ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Մուրադյան Հովհաննես Ռուդիկի

20ՄէՎ ԷՆԵՐԳԻԱՅՈՎ ԷԼԵԿՏՐՈՆՆԵՐԻ ԿԱՆԱԼԱՑՈՒՄԸ ՊԻԵԶՈԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՄԻԱԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐՈՒՄ ԱՐՏԱՔԻՆ ԱԿՈՒՍՏԻԿ ԴԱՇՏԵՐԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ա.04.07.- Կոնդենսացված վիճակի ֆիզիկա մասնագիտությամբ
ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ 2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РА
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Мурадян Оганес Рудикович

КАНАЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 20МэВ В ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОНОКРИСТАЛЛАХ ПРИ НАЛИЧИИ ВНЕШНИХ АКУСТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени кандидата
физико-математических наук по специальности
01.04.07.- Физика конденсированных сред

ЕРЕВАН 2013

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկայի կիրառական պրոբլեմների ինստիտուտում

Գիտական ղեկավար՝
ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր Ա. Հ. Մկրտչյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝
ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆ. Բ.Վ. Խաչատրյան
ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր, Վ.Վ. Հարությունյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Տոմսկի ազգային հետազոտական պոլիտեխնիկական համալսարան, Ֆիզիկա-տեխնիկական ինստիտուտ

Ատենախոսության պաշտպանությունը կայանալու է 2013թ. հունիսի 18-ին, ժ. 14^{00}-ին, ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկայի կիրառական պրոբլեմների ինստիտուտում ԲՈՀ-ի ֆիզիկայի 049 մասնագիտական խորհրդի նիստում: Հասցեն՝ 0014, Երևան, Հր.Ներսիսյանի փ., 25:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ-ի գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2013թ. մայիսի 17-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝
ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ Վ.Պ. Քալանթարյան

Тема диссертации утверждена в Институте Прикладных Проблем Физики НАН РА

Научный руководитель:
доктор физ.-мат. наук А. Г. Мкртчян

Официальные оппоненты:
доктор физ.-мат. наук, проф. Б.В. Хачатрян
доктор физ.-мат. наук, В. В. Арутюнян

Ведущая организация: Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет, Физико-технический институт

Защита диссертации состоится 18-го июня 2013г. в 14^{00} часов на заседании специализированного совета по физике 049 в Институте Прикладных Проблем Физики НАН РА по адресу: 0014, Ереван, ул. Гр. Нерсисяна, 25.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ.

Автореферат разослан 17-го мая 2013г.

Учёный секретарь специализированного совета:
кандидат физико-математических наук, доцент В.П. Калантарян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В настоящей диссертационной работе рассмотрены некоторые вопросы физики и технологии касающиеся воздействия акустических колебаний разной частоты на системы обладающие собственными или наведенными резонансными свойствми. Рассмотрена проблема разработки и создания монохроматических пучков гамма квантов широкого диапазона энергии с управляемыми частотно-временными параметрами генерируемых при взаимодействии элементарных заряженных частиц с резонансными системами из монокристаллов или аморфных сред подвергаемых воздействию внешнего акустического поля. В этой области сотрудниками Института прикладных проблем физики НАН РА был проведен ряд научно-технических исследований и были обнаружены новые явления: полная переброска интенсивности рентгеновского излучения из направления прохождения в направление дифракции; явление полной прозрачности элементов гамма оптики и т.д. На основе полученных результатов авторами предложены новые методы управления и многократного усиления интенсивности излучения путем воздействия акустического поля или температурного градиента.

Полученные результаты позволяют разработать новые методы химического и структурного анализа, а также позволяют создать элементы современной гамма оптики. Немаловажными и актуальными могут являться применения в медицине, конкретно, при онкологических и сердечно-сосудистых заболеваниях, при оценке состояния коронарных артерий и диагностике коронарных сердечных систем.

Сотрудниками ИППФ НАН РА была развита теоретическая модель управления параметрами излучения каналированных электронов, рентгеновского переходного излучения и параметрического рентгеновского излучения. Сотрудниками ИППФ НАН РА и Национальной научной лаборатории имени А.И.Алиханяна были экспериментально наблюдены

явления усиления интенсивности каналированных электронов и параметрического рентгеновского излучения при энергиях электронов 180МэВ, 855МэВ и 4,5ГэВ при наличии внешних акустических полей и температурного градиента. Сотрудниками ИППФ НАН РА, Национальной научной лаборатории имени А.И.Алиханяна и коллег из научных центров Германии были экспериментально наблюдены явления управления частотновременными параметрами излучения каналированных электронов и параметрического рентгеновского излучения при энергиях электронов 180МэВ, 855МэВ, 32МэВ и 20МэВ при наличии внешних акустических полей. Последующие работы сотрудников ИППФ НАН РА выполненных совместно с другими исследовательскими группами подтвердили справедливость теоретических предсказаний и возможность создания новых альтернативных источников монохроматического излучения в широком диапазоне энергии от 0.005 до 1ГэВ с управляемыми угловыми и энергетическими параметрами.

Другой актуальной проблемой науки и технологии является усовершенствование методов регистрации ионизирующего излучения, эти методи ограничены трудностями принципиального характера: не позволяют достичь скорости счета детекторов больше чем 10^8 частиц в секунду, временного разрешения порядка 10^{-9} секунд и координатного разрешения меньше чем 100мкм.

<u>Цель диссертационной работы.</u>

- исследование явления каналирования электронов с энергией 20МэВ в пьезоэлектрических монокристаллах кварца разных толщин и срезов при наличии и отсутствии внешних электромагнитных полей;
- разработка нового математического аппарата в рамках квантовой теории каналирования;
- разработка и создание новых систем регистрации элементарных частиц и гамма квантов на основе синтезированных новых композиционных материалов разной относительной плотности и степени периодичности;

- сравнительный анализ экспериментальных данных с результатами теоретических расчетов, полученных в рамках предложенной математической модели.

<u>Научная новизна .</u>

Новым прорывом для исследований в этой области стало создание электронных накопителей с энергией электронов больше чем 20МэВ. Наряду с экспериментальными исследованиями интенсивно развивается теория по физике взаимодействия релятивистских заряженных частиц с упорядоченными и не упорядоченными средами при наличии и отсутствии внешних воздействий.

