



Институт геохимии им. А.П. Виноградова
Сибирского отделения Российской
академии наук

Тезисы докладов

*XV Конференции по актуальным проблемам физики,
материаловедения, технологии и диагностики
кремния, нанометровых структур
и приборов на его основе*

«Кремний–2024»

Иркутск 15–20 июля 2024 г.

УДК 548/549(063)
ББК 26.303я431
Т29

Тезисы докладов XV Конференции по актуальным проблемам физики, материаловедения, технологии и диагностики кремния, нанометровых структур и приборов на его основе «Кремний–2024» (Иркутск, 15–20 июля 2024 г.). – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2024. – 123 с.

Конференция «Кремний-2024» является продолжением серии научных конференций посвященных кремнию. Свою историю она ведет с общероссийского совещания по кремнию, проведенного в МИСиС в 1999 году. За эти годы мероприятие превратилось в основной форум, где ученые, представляющие академическое сообщество, ВУЗы и промышленность России и стран СНГ, могут обсудить актуальные проблемы по всему кругу вопросов, включающему в себя получение металлургического и поликристаллического кремния, рост и материаловедение объемных кристаллов и тонких пленок кремния и родственных материалов, а также физику, технологию и диагностику наноструктур на их основе.

На конференции представлены доклады ведущих ученых, работающих в области материаловедения кремния и его применений.

Ответственный редактор сборника *Н.С. Бобина*

Содержание

Пленарные доклады

| | |
|---|----|
| Аношин Олег Сергеевич, НПП "Салют", Нижний Новгород Получение высокочистого моносилана и тетрахлорида кремния из технического три-хлорсилана | 4 |
| Бердников Владимир Степанович, ИТ СО РАН, Новосибирск Общие закономерности сопряженного конвективного и радиационно-конвективного теплообмена в методах направленной кристаллизации расплавов.... | 5 |
| Галкин Николай Геннадьевич, ИАПУ ДВО РАН, Владивосток Двумерные пленки моносилицидов Fe и Cr на кремнии для термоэлектроники и спинтроники..... | 6 |
| Гейдт Павел Викторович, НГУ, Новосибирск Кремниевая микроэлектроника: современное состояние и перспективы развития, методы диагностики..... | 7 |
| Непомнящих Александр Иосифович, ИГХ СО РАН, Иркутск Проблемы получения высокочистого кварцевого концентрата и оптически однородного кварцевого стекла | 8 |
| Нехамин Сергей Маркович, ООО КОМТЕРМ, Москва Новые аппаратные и технологические возможности получения кремния высокой чистоты | 9 |
| Новиков Алексей Витальевич, ИФМ РАН, Нижний Новгород SiGe гетероструктуры для квантовых вычислений..... | 10 |
| Плюснин Николай Инокентьевич, ИАПУ ДВО РАН, Владивосток Нанотехнологии с использованием твердофазных смачивающих слоёв и их перспективы для кремниевой наноэлектроники | 11 |
| Попов Владимир Павлович, ИФП СО РАН, Новосибирск High-k КНИ структуры с ультратонкими слоями кремния, оксидов и нитридов металлов для энергоэффективной электроники | 12 |
| Семенова Ольга Ивановна, ИФП СО РАН, Новосибирск Новые углеродсодержащие материалы для кремниевой фотоники..... | 13 |
| Соболев Николай Алексеевич, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург Инженерия дефектов в технологии кремния и светоизлучающих структур на его основе | 14 |
| Стук Алексей Афанасьевич, АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова, Обнинск Современное состояние и проблемы отечественной технологии ядерного (нейтронно-трансмутационного) легирования кремния | 15 |
| Теруков Евгений Иванович, НТЦ ТПТ, Санкт-Петербург Современные тренды в кремниевой солнечной энергетике | 16 |
| Якимов Евгений Борисович, ИПТМ РАН, Черноголовка Ультраширокозонный Ga ₂ O ₃ как альтернатива кремнию для силовой электроники | 17 |

