

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. Ломоносова

XXX Международная конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых
по фундаментальным наукам



Международный
молодежный научный форум

“ЛОМОНОСОВ–2023”

ШКОЛА МГУ

**“ФОТОННЫЕ И КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.
ЦИФРОВАЯ МЕДИЦИНА”**

Подсекция
“ЦИФРОВАЯ МЕДИЦИНА”

Сборник тезисов докладов

МОСКВА
Физический факультет МГУ
2023

XXX Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов—2023». Секция «Физика». Сборник тезисов. — М. Физический факультет МГУ, 2023, 1052 с.

ISBN 978-5-8279-0255-3

Секция «Физика» включает следующие подсекции

1. Акустика
2. Астрофизика
3. Атомная и ядерная физика
4. Биофизика
5. Геофизика
6. Математика и Информатика
7. Математическое моделирование
8. Медицинская физика
9. Молекулярная физика
10. Нелинейная оптика
11. Оптика
12. Радиофизика
13. Сверхпроводящие и электронные свойства твердых тел
14. Твёрдотельная наноэлектроника
15. Теоретическая физика
16. Физика космоса
17. Физика магнитных явлений
18. Физика твёрдого тела
19. Школа МГУ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина»:
 - Квантовые технологии
 - Фотонные технологии
 - Цифровая медицина

ISBN 978-5-8279-0255-3

© Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2023 г.

Исследование вторичных нейтронов при проведении протонной терапии.....	998
Адоньев С.Р., Желтоножская М.В.	998
Измерение механических свойств клеток с помощью инструментария зондовой микроскопии	998
Ахметова А.И., Советников Т.О., Яминский И.В.	998
Определение динамики уровня гидратации организма человека с помощью методов оптической спектроскопии	999
Баев А.В., Давыдов Д.А.	999
Неинвазивное определение уровня гемоглобина в крови пациента с помощью диффузного имиджинга вен в ближнем инфракрасном диапазоне: валидация с помощью Монте-Карло моделирования и экспериментальная проверка метода	1001
Бардадин И.А.	1001
Оценка поглощенной дозы с помощью деформированных изображений на аппарате TomoTherapy	1002
Белышева А.Д. ¹ , Товмасян Д.А. ^{1,2} , Борщеговская П.Ю. ^{1,3} , Черняев А.П. ^{1,3}	1002
Спектроскопия диффузного отражения с использованием пространственно-структурированного излучения для неинвазивного измерения содержания гемоглобина в крови	1003
Буянкин К.Е.	1003
Измерение параметров магнитного взаимодействия микрокапсул для адресной доставки лекарств методом оптического пинцета	1004
Ваваев Е.С.	1004
Сравнение результатов теста Winston-Lutz, полученных с помощью коммерческого и открытого ПО	1006
Давыдов А.Б. ¹ , Черняев А.П. ¹ , Лыкова Е.Н. ¹ , Кирпичев Ю.С. ²	1006
Дозиметрическое сравнение планов радиохирургического лечения множественных мишеней	1007
Данилина И.И. ¹ , Антипина Н.А. ² , Банникова И.И. ¹ , Лыкова Е.Н. ¹ , Черняев А.П. ¹	1007
Оценка вклада вторичных частиц в поглощенную дозу в тканеэквивалентных материалах	1009
И. Ф. Жаринов, А. А. Щербаков, С. А. Золотов, А. П. Черняев	1009
Исследование аварийных выпадений на поздней фазе чернобыльской аварии	1011
Кастелин А.Н., Желтоножская М. В.	1011
Сверхбыстрая флуоресцентная спектроскопия в исследовании структурных свойств меланина	1012
Касьянова П.С.	1012
Экспериментальное исследование метода многократного сканирования в протонной терапии с помощью динамического фантома	1013
Копылова Е.А.	1013
Влияние наночастиц на микрореологические параметры крови: исследование с помощью оптического пинцета	1014
*Корнеев К.Н., Ермолинский П.Б., Умеренков Д.А., Луговцов А.Е., Приезжев П.Б.	1014
Оценка дополнительной дозовой нагрузки от вторичных нейтронов при работе медицинского ускорителя	1015
Костенко Т. М., Щербаков А. А., Золотов С. А., Черняев А. П., Лыкова Е. Н.	1015
Расчет спектра пучка ускорителя электронов по глубинным распределениям поглощенной дозы в различных материалах	1016
Кречетов Н.Д. ¹ , Антипина Н.А. ² , Близнюк У.А. ^{1,3} , Борщеговская П.Ю. ^{1,3} , Золотов С.А. ^{1,3} , Николаева А.А. ² , Соколов С.А. ¹ , Студеникин Ф.Р. ^{1,3} , Черняев А.П. ^{1,3}	1016
Исследование самосборных фотосенсибилизаторов с основными белками сыворотки крови в растворах	1018
Ладынин А.И., Сергеева И.А., Крот А.Р., Федорова К.В.	1018
Актуальные проблемы лазерной дифрактометрии эритроцитов	1019
Лебедева М.С.	1019
Свойства водных растворов гемоглобина при изменении ионной силы и водородного показателя	1020
Майков Э.В.	1020
Влияние оксида азота на агрегацию эритроцитов при использовании различных антикоагулянтов	1021
Максимов М.К., Ермолинский П.Б., Луговцов А.Е., Приезжев А.В.	1021

