, и проведение поисковых исследований по передачи квантовой информации;
- развитие методов спектроскопии сверхвысокого разрешения на мессбауэровских переходах;

- развитие методов использования когерентных эффектов в гамма-диапазоне с целью повышения информативности гамма-резонансных исследований перспективных материалов.

В течение 2014-2015 гг сотрудниками НИЛ «Мессбауэровская оптика» были выполнены и выполняются следующие проекты НИР:

- Разработка методов управления спектрально-временными характеристиками гамма фотонов в целях развития прецизионной ядерной спектроскопии и квантовой гамма-оптики, РФФИ № 14 32 50091 мол_нр; рег. номер ЦИТИС № 114072270141;
- Развитие методов спектроскопии сверхвысокого разрешения, РФФИ № 15 02 09039 а, рег. номер ЦИТИС № 115013010221;
- Преобразование гамма фотонов в последовательность ультракоротких импульсов в целях лабораторной реализации резонансной ядерной спектроскопии с временным разрешением, РФФИ № 15 32 50765 мол_нр; рег. номер ЦИТИС № 115062970063;
- Мессбауэровские процессы во внешних полях: механизмы получения дополнительной информации, РФФИ № 14 02 01078 а, рег. номер ЦИТИС № 01201451560;
- Развитие методов управления однофотонным излучением с помощью резонансных поглотителей и создание на их основе новых принципов прецизионных измерений и стандартов для метрологии, РФФИ № 12 02 00263 а, рег. номер ЦИТИС № 01201262559.

5. Кадровый состав (для каждого сотрудника OpenLab): ФИО. уч. степень, уч. звание, дата рождения, должность в лаборатории, должность по основному месту работы. Необходимо указывать не только ученых КФУ, но и приглашенных ведущих российских и зарубежных ученых, принимающих участие в выполнении НИР.

Кадровый состав НИЛ «Мессбауэровская оптика» состоит из следующих сотрудников:

(сотрудники/студенты КФУ)

1) Вагизов Фарит Габдулхакович, к.ф.м.н., с.н.с., 02.02.1953, руководитель НИЛ «Мессбауэровская оптика» на должности с.н.с., доцент каф. ФТТ Института физики КФУ, индекс Хирша –11 (WoS и Scopus);
2) Нурмехамитов Рамиль Нургалиевич, б/ст., б/зв., 18.12.1990, стажер-исследователь, аспирант Института физики КФУ;
3) Зиннатуллин Алмаз Линарович, б/ст., б/зв., 23.06.1995, лаборант-исследователь, студент Института физики КФУ;

(внешние сотрудники)

5) Шахмуратов Рустэм Назимович д.ф.м.н., с.н.с., 26.09.1952, на должности с.н.с., в.н.с. КФТИ КНЦ РАН, индекс Хирша –9 (Scopus);
6) Радионычев Евгений Витальевич, к.ф.м.н., с.н.с., 19.06.1966, на должности с.н.с., в.н.с. Института прикладной физики РАН (Нижний Новгород), индекс Хирша –9 (Scopus);
7) Юричук Александр Александрович, к.ф.м.н., б/зв., 18.06.1975, на должности н.с., вед. специалист ЗАО "СИА Интернейшнл-Казань, индекс Хирша – 1 (Scopus);
8) Антонов Владимир Андреевич, к.ф.м.н., б/зв., 13.07.1985, на должности н.с., н.с. Института прикладной физики РАН (Нижний Новгород), индекс Хирша –3 (Scopus).

6. Перечень дорогостоящего научного оборудования (стоимость более 500 тысяч рублей), имеющегося в OpenLab (с указанием года приобретения).

1) Система многофункциональная мессбауэровская для проведения исследований при низких и высоких температурах в сильных магнитных полях и высоких давлениях (изготовитель - Wissel, Germany), дата поставки - 30.11.2011, стоимость – 17 млн. руб.
2) Мессбауэровский спектрометр (изготовитель - Институт аналитического приборостроения РАН, г. Санкт-Петербург), дата поставки - 20.04.2011, стоимость – 1.425 млн. руб.

7. Научные партнеры OpenLab (из РФ и других стран) с указанием названий вузов, организаций, предприятий, фирм.