Устные доклады

| | |
|--|----|
| Абросимова Наталья Дмитриевна, РФЯЦ - ВНИИЭФ, Саратов Влияние дозы водорода на мгновенную и долговременную релаксацию электрофизических характеристик структур "кремний на изоляторе" после ионизирующих воздействий различной природы | 18 |
| Андреева Наталья, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», Санкт-Петербург Использование диоксида кремния в качестве резервуара кислородных вакансий в структурах оксидной резистивной памяти | 19 |

| | |
|---|----|
| Ван Юйхань , НГУ, Новосибирск | |
| Методы радиационного формирования кристаллов CaSi_2 в процессе и после эпитаксиального роста CaF_2 на подложке $\text{Si}(111)$ | 20 |
| Вдовина Татьяна Николаевна, ОмГТУ, Омск | |
| Исследование возможности получения карбида кремния из золошлаковых отходов: влияние углеродного восстановителя..... | 21 |
| Воронова Наталья Владимировна, АО «НИИМЭ», Москва | |
| Кремниевый датчик микрокапель летучих жидкостей..... | 22 |
| Гисматулин Андрей Андреевич, ИФП СО РАН, Новосибирск | |
| Механизм транспорта заряда в бесформовочном мемристоре на основе оксинитрида кремния..... | 23 |
| Горячев Андрей Викторович, ИИМЭ РАН, Москва | |
| Определение концентрации фтора в тонких пленках фторсодержащего силикатного стекла..... | 24 |
| Данилов Денис Васильевич, СПбГУ, Санкт-Петербург | |
| Комплексы собственных точечных дефектов, сформированные в кремнии бомбардировкой высокоэнергетичными ионами Xe^+ и последующим отжигом..... | 25 |
| Емцев Константин Вадимович, НТЦ ТПТ, Санкт-Петербург | |
| Кремний в производстве гетероструктурных солнечных элементов: аспекты качества материала и повышения эффективности солнечных ячеек..... | 26 |
| Есин Михаил Юрьевич, ИФП СО РАН, Новосибирск | |
| Формирование ступенчатой поверхности $\text{Si}(100)$ при росте Si и смачивающего слоя Ge | 27 |
| Ефимченко Вадим Сергеевич, ИФТТ РАН, Черногловка | |
| Создание наноразмерных контейнеров молекулярного водорода из диоксида кремния..... | 28 |
| Жарова Юлия Александровна, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург | |
| Исследование процесса внедрения наночастиц Ag в c-Si при высокотемпературной обработке..... | 29 |
| Зайцев Андрей Васильевич, НПП "Салют", Нижний Новгород | |
| Получение высокочистого поликристаллического кремния методом CVD из моносилана и высокоомного монокристаллического кремния методом БЗП | 30 |
| Зайцева Эльза Гайнуллаевна, ИФП СО РАН, Новосибирск | |
| Моделирование оптические свойств многослойных Al/SiON метаструктур на основе структурированных пленок SiON | 31 |
| Захожев Константин Евгеньевич, ИФП СО РАН, Новосибирск | |
| Рост SnSe_2 , инициированный кристаллизацией тонкого аморфного слоя на поверхностях $\text{Bi}_2\text{Se}_3(0001)$ и $\text{Si}(111)$ | 32 |
| Зорина Мария Владимировна, ИФМ РАН, Нижний Новгород | |
| Формирование антиотражающей структуры на поверхности монокристаллического кремния ускоренными ионами инертных газов..... | 33 |
| Калядин Антон Евгеньевич, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург | |
| Светодиоды с дислокационной люминесценцией в кремнии, содержащем кислородные преципитаты | 34 |
| Карасев Платон Александрович, СПбПУ, Санкт-Петербург | |
| Модификация поверхности кремния облучением ускоренными ионами C_60 | 35 |
| Карасева Елизавета Платоновна, СПбГУ, Санкт-Петербург | |
| Флуоресцентные свойства наноструктур на основе нитевидных нанокристаллов кремния, а также соединений III-V и II-VI..... | 36 |
| Кобелева Светлана Петровна, МИСИС, Москва | |
| Диффузия легирующих примесей в кремнии и германии..... | 37 |
| Ковешников Сергей Викторович, ИПТМ РАН, Черногловка | |
| Влияние быстродиффундирующих примесей на процессы формирования инверсного слоя в МОП-структурах $\text{Al/SiO}_2/\text{Si}$ | 38 |