В процессе этих исследований был сделан ряд теоретических предсказаний о процессах протекающих при прохождении релятивитских заряженных частиц через конденсированную среду, которые получили подтверждение в ходе экспериментальных работ.

1. Впервые было наблюдено излучение электронов с энергией 20МэВ при осевом и плоскостном каналировании в монокристаллах кварца и ниобата лития.
2. Выявлено сверхтонкое энергетическое распределение излучения электронов с энергией 20МэВ в пьезоэлектрических монокристаллах испускаемого вперед в угловых апертурах не превышающих критический угол Линхарда.
3. Выявлены вклады рентгеновского переходного, тормозного и характеристического рентгеновского излучения в спектрах энергетического распределения излучения электронов при аксиальном и планарном каналировании.
4. Исследована зависимость интенсивности характерных энергетических выходов излучения каналированных электронов в пьезоэлектрических монокристаллах кварца и ниобата лития от толщины монокристалла.

5. Впервые наблюдены изменения интенсивности и сдвиг энергии характерных энергетических выходов излучения электронов с энергией 20МэВ каналированных в монокристаллах кварца и ниобата лития при наличии внешних электромагнитных полей сверхвысокой частоты и разной амплитуды.
6. Подтверждён метод получения альтернативного источника излучения коротковолнового рентгеновского диапазона с управляемой интенсивностью, контролируемыми временно-пространственными параметрами и сканирующим энергетическим выходом, основанный на излучени каналирования при наличии внешних воздействий.
7. Выявлена существенная зависимость числа энергетических уровней поперечных колебаний каналированних электронов от выбора семейства атомных плоскостей монокристалла.
8. Осуществлен сравнительный анализ с применением нового математического аппарата объясняющего излучение каналированных электронов. Результаты анализа дают хорошее согласие между экспериментальными данными и результатами теоретических расчётов.
9. Разработана новая технология синтеза новых композиционных материалов разной относительной плотности с составными элемента оксидов алюминия, щелочноголоидных соединений и серебра.
10. На основе синтезированных новых пористых композиционных материалов разработаны и созданы лабораторные образцы быстродействующих высокоэффективных систем регистрации электронов и гамма квантов.

<u>Практическая значимость.</u>

1. Впервые зарегистрировано спектрально - угловое распределение излучения аксиально и планарно каналированных электронов с энергиями 855 МэВ, 180МэВ, 32МэВ и 20МэВ в монокристаллах кварца.

2. Представлена новая теоретическая модель описывающая явление каналирования в монокристаллах.

3. Приведены результаты сравнительного анализа экспериментальных данных с результатами теоретических расчетов, полученных с помощью предложенной математической модели.

4. Представленные результаты исследований и созданные новые оборудования безусловно найдут свои конкретные применения в разных областях науки и техники.

***На защиту выносятся следующие основные положения*:** Они сформулированы в разделах "научная новизна" и "практическая значимость".

***Апробация работы*.**

Экспериментальные исследования излучения каналированных электронов в пьезоэлектрических монокристаллах кварца проводились на линейном ускорителе ЛУЭ-50 Национальной научной лаборатории им. А.Алиханяна в геометрии Лауэ. Основные положения и результаты экспериментальных исследований выносимые на защиту докладывались и обсуждались на лабораторных семинарах ИППФ НАН РА, на научных семинарах, конференциях международного и республиканского значения.

Публикации. Были опубликованы 9 работ, 6 из которых вошли в диссертационную работу.

Структура и объем диссертационной работы..

Диссертация состоит из: введения, четырех глав и заключения, изложенных на 123 страницах, включая 60 рисунка и 9 таблиц, списка литературы из 129 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель исследования, научная новизна, практическая значимость и основные защищаемые положения работы, указаны возможные области применения.

Первая глава диссертационной работы представляет литературный обзор существующих публикаций по исследованиям проведенным в области взаимодействия электромагнитного излучения высокой энергии с конденсированной средой. В основном приведены результаты полученные исследовательскими группами из Национальной научной лаборатории им. А.Алиханяна и ИППФ НАН Армении.

Второя глава диссертационной работы состоит из девяти параграфов и посвящена теории излучения. Представлена новая теоретическая модель, описывающая явление каналирования в монокристаллах. Рассчитан непрерывный потенциал разных атомных плоскостей монокристалла кварца. Приведены результаты численных расчетов для кристаллографических плоскостей низкотемпературного кварца. Рассчитаны энергетические спектры поперечных колебаний планарно каналированной релятивистской частицы вдоль разных атомных плоскостей в низкотемпературном кварце. Определена заселённость планарно каналированных частиц по энергетическим уровням в момент вхождения в монокристалл. Приведен энергетический спектр излучения планарно каналированного электрона вдоль семейства атомных плоскостей монокристалла кварца.

Первый параграф второй главы посвящен приближению непрерывного потенциала.

Во втором параграфе второй главы приведена формула непрерывного потенциала атомных плоскостей:

$$\overline{V}(x) = (2\pi)^3 n_0 \sum_{n \in Z} \vartheta(n\vec{\eta}) \cdot \exp(in\eta x)$$

где n_0 плотность числа примитивных ячеек, $\vec{\eta}$ наикратчайший по длине вектор обратной решётки, который перпендикулярен системе наблюдаемых атомных

плоскостей, n целое число, ϑ фурье-образ плотности вероятности с точностью до постоянной.

Третий параграф второй главы посвящен непрерывному потенциалу разных атомных плоскостей монокристалла кварца.

Четвертый параграф второй главы посвящен волновой функции планарно каналированного электрона.

Пятый параграф второй главы посвящен движению частицы в одномерном периодическом поле.

В шестом параграфе второй главы рассмотрен простейший случай потенциальной энергии.

В седьмом параграфе второй главы приведен энергетический спектр планарно каналированной частицы.

На рис. 1 и рис. 2 приведены результаты численных расчетов для семейства атомных плоскостей $(0\bar{2}23)$ и $(10\bar{1}1)$. В обоих случаях энергия электронов равна 32МэВ. Приведены соответствующие кривые непрерывного потенциала, для сравнения потенциалов различных атомных плоскостей.

Как видно, для электронов с энергией 32МэВ каналированных вдоль поверхностей семейства атомных плоскостей $(0\bar{2}23)$, имеются три сравнительно узкие зоны (n=1,2,3), которые характеризуют связанные состояния электронов в периодической потенциальной яме $\bar{V}(x)$. Четвертая зона (n=4) характеризует состояние частично связанного электрона в той же потенциальной яме. Выше расположенные зоны, из которых только одна изображена на рисунке (n=5), быстро накладываются друг на друга при больших значениях n и соответствуют, по сущности, свободному движению электронов в монокристалле.