Научные партнеры НИЛ «Мессбауэровская оптика» :

- Казанский физико-технический институт КНЦ РАН, Казань;
- Texas A&M University, Texas, USA;
- Института прикладной физики РАН, Нижний Новгород,
- Европейский центр синхротронного излучения, Гренобль, Франция,
- Технологический институт в Гебзе (Gebze Institute of Technology, Turkey).

8. Стажировки сотрудников Open Lab в российских и зарубежных научных организациях и вузах за 2014-2015 гг. (с указанием организации, сроков и типа прохождения стажировки)

- Стажировка с.н.с. НИЛ «Мессбауэровская оптика» Вагизова Ф.Г. в Европейским центре синхротронного излучения (Гренобль, Франция) с 28 апреля по 7 мая 2015 г. (совместные исследования)
- Командировка с.н.с. НИЛ «Мессбауэровская оптика» Вагизова Ф.Г. в Texas A&M University с 4 декабря 2014 по 16 февраля 2015 г. (совместные исследования)

9. Подготовка кадров высшей квалификации (аспирантура и докторантура) на базе OpenLab в 2014-2015 гг.

На базе НИЛ «Мессбауэровская оптика» проводились экспериментальные исследования по теме диссертационной работы аспиранта каф. ФТТ Института физики – стажера-исследователя НИЛ «Мессбауэровская оптика» Нурмехамитова Р.Р. (2014-2017)

10. Научные отчеты по проектам НИР, выполняемых в OpenLab в 2014 и 2015 гг. (в соответствии с регистрационными документами ЦИТИС): № гос. регистрации темы НИР, научный отчет по теме.

- Научный отчет по проекту РФФИ № 14 02 01078 а (Государственный регистрационный номер в ЦИТИС № 01201451560) «Мессбауэровские процессы во внешних полях: механизмы получения дополнительной информации» (https://kias.rfbr.ru/Report.aspx?id=11152117);

Аннотация

Аналитически установлен закон сохранения мессбауэровского интегрального поглощения в режиме синфазных колебаний ядер в толстом поглотителе (независимость интегрального поглощения от индекса модуляции для данной толщины поглотителя). Проведены измерения временных мессбауэровских спектров (с внешней меткой времени) на Fe-57 в MgO в режиме воздействия на образец импульсным лазерным излучением. Продемонстрирована (впервые) применимость таких измерений для исследования оптико-акустических явлений, вызванных лазерным излучением. Показана уникальная возможность данного метода по определению амплитуд гармоник индуцированного лазером звука. Разработана модель формирования мессбауэровского отклика системы (спектры рассеяния вперед, спектры поглощения), явно учитывающая степень корреляции фаз колебаний ядер (или РЧ переключений поля на ядрах), инициируемых в образце внешними полями. В рамках этой модели получила адекватное объяснение температурная зависимость формы частотных мессбауэровских спектров рассеяния вперед (РВ) на борате железа, измеренных в режиме РЧ перемагничивания в области температур ниже точки Нееля. Проведе-

ны модельные расчеты временных (с внутренней меткой) мессбауэровских спектров РВ на магнитном поглотителе в режиме РЧ перемагничивания. Получены закономерности в структуре спектров РВ, зависящие от эффективной толщины мишени, от степени корреляции РЧ переключений поля на ядрах, от значения фазы РЧ поля, используемой в качестве внешней метки. Результаты показывают возможность получения таким методом дополнительной информации о материалах и позволяют судить о возможности функционального использования контролируемой извне структуры фотонного поля.

- Научный отчет по проекту РФФИ № 14 32 50091 мол_нр (Государственный регистрационный номер в ЦИТИС № 114072270141) «Разработка методов управления спектрально-временными характеристиками гамма фотонов в целях развития прецизионной ядерной спектроскопии и квантовой гамма-оптики» (https://kias.rfbr.ru/Report.aspx?id=11908219);