| | |
|--|----|
| Колесников Алексей Викторович, ИФП СО РАН, Новосибирск Исследование структурного качества эпитаксиальных пленок германия на кремнии..... | 39 |
| Кологривев Константин Александрович, ООО КОМТЕРМ, Москва Моделирование процесса получения металлического кремния | 40 |
| Критская Татьяна Владимировна, Slovenia-Pirado, Ljubljana Инновационные технологии кремния для новых применений..... | 41 |
| Кудякова Валерия Сергеевна, ИХТТ УрО РАН, Екатеринбург Новый способ получения кремния повышенной чистоты | 42 |
| Курбаков Александр Иванович, НИЦ КИ, Гатчина Уникальный метод контроля качества высокосовершенных монокристаллов кремния большого диаметра с применением динамической дифракции высокоэнергетического гамма/синхротронного излучения | 43 |
| Лозовой Кирилл Александрович, ТГУ, Томск Режимы эпитаксиального выращивания кремния и германия на графите | 44 |
| Маницурова Снежана Викторовна, ИФП СО РАН, Новосибирск Контролируемый рост кремниевых нанопроволок на поверхностях Si (011) и (100) (Моделирование методом Монте-Карло)..... | 45 |
| Мизгинов Дмитрий Сергеевич, АО «НИИМЭ», Москва Анализ современного состояния мемристорных структур на основе оксида галлия, изготовленных на кремниевой подложке | 46 |
| Митин Константин Александрович, ИТ СО РАН, Новосибирск Свободно-конвективный теплообмен разогреваемых электрическим током кремниевых стержней с окружающей средой в реакторе, при получении поликристаллического кремния методом Сименса | 47 |
| Михайленко Михаил Сергеевич, ИФМ РАН, Нижний Новгород Изучение формирующегося нарушенного слоя в монокристаллическом кремнии и его влияние на поведение шероховатости поверхности в процессе ионного травления | 48 |
| Наумов Аркадий Валерьевич, ОКБ «АСТРОН», Лыткарино Особенности будущего рынка поликремния в России..... | 49 |
| Наумова Ольга Викторовна, ИФП СО РАН, Новосибирск Морфология и оптические свойства многослойных Al/SiON метаструктур на основе структурированных пленок SiON | 50 |
| Новиков Иван Александрович, АКТИВНАЯ ФОТОНИКА, Москва Новые научные инструменты для наномасштабных исследований современных материалов и диагностики наноструктур..... | 51 |
| Новиков Юрий Николаевич, ИФП СО РАН, Новосибирск Ближний порядок и резистивные переключения в диэлектрических плёнках нестехиометрического состава на основе кремния..... | 52 |
| Осинов Артём Арменакович, СПбПУ, Санкт-Петербург Технология формирования массива кремниевых структур в субмикронном диапазоне..... | 53 |
| Памирский Игорь Эдуардович, СибНИИСХиТ, Томск Аморфный диоксид кремния из растений | 54 |
| Пестов Алексей Евгеньевич, ИФМ РАН, Нижний Новгород Алмазокарбидокремниевый композит “скелетон” с технологическим покрытием из поликристаллического кремния, как перспективный материал для подложек рентгеновских зеркал, работающих под мощными пучками СИ | 55 |
| Пресняков Роман Валерьевич, ИГХ СО РАН, Иркутск Особенности выращивания поликристаллов Ge _x Si _{1-x} из расплава с добавлением SiP..... | 56 |
| Пустовалова Алла Александровна, Сколково, Москва Аморфные кремниевые анодные материалы для литий-ионных аккумуляторов..... | 57 |