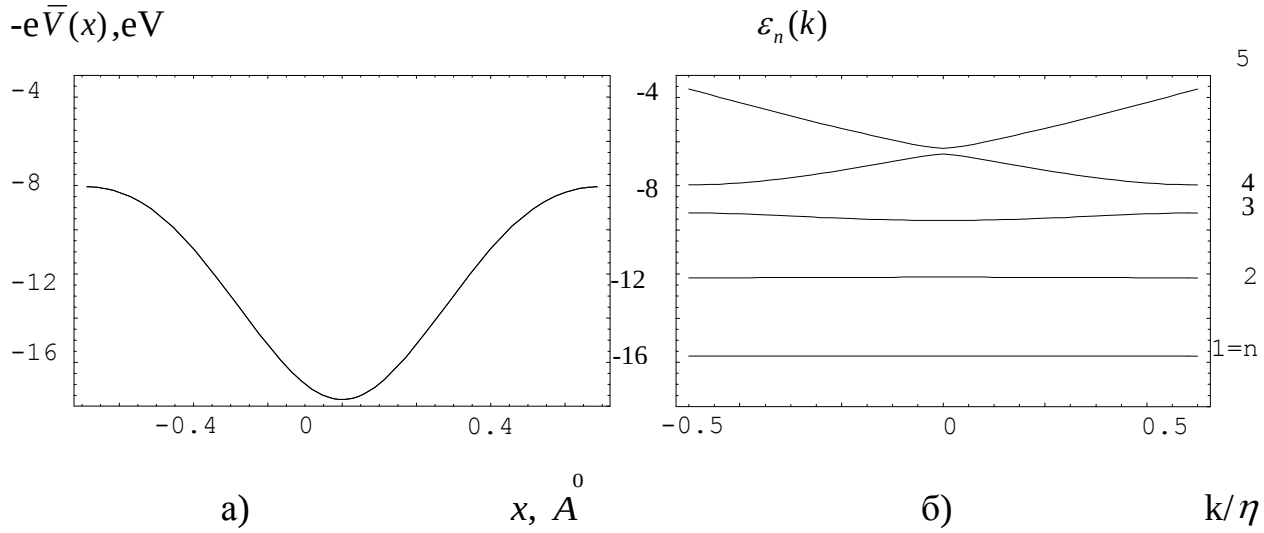

Рисунок 1. Плоскостное каналирование электронов с энергией 32МэВ вдоль атомных плоскостей $(0\bar{2}23)$ низкотемпературного кварца

а) зависимость непрерывного потенциала $U(x) = -e\bar{V}(x)$ от координат x.

б) Зависимость энергетических уровней поперечных колебаний ε_n от квазиимпульса $\hbar k$ для первых 5 уровней. $\eta = 2\pi / \delta_x$, где δ_x межплоскостное расстояние.

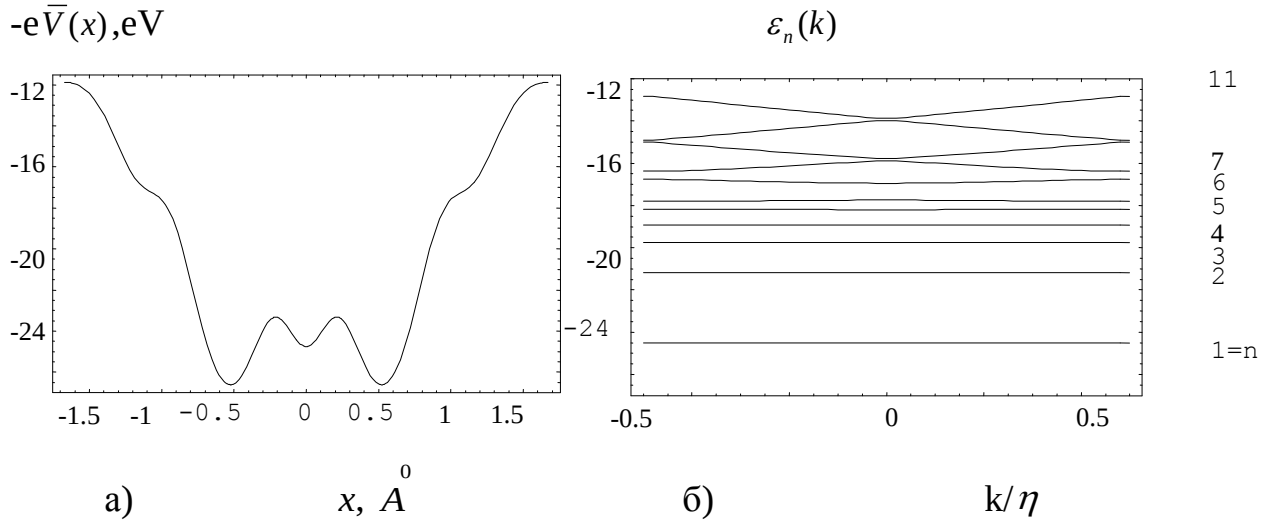

Рисунок 2. Планарное каналирование электронов с энергией 32МэВ вдоль атомных плоскостей $(10\bar{1}1)$ низкотемпературного кварца.

Таким образом, в случае плоскостей $(0\bar{2}23)$ эффект каналирования возможен только в том случае, когда частица находится в первых трёх зонах. В отличие от этого случая, из сравнения рис.1 и рис.2 видно, что в случае семейства атомных плоскостей $(10\bar{1}1)$, тот же эффект каналирования электрона возможен, когда он находится не в первых трех, а в семи зонах поперечных

колебаний. Данные, приведённые на рис.1 и рис.2 приводят к следующему важному заключению, что количество энергетических уровней поперечных колебаний каналированних электронов существенно зависит от выбора семейства атомных плоскостей. Следовательно, от выбора семейства атомных плоскостей зависит распределение энергетического спектра каналированных частиц.

В восьмом параграфе второй главы рассчитана заселённость планарно каналированных частиц по энергетическим уровням.

$$P_n = |\alpha_{nk}|^2 = \left| \frac{1}{\delta_x} \int_{-\delta_x/2}^{\delta_x/2} e^{i\eta m_p x} w_{nk}(x) dx \right|^2$$

где k - квазиволновое число, а m_p - соответствующее целое число, а $w_{nk} = \sum_n C_n(k) e^{in\eta x}$.