Аннотация

В ходе выполнения проекта определены оптимальные условия формирования импульсов гамма-излучения с максимальной пиковой интенсивностью и минимальной длительностью при резонансном взаимодействии излучения мёссбауэровского источника с оптически толстым осциллирующим ядерным поглотителем. Аналитически и численно показано, что при относительно малых значениях оптической толщины поглотителя оптимальным является режим формирования импульсов, реализованный в [F. Vagizov, V. Antonov, Y. V. Radeonychev, R. N. Shakhmuratov, O. Kocharovskaya, Coherent control of the waveforms of recoilless gamma-ray photons // Nature 508, 80–83 (2014).]. Показано, что в зависимости от выбранного режима преобразования гамма-излучения, формируемые импульсы могут быть использованы для прецизионной время-разрешённой мёссбауэровской спектроскопии. В определённой степени они являются более подходящими для исследования временной динамики резонансного ядерного отклика по сравнению с импульсами синхротронного излучения, т.к. обладают более узкополосным спектром в окрестности резонанса, что позволяет эффективнее возбуждать резонансный отклик исследуемой системы и увеличить отношение сигнал (резонансно рассеянное излучение) / шум (нерезонансные составляющие падающего излучения). Проведены исследования оптимальных условий преобразования одиночных гамма-фотонов во временные кубиты и кутриты (квантовые биты и квантовые триты, двухпиковые и трёхпиковые волновые формы) на основе взаимодействия излучения мёссбауэровского источника с осциллирующим резонансным ядерным поглотителем. Установлено, что оптимальными при этом являются частоты вибрации, существенно превышающие ширины спектральных линий источника и поглотителя, при которых существенным является взаимодействие с поглотителем одной лишь резонансной компоненты спектра падающего фотона. Возможность

формирования последовательности кубитов, кутритов или, в общем случае, кудитов (d-размерных квантовых состояний) возникает благодаря интерференции частотно модулированного излучения падающего фотона с резонансно рассеянным (ядрами поглотителя) излучением m-ой компоненты его спектра. При этом условия конструктивной интерференции, соответствующей формированию импульсов во временной зависимости интенсивности выходного излучения, реализуются тем чаще, чем больше величина m, - отстройка частоты резонансной компоненты спектра падающего фотона от центральной частоты источника, отнесённая к частоте вибрации. Изменение отстройки частоты источника относительно частоты поглотителя на величину, кратную частоте вибрации, позволяет управлять числом сгруппированных в пачки импульсов. Показано, что изменение частоты вибрации позволяет управлять временным интервалом между пачками импульсов и длительностью каждого из импульсов в пачке. Изменение амплитуды вибрации и оптической толщины поглотителя позволяет управлять амплитудой и формой импульсов.

Перенос концепций квантовой оптики из диапазонов видимого, инфракрасного и микроволнового излучения в гамма-диапазон может потенциально позволить (а) существенно расширить спектральную полосу информационного канала и увеличить скорость передачи информации, (б) устранить информационные помехи, связанные с нежелательным взаимодействием фотонов с электронными переходами в атомах и (в) осуществить передачу квантовой информации через непрозрачные в оптическом и радиочастотном диапазоне среды.

- Научный отчет по проекту РФФИ № 12 02 00263 а (Государственный регистрационный номер в ЦИТИС № 01201451560) «Развитие методов управления однофотонным излучением с помощью резонансных поглотителей и создание на их основе новых принципов прецизионных измерений и стандартов для метрологии» (http://grant.rfbr.ru/project_info.asp).

Аннотация

Предложен и экспериментально продемонстрирован новый метод преобразования однофотонного волнового пакета в последовательность групп коротких импульсов с контролируемой длительностью, временем появления и количеством импульсов в каждой группе. Метод основан на пропускании фотона через оптически толстый резонансный поглотитель, подвергающийся механическим колебаниям как единого целого с частотой, существенно превышающей ширину одиночной резонансной линии поглотителя. В его движущейся системе координат спектр квазимонохроматического однофотонного излучения превращается в частотную гребенку с периодом равным частоте колебаний. Если настроить частоту m-той компоненты гребенки в резонанс с поглотителем, то на его выходе излучение преобразуется в серию импульсов, собранных в группы. Число импульсов в группе равно номеру компоненты гре-

бенки (m), настроенной в резонанс с поглотителем. Группы импульсов разделены темными окнами, длительность которых равна длительности группы. Предложенный метод продемонстрирован на примере одиночных гамма-фотонов с энергией 14,4 кэВ. Метод может оказаться полезным в квантовой информатике для создания временных кудитов (кубитов, куквартов и т.д.).