| | |
|---|----|
| Роголо Дмитрий Игоревич, ИФП СО РАН, Новосибирск | |
| Фазовый переход с температурным гистерезисом в пленках $\text{In}_2\text{Se}_3/\text{Si}(111)$ | 58 |
| Романов Виктор Стефанович, ЕК-Ресурсес, Москва | |
| Обзор рынка кремния..... | 59 |
| Романова Наталья Константиновна, ИЯФ Каз, Алматы | |
| Развитие технологии нейтронно-трасмутационного легирования кремния на реакторе ВВР-К..... | 60 |
| Роцин Василий Ефимович, ЮУрГУ (НИУ), Челябинск | |
| Опыт получения чистых металлов селективным восстановлением катионов в твёрдых комплексных оксидах..... | 61 |
| Руденко Константин Васильевич, ФТИАН, Москва | |
| Свойства КНИ и КНС структур с High-K сегнетоэлектриком до и после FA - RTA обработок и утончения кремния термоокислением..... | 62 |
| Сахаров Алексей Валентинович, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург | |
| Упругие напряжения при росте гетероструктур на основе GaN на кремниевых подложках..... | 63 |
| Степихова Маргарита Владимировна, ИФМ РАН, Нижний Новгород | |
| Особенности люминесцентного отклика низкоразмерных дисковых резонаторов и их массивов, сформированных на кремниевых структурах Ge(Si)..... | 64 |
| Сы Чжунбинь, НГУ, Новосибирск | |
| Фотолюминесценция в видимом спектральном диапазоне пленок SiO_2 , имплантированных ионами In^+ и As^+ | 65 |
| Тельминов Олег Александрович, АО «НИИМЭ», Москва | |
| Коннекционистская модель замороженной фотопроводимости и динамики фототока для датчика УФ-излучения на основе матрицы наностержней ZnO..... | 66 |
| Терещенко Алексей Николаевич, ИФТТ РАН, Черногловка | |
| Аномальная температурная зависимость дислокационного излучения в ионно-имплантированном кремнии..... | 67 |
| Тыщенко Ида Евгеньевна, ИФП СО РАН, Новосибирск | |
| Анодное окисление структур кремний-на-изоляторе..... | 68 |
| Хазанова Софья Владиславовна, ННГУ, Нижний Новгород | |
| Численный расчет коэффициента преломления в квантовых ямах на основе Ge/SiGe для проектирования модуляторов Маха-Цендера..... | 69 |
| Чжан Жонань, НГУ, Новосибирск | |
| Ионно-лучевой синтез нанокристаллов InSb на границе раздела Si/SiO ₂ в структурах кремний-на-изоляторе: эволюция оптических свойств и деформационные характеристики..... | 70 |
| Чэн Юйчжу, НГУ, Новосибирск | |
| Эффекты переключения сопротивления в структурах на основе аморфного гидрогенизированного кремния с включениями нанослоёв германия..... | 71 |
| Шешуков Олег Юрьевич, ИНМТ УрФУ, Екатеринбург | |
| Управление плавкой кремния на основе анализа электрических параметров..... | 72 |
| Шкляев Александр Андреевич, ИФП СО РАН, Новосибирск | |
| Покрытия, изменяющие направление распространения света на основе резонансов ми в частицах кремния и германия..... | 73 |
| Щемеров Иван Васильевич, МИСИС, Москва | |
| Определение пределов оптимизации переходных характеристик выпрямительных диодов при облучении высокоэнергетическими электронами..... | 74 |
| Эрвье Юрий Юрьевич, ТГУ, Томск | |
| Модель формирования структурных единиц в изломах моноатомных ступеней на поверхности Si(100)..... | 75 |
| Якимов Евгений Борисович, ИПТМ РАН, Черногловка | |
| Перспективы кремния в качестве преобразователя бетавольтаического элемента.... | 76 |

Стендовые доклады

| | |
|---|----|
| Абросимова Наталья Дмитриевна, РФЯЦ - ВНИИЭФ, Саратов Модифицирование зарядовых свойств диэлектрических слоев в составе полупроводниковых композиций на основе кремния с помощью обработки поверхности в N ₂ и O ₂ плазме | 77 |
| Владимиров Валерий Михайлович, КНЦ СО РАН, Красноярск Измерители времени жизни неравновесных носителей заряда и удельного сопротивления в пластинах и слитках монокристаллического кремния..... | 78 |
| Волкова Лидия Сергеевна, ИНМЭ РАН, Москва Особенности подготовки образцов современных СБИС для ПЭМ-исследований | 79 |
| Горчакова Мария Алексеевна, АО «НИИМЭ», Москва Разработка конвейерного сетевого процессора для повышения качества обслуживания сетевого трафика..... | 80 |
| Горячев Андрей Викторович, ИНМЭ РАН, Москва Анализ межслойных границ раздела тонких пленок Ti и его соединений методом оже-электронной спектроскопии | 81 |
| Гришин Тимофей Сергеевич, ИНМЭ РАН, Москва Формирования массивов Ag наночастиц на поверхности SiO ₂ : АСМ-исследование | 82 |
| Зотов Александр Александрович, ИФТТ РАН, Черногоровка Влияние условий отжига и ориентации поверхности ионно-имплантированного кремния на люминесценцию дислокационных структур | 83 |
| Лукьянова Ирина Юрьевна, ФТИАН, Москва КНИ нанопроволочные транзисторы до и после химического утончения кремния и его диоксида..... | 84 |
| Митин Константин Александрович, ИТ СО РАН, Новосибирск Влияние радиационно-конвективной теплоотдачи на поле температуры в кристаллах в методе БЗП | 85 |
| Митин Константин Александрович, ИТ СО РАН, Новосибирск Тепловая история монокристалла в методе Чохральского с учетом сопряженного радиационно-конвективного теплообмена и вращения кристалла | 86 |
| Пестов Алексей Евгеньевич, ИФМ РАН, Нижний Новгород Коррекция формы поверхности кристалла-монокристаллического кремния (110) | 87 |
| Поляков Максим Викторович, ИНМЭ РАН, Москва Влияния технологических параметров магнетронного распыления на структуру и свойства пленок высокоэн-тропийного сплава системы CoCrFeNiTi..... | 88 |
| Попов Игорь Владимирович, ИФП СО РАН, Новосибирск Получение тонких пленок кремния методом анодного окисления | 89 |
| Тихонова Елена Дмитриевна, АО «НИИМЭ», Москва Контроль однородности критических размеров линий металлизации, полученных методом двойного паттернирования | 90 |
| Барков Константин Александрович, ВГУ, Воронеж Влияние кислорода на формирование кремний-кислородных тетраэдров в пленках SIPOS | 91 |
| Барков Константин Александрович, ВГУ, Воронеж Формирование метастабильной фазы Al ₃ Si в магнетронных и ионно-лучевых пленках Al-Si..... | 92 |
| Вдовин Владимир Ильич, ИФП СО РАН, Новосибирск Структурная диагностика слитков mc-Si и реконструкция дендритного роста при направленной кристаллизации | 93 |
| Гоник Михаил Александрович, ЦМ "ФОТОН", Александров К выращиванию крупногабаритных монокристаллов кремния модифицированными методами Чохральского и плавающей зоны | 94 |