Формирование оптических свойств белков в ближней ИК области при гамма-облучении.	1022
Мефодьева Е.А., Рубекина А.А.	1022
Оценка радиационного воздействия на слюнные железы при проведении радиойодтерапии I-131 щитовидной железы.	1023
Мочалова М.А. ¹ , Лыкова Е.Н. ² , Трухин А.А. ³ , Черняев А.П. ⁴	1023
Интегрированная на чипе система терморегуляции для биосенсоров на основе полевого транзистора с каналом-нанопроводом.	1026
Нибудин Г.В. ¹ , Циняйкин И.И. ¹ , Преснова Г.В. ² , Рубцова М.Ю. ² , Божьев И.В. ¹ , Снигирев О.В. ¹ , Крупенин В.А. ¹ , Преснов Д.Е. ³	1026
Дозиметрическое сравнение планов лечения при автоматическом и ручном планировании в системе Leksell Gamma Plan.	1027
Новикова Е.А. ¹ , Лыкова Е.Н. ¹ , Банникова И.И. ²	1027
Сверхбыстрая флуоресцентная спектроскопия плазмы крови в применении к диагностике патологических процессов.	1029
Нургаalieва П.К.	1029
Измерение степени агрегации эритроцитов в зависимости от концентрации индуктора газотрансмиттера монооксида азота нитропруссид натрия с использованием метода цифровой обработки изображений в проточной камере.	1031
Орешкин Е.С., Ермолинский П.Б.	1031
Влияние трехвалентного ионов хрома на процесс коллагенолиза в растворах.	1032
Письменная А.А., Сергеева И.А.	1033
Изучение функциональной стабильности наночастиц пористого кремния, покрытых полиэтиленгликолем	1033
П.П. Путинцев, М.А. Годько, Д.А. Назаровская.	1033
Взаимосвязь параметров микрореологии и микроциркуляции крови при сахарном диабете.	1034
Романова А.А., Ермолинский П.Б., Луговцов А.Е. и Приезжев А.В.	1034
Расчет и моделирование электростатического дефлектора для медицинского циклотрона для протонной терапии MSC-230.	1035
Седов Л.Д. ¹ , Попов Д.В. ²	1035
Влияние процесса денатурации на оптические свойства окисленных белков.	1037
Снигирева А.С., Рубекина А.А.	1037
Разработка программы расчета распределения поглощенной дозы по глубине в однородных объектах при радиационной обработке электронами с энергией до 20 МэВ.	1039
Соколов С.А. ¹ , Близнюк У.А. ^{1,2} , Борщевская П.Ю. ^{1,2} , Золотов С.А. ¹ , Иванченко В.Н. ³ , Кречетов Н.Д. ¹ , Студеникин Ф.Р. ^{1,2} , Черняев А.П. ^{1,2}	1039
Оценка дисторсии томографов в рамках планирования лучевой терапии.	1041
Стрелковская А.П., Лыкова Е.Н., Черняев А.П., Пирогов Ю.А.	1041
Возможности искусственного интеллекта в радиационной медицине.	1042
Сустатова А.Н., Борщевская П.Ю., Черняев А.П.	1042
Реализация метода PREFUL с использованием нейронных сетей.	1043
Таран Т.В. ¹ , Павлова О.С. ^{1,2} , Гуляев М.В. ²	1043
Воздействие газотрансмиттера оксида азота NO на агрегационные свойства тромбоцитов: измерение турбидиметрическим методом.	1045
Умеренков Д.А., Ермолинский П.Б., Корнеев К.Н., А.Е. Луговцов А.Е. Приезжев А.В.	1045
Моделирование процесса формирования дозы под влиянием внешних магнитных полей.	1046
Усанова Я.Д., Щербаков А.А.	1046
Исследование фотофизических свойств гетерогенных систем флуорофоров с использованием методов флуоресцентной спектроскопии.	1047
Хасан А. ¹ , Будылин Г.С. ^{2,3} , Ровнягина Н.Р. ³ , Якимов Б.П. ^{3,4} , Гайер А.В. ⁵	1047
Возможности коррекции пространственного распределения величины поглощенной дозы в процессе радиационной стерилизации костных имплантатов.	1049
Хуцистова А.О. ¹ , Золотов С.А. ¹ , Розанов В.В. ^{1,2} , Матвейчук И.В. ² , Черняев А.П. ^{1,3}	1049
Определение состава и структурных свойств конкрементов с использованием методов оптической спектроскопии.	1050
Церегородцева П.С. ¹ , Злобина Н.В. ^{1,2} , Геворкян З.А. ^{2,3}	1050