Исследовано распространение однофотонного излучения в протяженной резонансной среде. Обнаружено, что в ней формируются слои, в которых фазы волн когерентности состояний резонансных частиц противоположны. Это приводит к установлению субизлучательного состояния, которое характеризуется пленением возбуждения в среде. Предложен метод преобразования субизлучательного состояния в сверхизлучательное состояние, которое проявляется в излучении короткого импульса большой пиковой интенсивности. В этом методе среду нужно физически разделить на слои в соответствии с распределением когерентности так, что в каждом слое когерентность имеет одну и ту же фазу. В гамма диапазоне частот смещение нечетных слоев на полдлины волны переводит субизлучательное состояние в сверхизлучательное. Нами это явление экспериментально наблюдалось в слоистых поглотителях, содержащих мессбауэровские ядра ^{57}Fe. В оптическом диапазоне частот предложено поместить фазовые модуляторы перед каждым слоем (включая первый), которые создают фазовый сдвиг падающего излучения на 180 градусов в момент времени, когда в каждом слое формируется когерентность с единой фазой, а когерентности соседних слоёв имеют противоположные фазы. Такое быстрое сфазирование тоже приводит к формированию сверхизлучения.

Теоретически и экспериментально исследованы частотные и временные спектры излучения, прошедшего через резонансный поглотитель, который колеблется как единое целое воль направления распространения излучения. Колебания образца возбуждались как на больших частотах, существенно превышающих ширину линии резонансного поглощения, так и на малых частотах намного меньших ширины линии. Наши исследования показали, что колебание частиц поглотителя когерентно. Предложен и экспериментально опробован метод определения сверхмалых смещений из анализа временных спектров прошедшего через образец излучения. Кроме того, этот метод позволил определить частоту колебаний даже в том случае, когда она в несколько раз меньше ширины линии, что в принципе невозможно сделать из анализа частотных спектров.

11. Сборник важнейших достижений OpenLab в 2014-2015 гг. в соответствии с приложением 2:
- в области фундаментальных исследований;
- в области прикладных и поисковых исследований.

12. Список публикаций OpenLab за 2014-2015 г. (с полным библиографическим описанием):
- проиндексированных в БД Web of Science - 13;
- проиндексированных в БД Scopus - 15;
- проиндексированных в РИНЦ (ВАК) .

Список публикаций сотрудников НИЛ "Мессбауэровская оптика", опубликованных по состоянию за 2014-2015 гг. в журналах, индексируемых в базах данных WoS и Scopus

№ п/п	Уникальная ссылка на статью в БД WoS/Scopus	Наименование журнала, год выхода, номер выпуска страницы	Наименование статьи	Автор/соавторы
2014 г.				
1	http://www.nature.com/nature/journal/v508/n7494/full/nature13018.html	Nature. – 2014. - Vol. 508, Issue 1, pages 80-83	Coherent control of the waveforms of recoilless γ-ray photons **WoS /Scopus**	Vagizov, F., Antonov, V., Radeonychev, Y.V., Shakhmuratov, R.N., Kocharovskaya, O.
2	http://journals.aps.org/pra/abstract/10.1103/PhysRevA.90.013819	Phys. Rev. A. – 2014. - Vol. 90, Issue 1, Article number 013819	Transformation of subradiant states to superradiant states in a thick resonant medium. **WoS /Scopus**	Shakhmuratov, R.N.
3	http://link.springer.com/article/10.1134%2FS0021364014030138	JETP Letters. – 2014. – Vol. 99, Issue 3, pages 174-178	Thickness effect for Mössbauer samples excited by an alternating field **WoS/ Scopus**	Sadykov, E.K. , Yurichuk, A.A.
4	http://link.springer.com/article/10.3103%2FS1062873814030174	Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2014. – Vol. 78, Issue 3, pages 199-202	Formation of regular pulses with high peak intensity from a random flow of gamma quanta **Scopus**	Shakhmuratov, R.N., Vagizov, F.G., Kocharovskaya, O.A.
5	http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10751-013-0989-0	Hyperfine Interactions. – 2014. – Vol. 226, No. 1-3, P.701-711	Radiofrequency forward Mössbauer scattering method in study of magnetic materials **WoS/ Scopus**	Sadykov, E.K. Petrov, G.I. Arinin, V.V. Vagizov, F.G.