В девятом параграфе второй главы приведен энергетический спектр излучения электрона при плоскостном каналировании вдоль семейства атомных плоскостей монокристалла кварца $(0\bar{2}23)$ для различных переходов.

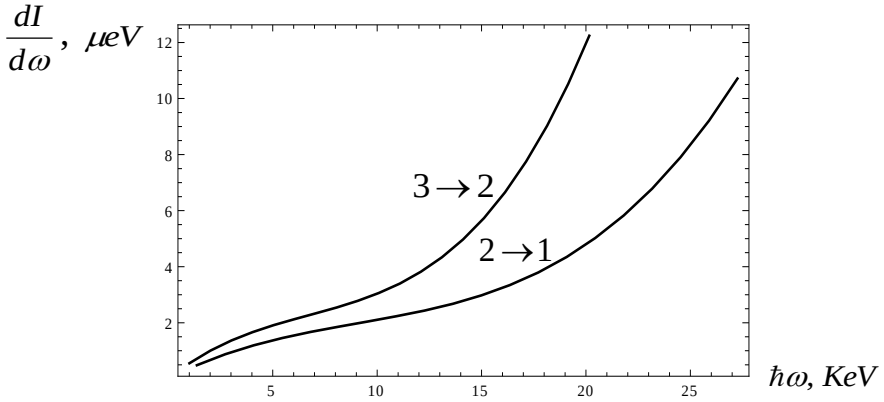

Рисунок 3. Энергетический спектр излучения плоскостного каналированного электрона вдоль семейства атомных плоскостей монокристалла кварца $(0\bar{2}23)$ для различных переходов.

<u>Третья глава</u> посвящена проведенным экспериментальным исследованиям явления каналирования электронов с энергией 20МэВ в монокристаллах кварца при наличии и отсутствии внешних гиперзвуковых колебаний. Подробно описаны экспериментальная установка, созданные новые регистрирующие системы, созданные системы возбуждения СВЧ полей, разработанные

дистанционно управляемые гониометрические устройства, метод отбора и изготовления образцов-мишеней, методика ориентации образца под электронным пучком, также приведены параметры электронного пучка, калибровочные источники и мишени. Приведены характерные спектры излучения аксиального и планарного каналирования электронов с энергией 20МэВ в монокристаллах кварца разной толщины и срезов. Зарегистрировано многократное усиление излучения под воздействием внешних СВЧ полей. Проведен анализ полученных экспериментальных данных. В конце главы приведены краткий обзор полученных результатов и некоторые рекомендации.

В первом параграфе третьей главы описана экспериментальная установка регистрирующая излучение при каналировании электронов с энергией 20МэВ.

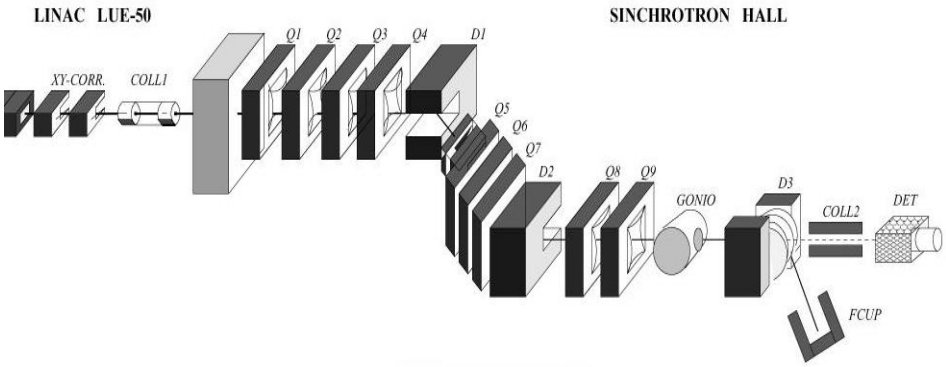

Рисунок 4. Схематическая картина экспериментальной установки на базе линейного электронного ускорителя ЛУЭ-50 Национальной науной лаборатории им. А.Алиханяна.

Для проведения экспериментальных исследований был разработан и сконструктирован специальный электронный тракт для вывода электронного пучка с энергией 20МэВ. Были проведены предварительные измерения для определения основных параметров выведенного электронного пучка. Эти измерения показали, что выведенный электронный пучок имеет следующие параметры: диаметр 2±0.005мм, угловое расхождение по горизонтали $1\times10^{-3}\cdot$рад и по вертикали 5×10^{-5} рад, максимальный ток 100мкА, расхождение энергии ±20кэВ, энергии пучка 20МэВ.

Сравнительный анализ полученных экспериментальных результатов со справочными данными дает разброс по энергиям порядка одного процента.

Второй параграф третьей главы посвящен экспериментальным исследованиям излучения каналирования.

Экспериментальные исследования по наблюдению излучения релятивистских электронов при прохождении сквозь монокристаллический радиатор и распространяющегося вперед по направлению прохождения заряженной частицы проводились на выведенном пучке электронов с энергией 20МэВ линейного электронного ускорителя ЛУЭ-50 Национальной научной лаборатории им. А.Алиханяна в геометрии Лауэ по классической схеме.

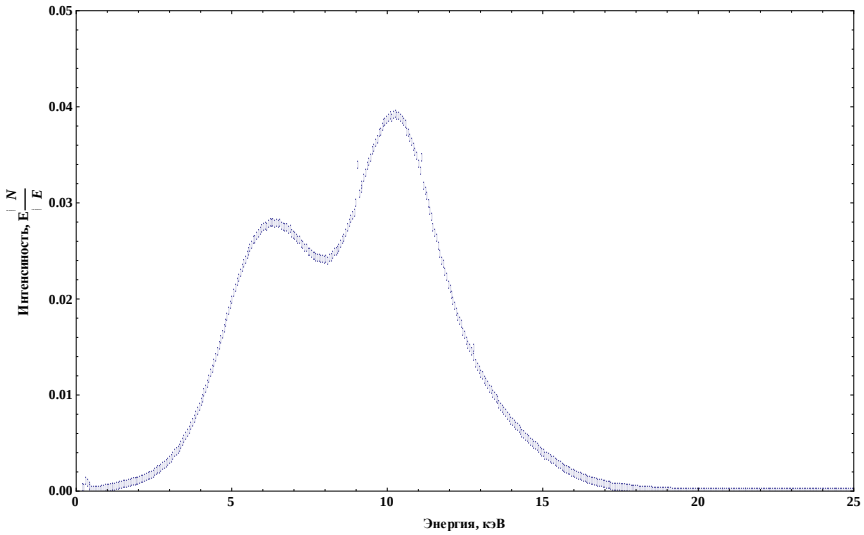

Рисунок 5а. Частотный спектр излучения при обеспечении условия каналирования электронов вдоль плоскости $(10\bar{1}1)$ для образца кварца X-среза с толщиной 1мм