| | |
|---|-----|
| <i>Кацюба Алексей Владимирович, ИФП СО РАН, Новосибирск</i> | |
| Получение пленок CaSi ₂ с планарной поверхностью выращенных методом радиационного воздействия на структуру CaF ₂ /Si(111) | 95 |
| <i>Ким Ксения Борисовна, ВО "ВГУИТ", Воронеж</i> | |
| Осаждение пленки SnO _x на пористом кремнии методом вакуумно-термического напыления | 96 |
| <i>Кислицын С. А., ИТ СО РАН, Новосибирск</i> | |
| Зависимость формы фронтов кристаллизации от режимов тепловой гравитационно-центробежной конвекции в расплавах с различными числами Прандтля | 97 |
| <i>Кислицын С. А., ИТ СО РАН, Новосибирск</i> | |
| Численные исследования сопряженного конвективного теплообмена в двухслойной системе с продольным градиентом температуры на нижней горизонтальной границе..... | 98 |
| <i>Козлов Владимир Алексеевич, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург</i> | |
| Исследование процессов прохождения тепла через поверхности шлифованных и полированных пластин кремния | 99 |
| <i>Кортаев Александр Григорьевич, ТГУ, Томск</i> | |
| Влияние смены механизма роста на формирование удлинённых квантовых точек германия на кремнии | 100 |
| <i>Михайлов А. В., ИТ СО РАН, Новосибирск</i> | |
| Формы фронтов кристаллизации в расплаве с инверсной зависимостью плотности от температуры | 101 |
| <i>Перетокин Артем Викторович, ИФМ РАН, Нижний Новгород</i> | |
| Управление зонной структурой и люминесцентным откликом двумерных фотонных кристаллов с наноструктурами Ge(Si)..... | 102 |
| <i>Пидченко Михаил Юрьевич, ТГУ, Томск</i> | |
| Ab initio расчеты энергий адсорбции атома кремния в изломах на моноатомной ступени на поверхности Si(100) | 103 |
| <i>Титова Анастасия Михайловна, ННГУ, Нижний Новгород</i> | |
| Гетероэпитаксиальный рост родственных с оловом материалов IV группы на Si основе методом МЛЭ с газовым источником, усиленным горячей нитью | 104 |
| <i>Уткин Дмитрий Евгеньевич, ИФП СО РАН, Новосибирск</i> | |
| Особенности отражения света от упорядоченных в решётку частиц Ge: влияние размера и периода..... | 105 |
| <i>Юрасов Дмитрий Владимирович, ИФМ РАН, Нижний Новгород</i> | |
| Формирование и исследование оптических свойств фотонных кристаллов в структурах на основе толстых слоев Ge/SOI..... | 106 |
| <i>Яблонский Артем Николаевич, ИФМ РАН, Нижний Новгород</i> | |
| Спектроскопия фото- и электролюминесценции SiGe наноструктур с двумерными фотонными кристаллами..... | 107 |
| | |
| <i>Список докладчиков</i> | 108 |
| | |
| <i>Авторский указатель</i> | 115 |