6	http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10751-013-0980-9	Hyperfine Interactions. – 2014. - V.226, No.1-3. – P.51-55.	Application of ^{57}Fe Mössbauer and $^{63,65}Cu$ NQR spectroscopy as the tools for mining exploration of bornite (Cu_5FeS_4) copper ore. **WoS / Scopus**	R.R. Gainov F.G. Vagizov V.A.Golovanevski V.A. Ksenofontov G. Klingelhöfer V.V. Klekovkina T.G. Shumilova I.N. Pen'kov
2015 г.				
7	http://journals.aps.org/pra/abstract/10.1103/PhysRevA.92.023841	Phys. Rev. A – 2015. - Vol.92, - P. 023841	Gamma-ray-pulse formation in a vibrating recoilless resonant absorber **WoS /Scopus**	V. A. Antonov, Y. V. Radeonychev, O. Kocharovskaya
8	http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304885314003965	Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2015. – V.373. – P.83-85	Formation of different magnetic phases and high Curie temperature ferromagnetism in Fe57-implanted ZnO film **WoS / Scopus**	M. Öztürk, E. Demirci, O. Gürbüz, S. Güner, V. Valeev, F. Vagizov, R. Khaibullin, N. Akdoğan
9	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pssb.201451391/pdf	Phys. Status Solidi B, - 2015. – V.252, No. 3, - P.469–475	Application of the Mössbauer effect to the study of opto-acoustic phenomena **WoS /Scopus**	Vagizov, F. Shakhmuratov, R. Sadykov E.
10	http://link.springer.com/article/10.3103%2FS1062873815080298	Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics, - 2015, - Vol. 79, No. 8, pp. 951–954.	Coherent Methods for Controlling Mossbauer Photons **Scopus**	Vagizov F. G., Shakhmuratov R. N., Nurmekhamitov R.N. Kocharovskaya O. A.
11	http://link.springer.com/article/10.1134/S002136401514009X	JETP Lett. – 2015. - V. 102, No. - P.125-130.	Mossbauer Forward Scattering: Single-Photon Response of Thick Absorbers in an Alternating Field **WoS /Scopus**	Sadykov E.K., Yurichuk A.A., Vagizov F.G.
12	http://journals.aps.org/pra/abstract/10.1103/PhysRevA.91.023830	Phys. Rev. A. – 2015.- Vol. 91, Issue 2, Article number 023830	Attosecond pulse formation via switching of resonant interaction by tunnel ionization **WoS /Scopus**	V. A. Antonov, T. Akhmedzhanov, Y. V. Radeonychev, O. Kocharovskaya
13	http://journals.ap	Phys. Rev. A. –	Transformation of a single-	R. N. Shakhmuratov,

	s.org/pra/abstract/10.1103/PhysRevA.92.023836	2015. - V. 92. – c. 023836-15.	photon field into bunches of pulses. **WoS /Scopus**	F. G. Vagizov, V. A. Antonov, Y. V. Radeonychev, M.O. Scully, O. Kocharovskaya
14		Phys. Rev. A. – 2015. - V. 92. No.3. – P.???? (accepted)	Conversion of recoilless gamma -radiation into a periodic sequence of ultrashort intense pulses in a set of several sequentially placed resonant absorbers. **WoS /Scopus**	Y. V. Radeonychev, V. A. Antonov, F. G. Vagizov, R. N. Shakhmuratov O. A. Kocharovskaya
15	http://www.ingentaconnect.com/content/schweiz/ejm/2015/00000027/00000003/art00014?token=00491184a7b76504c486667255c3a446c5f31514d556a332b257d7241255e4e6b63312ca5	European Journal of Mineralogy. – 2015. – V.27, No.3. – P.417-426	Ferro-pedrizite, NLi2(Fe2+2Al2Li)Si8O22(OH)2, a new mineral of the amphibole supergroup from the Sutlug pegmatite occurrence, Tuva Republic, Russia **WoS**	Konovalenko S.I., Ananyev S.A., Chukanov N.V., Rastsvetaeva R.K., Aksenov S.M., Bakhtin A.I., Nikolaev A.G., Gainov R.R, Vagizov F.G., Sapozhnikov A.N., Belakovskiy D.I., Bychkova I.V., Klingelhoefer G., Blumers M.
16	http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00269-015-0766-5	Physics and Chemistry of Minerals. – 2015. – DOI: 10.1007/s00269-015-0766-5 (Article in press, but available online)	A new mineral species rossovskyite, $(Fe^{3+},Ta)(Nb,Ti)O4$: crystal chemistry and physical properties **Scopus**	Konovalenko, S.I. Ananyev, S.A. Chukanov, N.V. Rastsvetaeva, R.K. Aksenov, S.M. Baeva, A.A. Gainov, R.R. Vagizov, F.G. Lopatin, O.N. Nebera, T.S.
Статьи, посланные в печать				
17		Hyperfine Interactions.– (2015). -	Mossbauer Forward Scattering: Time-Domain Spectra	E.K.Sadykov, A.A.Yurichuk, R.R Gainov F.G.Vagizov