ИНТЕГРИРОВАННАЯ НА ЧИПЕ СИСТЕМА ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ ДЛЯ БИОСЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА С КАНАЛОМ-НАНОПРОВОДОМ

Нибудин Г.В.¹, Циняйкин И.И.¹, Преснова Г.В.², Рубцова М.Ю.²,
Божьев И.В.¹, Снигирев О.В.¹, Крупенин В.А.¹, Преснов Д.Е.³

¹Лаборатория «Криоэлектроника», МГУ им. М.В.Ломоносова, ²Кафедра
химической энзимологии, химический факультет, МГУ им. М.В.Ломоносова,

³НИИЯФ, МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия

E-mail: nibudin.gv21@physics.msu.ru

С каждым годом всё активнее развиваются методы диагностики в медицинских лабораторных исследованиях. Одно из самых перспективных устройств для этих целей – биосенсор, основанный на полевом транзисторе с каналом-нанопроводом [1]. Такие устройства возможно использовать для обнаружения маркеров рака [2], заболевания щитовидной железы [3], а также для ДНК диагностики [4]. Метод регистрации внешнего локального поля основан на изменении проводимости кремниевого нанопровода в результате изменения заряда при присоединении биомолекул к его поверхности, а уникальная чувствительность обусловлена высоким соотношением площади поверхности канала к его объему.

Введение системы терморегуляции в структуру биосенсора играет важную роль. В случае ДНК анализа повышение температуры гибридизации позволяет увеличить специфичность и сократить время анализа. Так же применение системы контроля температуры совместно со встроенным нагревателем позволит многократно использовать такой сенсор.

Наилучшим материалом для изготовления структур транзистора является кремний на изоляторе (КНИ), который представляет собой тонкий (110 нм) монокристаллический слой кремния, отделенный от кремниевой подложки слоем оксида кремния (100–200 нм). Метод изготовления кремниевых нанопроводов основан на использовании процесса реактивно-ионного травления верхнего слоя КНИ через маску, сформированную с помощью электронно-лучевой литографии. Таким методом возможно изготавливать транзисторы с шириной канала 70-90 нм и длиной 3-5 мкм [1-4].

Для терморегуляции рядом с кремниевыми нанопроводами изготавливаются терморезистивные датчики. Они представляют собой титановые полоски (шириной 5-8 мкм и длиной 100 мкм) и формируются одновременно с контактными площадками к слою кремния, что не требует введения дополнительных технологических шагов [4].