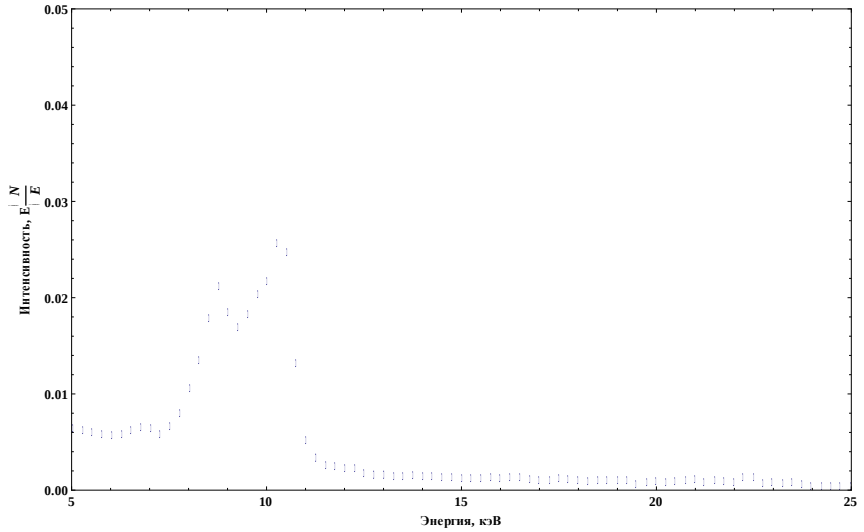

Рисунок 5б. Частотный спектр излучения при обеспечении условия каналирования электронов вдоль плоскости $(10\bar{1}1)$ для образца кварца X-среза с толщиной 180мкм.

Во время экспериментальных исследований были использованы предварительно отобранные дискообразные мишени-образцы из монокристалла кварца X-среза с диаметром 2см и толщинами 180мкм, 410мкм, 720мкм и 1мм.

На рис. 5а) и 5б) приведены энергетические спектры излучения при каналировании ИК электронов вдоль плоскости $(10\bar{1}1)$ для образца кварца X-среза с толщиной 1мм и 180мкм соответсвенно. На рисунках четко выделяются характерные энергетические выходы ИК при энергиях 4.5 кэВ, 8.9 кэВ и 10.2 кэВ, с разными интенсивностями характерных энергетических линий.

Обобщая полученные экспериментальные результаты по исследованию плоскостного каналирования электронов в монокристаллах кварца разной толщины можно утверждать, что при увеличении толшины мишеней образцов можно увеличивать интенсивность ИК.

В третьем параграфе третьей главы исследовано воздействие гиперзвуковых колебаний на параметры излучения в пьезоэлектрических монокристаллах при аксиальном и планарном каналировании электронов.

С целью выявления возможного воздействия гиперзвуковых колебаний на частотновременные параметры характерных энергетических выходов ИК были проведены экспериментальные исследования на выведенном пучке электронов с энергией 20МэВ линейного ускорителя электронов ЛУЭ-50 Национальной научной лаборатории им. А.Алиханяна.

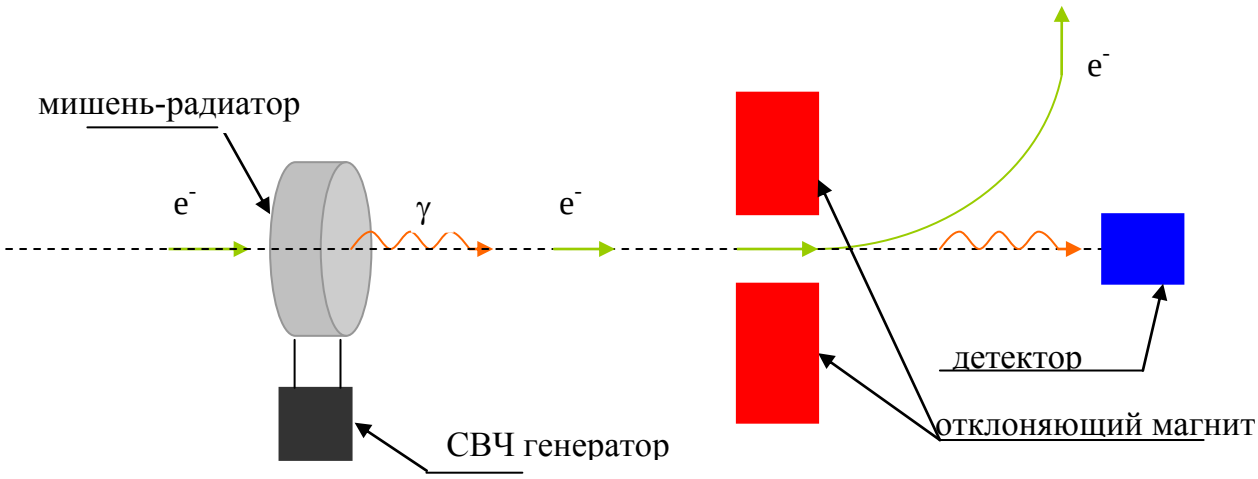

Рисунок 6. Схематический вид экспериментальной установки

В ходе экспериментальных исследований были зарегистрированы спектры излучения в случаях дезориентированных мишеней и ориентированных по оси Z и по некоторым плоскостям под воздействием внешних СВЧ полей разной мощности с частотой 1.024 Ггц. Во всех зарегистрированных энергетических спектрах под воздействием СВЧ поля были наблюдены сдвиги по энергии характерных энергетических выходов ИК в более жесткую область, что предварительно можно объяснить воздействием СВЧ поля на основные характеристики среды используемых монокристаллов.

На рисунке 7 приведены спектры ИК в монокристалле кварца X-среза с толщиной 720мкм при отсутствии и наличии СВЧ поля со значениями мощности 10 и 20Ватт при планарном каналировании электронов вдоль плоскости $(10\bar{1}1)$. Из рисунка выдно, что с увеличением мощности СВЧ полей интенсивность характерных энергетических выходов сперва увеличивается, а затем начинает уменьшаться. На рисунке, видно, что с увеличением мощности СВЧ полей происходит сдвиг по энергии характерных энергетических выходов ИК в более жёсткую область энергий на 300эВ. Это явление можно объяснить изменением зонной структуры потенциала за счет присутствия внешнего фононного поля.

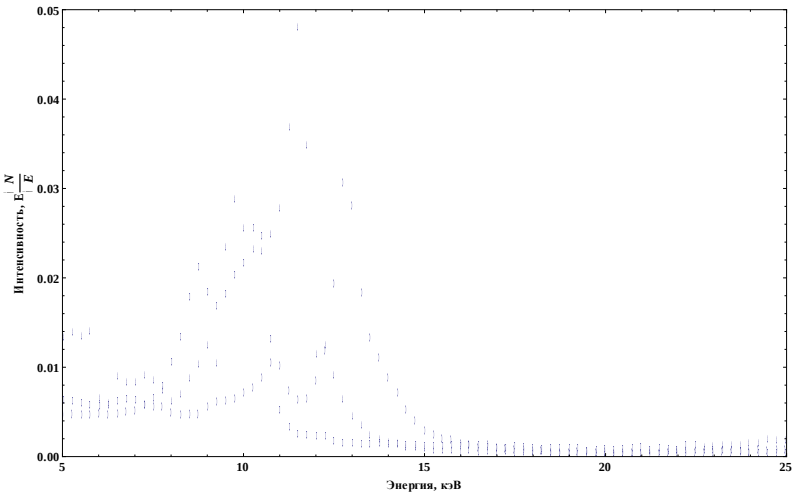

Рисунок 7. Энергетическое распределение ИК электронов с энергией 20 МэВ в монокристалле кварца при плоскостном каналировании вдоль плоскости $(10\bar{1}1)$ при наличии и отсутствии СВЧ поля: □ – P =0 Вт, Δ – P =15 Вт и o – P=30 Вт.

Анализируя результаты экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

- воздействие гиперзвуковых колебаний приводит к изменению интенсивности характерных энергетических выходов ИК
- при увеличении мощности гиперзвуковых колебаний наблюдается сдвиг энергетических выходов.

В четвертой, заключительной, главе приведены результаты сравнительного анализа экспериментальных данных с результатами теоретических расчетов проведенных в рамках предложенной математической модели. Приведены результаты сравнительного анализа экспериментальных данных полученных в ходе исследований явления каналирования электронов с энергией 20МэВ, 32МэВ, 180МэВ и 855МэВ. Обобщая полученные данные можно утверждать, что предложенный теоретический подход хорошо описывает как явление каналирования электронов, так и изменения частотновременных параметров характерных энергетических выходов ИК электронов, включая эффекты усиления интенсивности и сдвиг по энергиям. Глава заканчивается перечислением полученных основных результатов и сфер возможных применений.

В первых трёх параграфах четвёртой главы приведены результаты сравнительного анализа данных экспериментальных исследований по наблюдению явления каналирования электронов с энергиями 855МэВ, 180МэВ, 32МэВ и 20МэВ в пьезоэлектрических монокристаллах при наличии и отсутствии внешних акустических полей.

На рис. 8 приведен спектр излучения с энергией 180 МэВ в монокристалле кварца X-среза при аксиальном каналировании электронов. На рисунке также приведены возможные энергии выходов гамма квантов рассчитанные по квантомеханическим подходом.

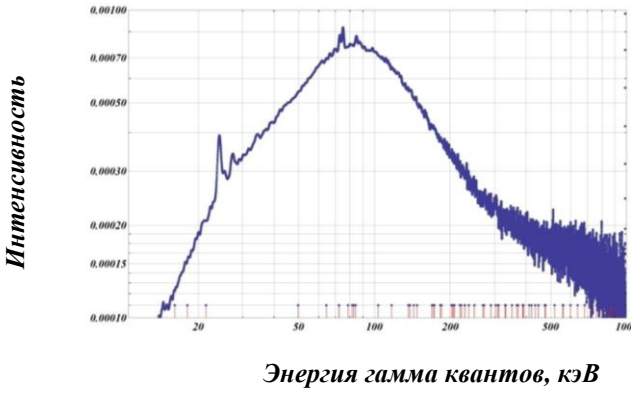

Рисунок 8 Спектр излучения электронов с энергией 180 МэВ в монокристалле кварца при аксиальном каналировании.

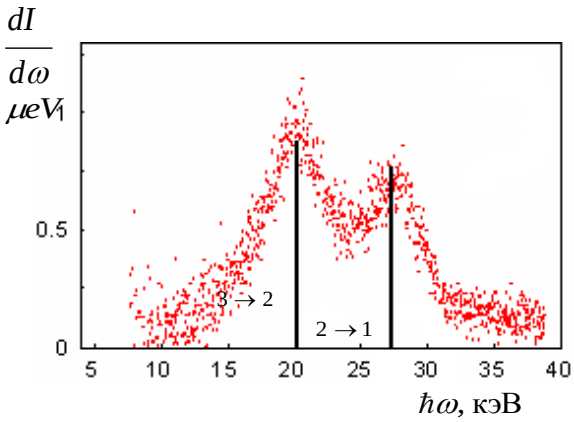

Рисунок 9. Энергетический спектр излучения планарно каналированных электронов с энергией 32 МэВ вдоль плоскости $(0\bar{2}23)$ монокристалла кварца.
Наложение теоретических расчетов на экспериментальные данные по наблюдению ИК в монокристалле кварца толщиной 200 μm.

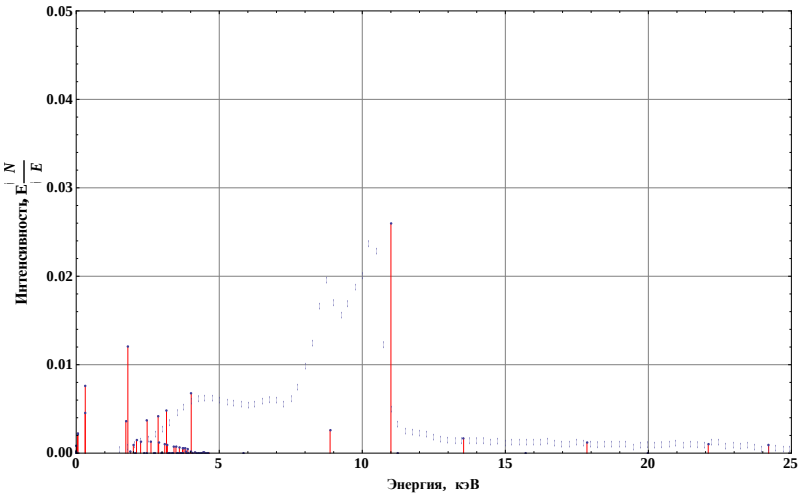

Рисунок 10. Картина энергетического распределения ИК электронов с энергией 20 МэВ в монокристалле кварца с толщиной 1 мм при каналировании вдоль плоскости $(10\bar{1}1)$ и соответвующих теоретических рассчетов.

На рисунке 9 приведен энергетический спектр излучения планарно каналированных электронов вдоль семейства атомных плоскостей $(0\bar{2}23)$ монокристалла кварца, в направлении движения частицы. Энергия электрона равна 32 МэВ.

На рис. 10 приведен энергетический спектр зарегистрированный для образца кварца X-среза толщиной 1мм при обеспечении условия каналирования электронов с энергией 20 МэВ вдоль плоскости $(10\bar{1}1)$, а также результаты

соответствующих теоретических расчётов. На рисунке четко выделяются характерные энергетические выходы ИК, которые хорошо совпадают с приведенными результатами теоретических расчётов. Для всех полученных экспериментальных результатов был проведен сравнительный анализ с теоретическими расчётами.

Сравнительный анализ показывает, что предложенный квантомеханический подход дает полное объяснение сверхтонким частотно-угловым структурам зарегистрированных спектров и эффекта управления временно-пространственными параметрами характерных энергетических выходов излучения каналированных электронов под воздействием внешних электромагнитных полей различных частот. Обобщая полученные результаты, можно предложить новый метод получения интенсивных источников гамма квантов с управляемыми временно-пространственными параметрами в широком диапазоне энергий, основанный на возбуждении новой сверхрешетки в монокристаллах внешними акустическими полями.

В заключении перечисляются наиболее важные результаты проведенных экспериментальных работ и даются возможные предложения и соответствующие сферы применения. Все полученные результаты уникальны и актуальны, так как на их основе модернизируется теоретическая модель явления ИК. В настоящее время ведутся теоретические исследования по созданию нового математического аппарата для объяснения результатов экспериментальных исследований явления аксиального каналирования электронов.

Список опубликованных работ

1. А.Г. Мкртчян, Р.П. Вардапетян, Э.М. Арутюнян, А.В. Хачатрян, В.В.Налбандян, О.Р.Мурадян. Изменения мессбауэровского спектра рассеяния монокристаллов группы AIIBVI с примесными ядрами Fe^{57} под воздействием инфракрасного излучения. Известия НАН Армении, Физика, т.44, №4, с.289-293, 2009.
2. A.H. Mkrtchyan, L.Sh. Grigoryan, T.G. Dovlatyan, G.K. Khachaturyan, H.R. Muradyan, A.H. Aslanyan. Radiation of Channeled Electrons with 855 MeV and 180 MeV Energies in Piezoelectric Single Crystals: Quantum mechanical data analysis. Proceedings of International Conference on Electrons, Positrons, Neutrons and X-Rays Scattering Under External Influences. Yerevan-Meghri, 26 – 30 October 2009, Armenia, ISBN 978-99941-2-486-2, p.31-34, 2010.
3. A.H. Mkrtchyan, A.S. Bagdasaryan, A.S. Ayvazyan, T.G. Dovlatyan, V.V. Nalbandyan, H.R. Muradyan, A.H. Aslanyan, S.A. Mirakyan. Detectors of Ionizing Radiation on the Basis of Porous Layers Doped with Aluminum Oxides. Proceedings of International Conference on Electrons, Positrons, Neutrons and X-Rays Scattering Under External Influences. Yerevan-Meghri, 26 – 30 October 2009, Armenia, ISBN 978-99941-2-486-2, p.159-161, 2010.
4. Մուրադյան Հ.Ռ.: Պլանար Կանալացված Ռելյատիվիստիկ Մասնիկների Ճառագայթումը Կվարցի Միաբյուրեղում: Երիտասարդ Գիտնականների Համաժողով, Երիտասարդ Գիտնականների Զեռքբերումներն ու Հեռանկարները (համաժողովի նյութեր) , 13-15 ապրիլ, Ծաղկաձոր, ISBN 978-5-8080-0939-4, էջ 36-38, 2012:
5. A.R.Mkrtchyan, A.H. Mkrtchyan, L. Sh. Grigoryan, E.M. Harutyunyan, V.R. Khocharyan, H.R. Muradyan. Investigation of the Channeling Radiation of 20 MeV Electrons in Quartz Single Crystal under the Hypersonic Fields. Proceedings of the International Conference on Electron, Positron, Neutron and X-ray Scattering under External Influences. Yerevan-Meghri 2011, Armenia, ISBN 978-99941-2-710-8, p.42-43, 2012.
6. A.R. Mkrtchyan, A.H. Mkrtchyan, A.S. Baghdasaryan, A.K. Atanesyan, V.V.Nalbandyan, T.G. Dovlatyan, V.N. Agabekyan, H.R. Muradyan, E.A. Mkrtchyan, S.A. Mirakyan, H. Hovhannesyan. Influence of Acoustic Fields on Main Parameters of Resonance Systems. Proceedings of the International Conference on Electron, Positron, Neutron and X-ray Scattering under External Influences. Yerevan-Meghri 2011, Armenia, ISBN 978-99941-2-710-8, p.149, 2012.
7. A.R. Mkrtchyan, A.H. Mkrtchyan, A.S. Baghdasaryan, A.K. Atanesyan, V.V. Nalbandyan, T.G. Dovlatyan, V.N. Agabekyan, H.R. Muradyan, E.A. Mkrtychan, S.A. Mirakyan, A.A. Aslanyan. Acceleration of Ions in Liquid Medium in the Presence of External Acoustic Field. Proceedings of the International Conference on Electron, Positron, Neutron and X-ray Scattering under External Influences. Yerevan-Meghri 2011, Armenia, ISBN 978-99941-2-710-8, p.150, 2012.
8. А.Р. Мкртчян, А.Г. Мкртчян, Л.Ш. Григорян, А.А. Саарян, А.А. Асланян, Э.М. Арутюнян, С.П. Тароян, В.Ц. Никогосян, Л.А. Геворкян, В.Р.Кочарян, Г.А. Айвазян, В.В. Налбандян, Т.Г. Довлатян, А.Е. Мовсисян, Э.А. Мкртчян, О.Р. Мурадян, С.А. Миракян, А.А. Асланян. Излучение электронов с энергией 20МэВ в пьезоэлектрических монокристаллах при наличии внешних акустических полей. Известия НАН Армении, Физика, т.48, №4, с.236-241, 2013.
9. A.H. Mkrtchyan, A.S Bagdasaryan, V.R. Kocharyan, G.A. Ayvazyan, V.V. Nalbandyan, T.G. Dovlatyan, A.E. Movsisyan, H.R. Muradyan, S.A. Mirakyan, A.H. Aslanyan, High Speed Detector of Alpha Particles and Electrons, Armenian Journal of Physics, Vol. 6, p. 82-84, 2013.

Ամփոփագիր

1. Առաջին անգամ դիտվել է 20ՄէՎ էներգիայով էլեկտրոնների առանցքային և հարթ կանալացումը կվարցի և լիթիումի նիոբատի միաբյուրեղներում:
2. Ստացվել է պիեզոէլեկտրական միաբյուրեղում 20 ՄէՎ էներգիայով էլեկտրոնների ճառագայթման գերնուրբ էներգետիկ բաշխվածությունը, որոնք առաքվում են դեպի առաջ Լինխարդի կրիտիկական անկյունը չգերազանցող մարմնային անկյան տիրույթում:
3. Բացահայտվել է անցումային ռենտգենյան, արգելակային և ատոմների բնութագրական ռենտգենյան ճառագայթումների ներդրումը պլանար և աքսիալ կանալացված 20 ՄէՎ էներգիայով էլեկտրոնների ճառագայթման էներգետիկ բաշխվածության սպեկտրներում:
4. Հետազոտված է տրված կվարցի և լիթիումի նիոբատի պիեզոէլեկտրական միաբյուրեղներում կանալացված էլեկտրոնների ճառագայթման բնութագրական էներգետիկ ելքերի ինտենսիվության կախումը միաբյուրեղների հաստություններից:
5. Առաջին անգամ հետազոտվել է կվարցի և լիթիումի նիոբատի միաբյուրեղներում կանալացված 20 ՄէՎ էներգիայով էլեկտրոնների ճառագայթման ինտենսիվության փոփոխությունը և բնութագրական էներգետիկ ելքերի շեղումը արտաքին գերբարձր հաճախությամբ և տարբեր լայնույթներով էլեկտրամագնիսական դաշտերի առկայության դեպքում:
6. Հիմնվելուվ արտաքին ազդեցությունների առկայությամբ կանալացման ճառագայթման վրա հաստատվել է կառավարվող ինտենսիվությամբ, տարածաժամանակային պարամետրերով և էներգետիկ ելքերի փոփոխմամբ կարճալիքային ռենտգենյան

տիրույթի այլընտրանքային ճառագայթման աղբյուրի ստացման եղանակը:

7. Ցույց է տրվել, որ կանալացված էլեկտրոնների լայնական տատանումների էներգիայի մակարդակների թիվը էապես կախված է ատոմական հարթությունների ընտանիքի ընտրությունից: Հետևաբար ատոմական հարթությունների ընտանիքի ընտրությունից է կախված կանալացված մասնիկի ճառագայթման սպեկտրյալ բաշխումը:
8. Կատարված է համեմատական անալիզ օգտագործելով մաթեմատիկական նոր ապարատ, որը բացատրում է կանալացված էլեկտրոնների ճառացայթումը: Արդյունքները տալիս են փորձարարական և տեսական հաշվարկների լավ համապատասխանություն:
9. Մշակված է տարբեր հարաբերական խտության ալյումինի օքսիդների, հողալկալիական միացությունների և արծաթի բաղադրիչների կոմպոզիցիոն նոր միջավայրերի ստեղծման նոր տեխնոլոգիա:
10. Սինթեզված նոր ծակոտկեն նյութերի հիման վրա մշակված և ստեղծված են էլեկտրոնների և գամմա քվանտների բարձր էֆեկտիվության գեր արագագործ գրանցիչ համակարգերի լաբորատոր նմուշներ:

Annotation

1. Radiation from electrons with energy 20 MeV planar and axial channeled in quartz and lithium niobate single crystals had been observed first time.
2. Hyperfine energy distribution of radiation from electrons with energy 20 MeV in piezoelectric single crystals emitted in forward direction, in angular apertures do not exceeding the critical Lienhard angle has been revealed.
3. Contributions of X-ray transition radiation, bremsstrahlung and characteristic X-ray in spectra of energy distribution of radiation from electrons at axial and planar channeling have been find out.
4. It is investigated the intensity of energy yields of characteristic radiation from electrons channeled in piezoelectric single crystals (quartz and lithium niobate) as a function of the thickness of single crystal.
5. Changes in the intensity and the energy shift of characteristic energy yield of radiation from electrons with energy 20 MeV channeled in quartz and lithium niobate single crystals in the presence of external electromagnetic fields of ultra-high frequency and of different amplitudes have been observed first time.
6. It was confirmed an alternative method of obtaining of short-wave X-ray radiation source with controllable intensity, with time and spatial controllable parameters, and with scanning energy yield, based on channeling radiation influenced by external fields.

7. It was revealed that the number of energy levels of transverse oscillations of channeled electrons depends strongly on the choice of the set of crystallographic planes of single crystal.
8. The comparative analysis is done using a new mathematical approach describing channeling radiation. The results of analysis indicate a good agreement between experimental data and theoretical calculations.
9. A new technology of synthesis of new composite materials with different relative density of the constituent elements of alumina, alkali halide compounds and argentum has been developed.
10. Laboratory samples of high-speed systems recording electrons and gamma rays are designed and developed on the basis of synthesized new porous composite materials.