Приложение 2

I. Сведения о наиболее значимых научных результатах НИР OpenLab НИЛ «Мессбауэровская оптика»

1. Наименование результата:

Когерентный контроль формы безотдачных гамма-фотонов, распространяющихся в резонансной среде

2. Результат научных исследований и разработок (выбрать один из п. 2.1 или п. 2.2)

2.1. Результат фундаментальных научных исследований	
- теория	
- метод	+
- гипотеза	
- другое (расшифровать):	

2.2. Результат прикладных научных исследований и экспериментальных разработок	
- методика, алгоритм	
- технология	
- устройство, установка, прибор, механизм	
- вещество, материал, продукт	
- штаммы микроорганизмов, культуры клеток	
- система (управления, регулирования, контроля, проектирования, информационная)	
- программное средство, база данных	
- другое (расшифровать):	

3. Результат получен в Приоритетном направлении развития науки, технологий и техники в Российской Федерации:

- Безопасность и противодействие терроризму	+
- Индустрия наносистем	+
- Информационно-телекоммуникационные системы	+
- Науки о жизни	
- Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники	
- Рациональное природопользование	
- Транспортные и космические системы	
- Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика	

4. Коды ГРНТИ: 29.15.35; 29.29.39;

5. Назначение:

Новый метод контроля формы волны одиночного фотона в гамма-диапазоне длин волн, кодирование информации, передаваемой одиночными фотонами

6. Описание, характеристики:

Однофотонные источники света в видимом диапазоне длин волн уникальны, чрезвычайно дороги, поэтому имеются только в нескольких лабораториях в мире. Одиночные гамма-фотоны рождаются естественным образом в результате радиоактивного распада ядер, их источники доступны и недороги. При распространении одиночного гамма-фотона в резонансной среде он поглощается и переизлучается. Экспериментально показано, что даже слабое внешнее воздействие на среду распространения оказывает сильное влияние на свойства гамма-фотона. В частности, воздействием ультразвука на резонансную среду можно расщепить волновой пакет фотона, распространяющейся в средк, на несколько пиков, число и расстояние между которыми контролируется внешним воздействием. Этот метод может быть использован для кодирования квантовой информации в виде кубитов временной выборки (time-bin qubits). Полученные экспериментальные результаты открывают новое направление квантовой информатики, основанное на ядерных процессах.

7. Преимущества перед известными аналогами:

Аналогов нет

8. Область(и) применения:

Квантовая информатика

Приложение 2

I. Сведения о наиболее значимых научных результатах НИР OpenLab НИЛ «Мессбауэровская оптика»

1. Наименование результата:
Гамма-резонансный метод изучения опто-акустических явлений

2. Результат научных исследований и разработок (выбрать один из п. 2.1 или п. 2.2)

2.1. Результат фундаментальных научных исследований	
- теория	
- метод	+
- гипотеза	
- другое (расшифровать):	

2.2. Результат прикладных научных исследований и экспериментальных разработок	
- методика, алгоритм	
- технология	
- устройство, установка, прибор, механизм	
- вещество, материал, продукт	
- штаммы микроорганизмов, культуры клеток	
- система (управления, регулирования, контроля, проектирования, информационная)	
- программное средство, база данных	
- другое (расшифровать):	

3. Результат получен в Приоритетном направлении развития науки, технологий и техники в Российской Федерации:

- Безопасность и противодействие терроризму	
- Индустрия наносистем	+
- Информационно-телекоммуникационные системы	
- Науки о жизни	
- Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники	
- Рациональное природопользование	
- Транспортные и космические системы	
- Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика	