Для достижения необходимого температурного режима можно использовать как внешний [4], так и интегрированный на чипе нагреватель. В первом случае использовался коммерчески доступный высокотемпературный тонкопленочный нагреватель (H540 S), закрепленный с обратной стороны керамического держателя [4]. Такая конструкция не очень удобна для проведения многократных измерений с различными образцами, поэтому на данном этапе работы разрабатывались нагреватели, расположенные непосредственно на рабочей подложке – чипе. Такие нагреватели имеют ряд преимуществ: во-первых, встроенный нагреватель не требует дополнительных технологических шагов для его изготовления, во-вторых, время достижения необходимого температурного режима сокращается, так как нагреватель располагается очень близко к кремниевому нанопроводу и имеет малые размеры. На данный момент были проведены успешные эксперименты, которые показали эффективность встроенного нагревателя по сравнению с внешним нагревателем.

Данное исследование выполнено при поддержке Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Фотонные и квантовые техноло-

гии. Цифровая медицина». В работе использовалось оборудование Учебно-методического центра литографии и микроскопии МГУ им. М.В. Ломоносова.

Литература

1. [1] G. Presnova, D. Presnov, V. Krupenin, et al., *Biosensors and Bioelectronics*, 88, 283–289, (2017)
2. [2] Presnova G.V., Tcinyaykin I.I., Bozhev I.V., et al., «Thyroglobulin detection by biosensor based on two independent Si NW FETs», *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 11022, (2019)
3. [3] Циняйкин И.И., Преснова Г.В., Божьев И.В. и др., «Сенсорная система на основе полевого транзистора с каналом-нанопроводом для количественного определения тиреотропного гормона», *Вестник Московского университета. Серия 3: Физика, астрономия*, издательство Изд-во Моск. ун-та, №6, с. 106-116 (2020)
4. [4] Циняйкин И.И., Преснова Г.В., Божьев И.В., и др., «Наноразмерный биосенсор со встроенным терморегулятором для ДНК диагностики», *Вестник Московского университета. Серия 3: Физика, астрономия*, издательство Изд-во Моск. ун-та, №2, (2023)

ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ПЛАНОВ ЛЕЧЕНИЯ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ И РУЧНОМ ПЛАНИРОВАНИИ В СИСТЕМЕ LEKSELL GAMMA PLAN

Новикова Е.А.¹, Лыкова Е.Н.¹, Банникова И.И.²

¹Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия

²АО "Деловой Центр Нейрохирургии" (Центр «Гамма-нож г. Москва»),
Москва, Россия.

E-mail: evgeniyanovikovazar@gmail.com

Гамма-нож (Leksell Gamma Knife Icon) - современная установка для стереотаксической радиохирургии внутричерепных патологий. Подведение дозы во время лечения осуществляется с помощью 192 источников ⁶⁰Со, расположенных в восьми независимых секторах. Излучение от каждого источника проходит через круглые отверстия - коллиматоры четырех возможных конфигураций: диаметрами 4 мм, 8 мм, 16 мм и полностью закрытый коллиматор (блок) [1]. Подведение дозы в точку при фиксированном наборе коллиматоров называют "шотом". Планирование лечения на Гамма-ноже представляет собой подбор положения и относительного времени лечения каждого шота. Традиционный ручной метод планирования является сложным и трудоемким процессом, результат которого сильно зависит от опыта планировщика. В связи с этим в последние годы активно развиваются автоматизированные методы планирования лечения.

Leksell Gamma Knife Lightning - программное обеспечение обратного планирования, формирующее планы лечения на основе заданного пользователем набора ограничений [2]. Целью данного исследования является сравнения основных показателей качества планов облучения небольших (объемом до 0,1 см³) метастазов, созданных с использованием Leksell Gamma Knife Lightning и стандартным ручным методом.

Предшествующие исследования [3-4] показали, что использование в клинической практике Lightning имеет ряд преимуществ. Во-первых, система автопланирования позволяет уменьшить время облучения или сохранить его на уровне ручных планов. Все авторы отмечали существенное сокращение затраченного на создание планов времени. Во-вторых, оптимизированные планы могут демонстрировать статистически значимое улучшение качества. В-третьих, не наблюдается значимых различий в качест-