4. Коды ГРНТИ: 29.15.35; 29.29.39;

5. Назначение:
Новый метод экспериментального исследования опто-акустических явлений предназначен для сверхточного определения амплитуды колебаний атомов, индуцированных импульсным оптическим излучением

6. Описание, характеристики:
Разработанный гамма-резонансный метод основан на интерференции падающего и рассеянного вперед мессбауэровского излучения. Смещения атомов, индуцированные импульсным оптическим излучением, даже на расстояние равное полуволне мессбауэровского излучения приводят к изменению фазы рассеянного вперед излучения на 180°, изменяя характер интерференции с деструктивной на конструктивную. До сих пор для проведения аналогичных измерений использовалось оптическое излучение с длиной волны порядка сотен нанометров. Гамма-резонансный метод позволяет улучшить оптический предел на несколько порядков. Так, например длина волны мессбауэровского излучения источника Co-57 составляет всего 0.86 ангстрем, и полное изменение характера интерференции с деструктивной на конструктивную достигается уже при смещениях атомов всего 0.43 ангстрем. Полученные экспериментальные результаты и предложенный метод открывают новые возможности в изучении опто-акустических явлений. О значимости полученных результатов говорит и то, что статья была помещена в рубрику «Editor's choice».

7. Преимущества перед известными аналогами:
Аналогов нет

8. Область(и) применения:

Приложение 2

I. Сведения о наиболее значимых научных результатах НИР OpenLab НИЛ «Мессбауэровская оптика»

1. Наименование результата:

Метод преобразования формы волны одиночного фотона в гамма-диапазоне на временные страты (time-bin qubits) для кодирования информации, передаваемой одиночными фотонами

2. Результат научных исследований и разработок (выбрать один из п. 2.1 или п. 2.2)

2.1. Результат фундаментальных научных исследований	
- теория	
- метод	+
- гипотеза	
- другое (расшифровать):	

2.2. Результат прикладных научных исследований и экспериментальных разработок	
- методика, алгоритм	
- технология	
- устройство, установка, прибор, механизм	
- вещество, материал, продукт	
- штаммы микроорганизмов, культуры клеток	
- система (управления, регулирования, контроля, проектирования, информационная)	
- программное средство, база данных	
- другое (расшифровать):	

3. Результат получен в Приоритетном направлении развития науки, технологий и техники в Российской Федерации:

- Безопасность и противодействие терроризму	+
- Индустрия наносистем	+
- Информационно-телекоммуникационные системы	+
- Науки о жизни	
- Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники	
- Рациональное природопользование	
- Транспортные и космические системы	
- Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика	

4. Коды ГРНТИ: 29.15.35; 29.29.39;

5. Назначение:

Новый метод преобразования формы волны одиночного фотона в гамма-диапазоне на временные страты (time-bin qubits) для кодирования информации, передаваемой одиночными фотонами

6. Описание, характеристики:

Новый метод преобразования формы волны одиночного фотона на временные страты (time-bin) основан на интерференции падающего и когерентно рассеянного вперед резонансного излучения, распространяющиеся в вибрирующей резонансной среде. Разбиение волнового пакета фотона на временные страты вызвано тем, что в системе координат колеблющегося поглотителя спектр излучения превращается в частотную гребенку с периодом равным частоте колебаний. При этом интенсивности сателлитов определяются функциями Бесселя первого рода. Если выбрать определенное значение индекса модуляции p (амплитуду колебаний), и настроить в резонанс энергию излучения источника на n-ю гармонику частотной гребенки поглотителя, то на выходе поглотителя возникает периодическая последовательность сгустков (bunchs). Таким образом однофотонный волновой пакет структурируется во времени, образуя временные страты (time bins), которые содержат излучение или нет. Импульсы появляются с периодом механических колебаний поглотителя, поэтому можно легко управлять скважностью сгустков, изменяя частоту колебаний. Число импульсов в сгустке определяется номером гребенки n и амплитудой модуляции p. . Этот метод может быть использован для кодирования квантовой информации в виде кубитов временной выборки (time-bin qubits). Полученные экспериментальные результаты открывают новое направление квантовой информатики.

7. Преимущества перед известными аналогами: