



Создание дизайн-центра микроэлектроники со специализацией в области электронной компонентной базы и систем связи, в том числе, для морской сферы деятельности.

Севастополь 08 июля 2022 г

Стратегический проект 1

«Разработка и трансфер высоких технологий в морской сфере деятельности»

Цель: Разработка комплекса критических технологий «интернет вещей» и робототехники в морской сфере деятельности для создания платформы разнородных роботизированных агентов, интегрированных в единую систему цифровой навигации и связи.

Проблема: Зависимость РФ от импорта электронных компонент и технологий измерительных и робототехнических систем на уровне 90%.

2021

1. Из-за дефицита чипов в России стало не хватать банковских и SIM-карт
2. Телекоммуникационные компании РФ не смогут получить доступ к оборудованию для 5G-сетей
3. Облачным провайдерам («Яндекс» и «Сбер») будет сложно расширять свои дата-центры
4. Чипы для устройств интернета вещей (IoT)

Решаемая задача: Преодоление зависимости РФ от импорта электронных компонент и технологий путём получения значимых научных результатов мирового уровня, разработки технологий мирового уровня, создание новых видов научно-технической продукции, обеспечивающей экспортный потенциал и импортозамещение.

Россия столкнулась с серьезными проблемами с поставками чипов (не что производить, а из чего?)

Russia imports most of its chips from Asia

Total value of semiconductor imports (\$mn), 2020



Source: Comtrade
© FT

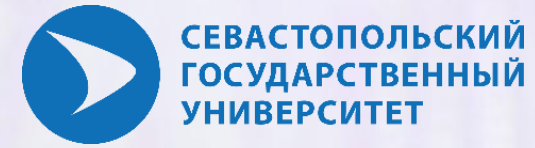
Сегменты рынка ЭКБ:

- Процессоры
- Аналоговые чипы
- Промышленные чипы
- Baseband-чипы (модемы)
- Автомобильные чипы и электроника
- Чипы для устройств интернета вещей

Зависимость отечественных производителей микросхем «Микрон», АО «МЦСТ» и «Байкал Электроникс») от поставок готовых полупроводниковых изделий зарубежными вендорами TSMC (Тайвань), SMIC (Китай), Intel (США) и Infineon (Германия).

Контрактное производство АО «МЦСТ» и «Байкал Электроникс» было реализовано в основном на заводах Европы и Тайваня.

Мировой рынок полупроводниковых чипов на 2022 г.



В 2021 рынок чипов вырос до \$359,4 млрд на 33,3%,
а мировые продажи чипов достигли 1,15 трлн. штук

- США инвестирует \$30 млрд в производство чипов
- Еврокомиссия выделяет €43 млрд на производство чипов в ЕС
- Индия инвестирует \$30 млрд в производство чипов
- Италия выделяет €4 млрд евро на производство чипов

Рынок оборудования для производства чипов

- 2021: рост на 44 % до \$93,5 млрд;
- продажи аппаратуры для сборки и упаковки чипов возросла на 87%;
- продажи оборудования для тестирования полупроводников возросли на 30%.

Сегменты рынка ЭКБ:

- Процессоры
- Аналоговые чипы
- Промышленные чипы
- Baseband-чипы (модемы)
- Автомобильные чипы и электроника
- Чипы для устройств интернета вещей

Расходы на оборудование в 2021 г.

- Китай - на 58%, \$29,62 млрд.
- Южная Корея - на 55%, \$24,98 млрд.
- Тайвань - на 45%, \$24,94 млрд.
- Япония - на 3%, \$7,8 млрд.
- Северная Америка - на 17%, \$7,61 млрд.
- Европа - на 23%, \$3,25 млрд
- В остальных странах – на 79%, \$4,44 млрд.

Причины значительных ограничений продаж полупроводниковых чипов на мировом рынке

КРИТИЧЕСКИЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



Несмотря на то, что в 2020 году на США приходилось всего 12% мощностей по производству полупроводников (Тайвань + Южная Корея = 43%) они контролировали более 70% мирового производства

- США усилили защиту американского рынка чипов с точки зрения национальной безопасности (по сообщению газеты [The Wall Street Journal](#)).
- Ограничение китайских инвестиций в американскую полупроводниковую отрасль.
- Законопроект, направленный на повышение конкурентоспособности США по сравнению с Китаем.
- Увеличение финансирования в размере \$100 млрд для стимулирования исследований в ключевых технологических областях, от искусственного интеллекта до квантовых вычислений.

Можно ли купить критические технологии?



Технологии

Усиление
ограничительных
мер и резкое
сокращение
мирового рынка
высоких технологий

«Полцарства за
коня?», т.е. за меч?



Технологии



Ресурсы



Ресурсы

Сокращение рынка
ресурсов и рост
цен

“Где взять студента, который бы нам все сделал?”

Можно ли тасуя организационно-правовые формы решить проблему ЭКБ?”



ТВЗ

**Бизнес
инкубаторы**

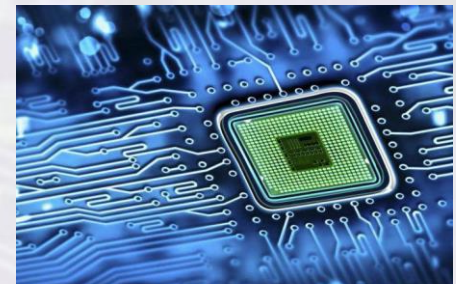
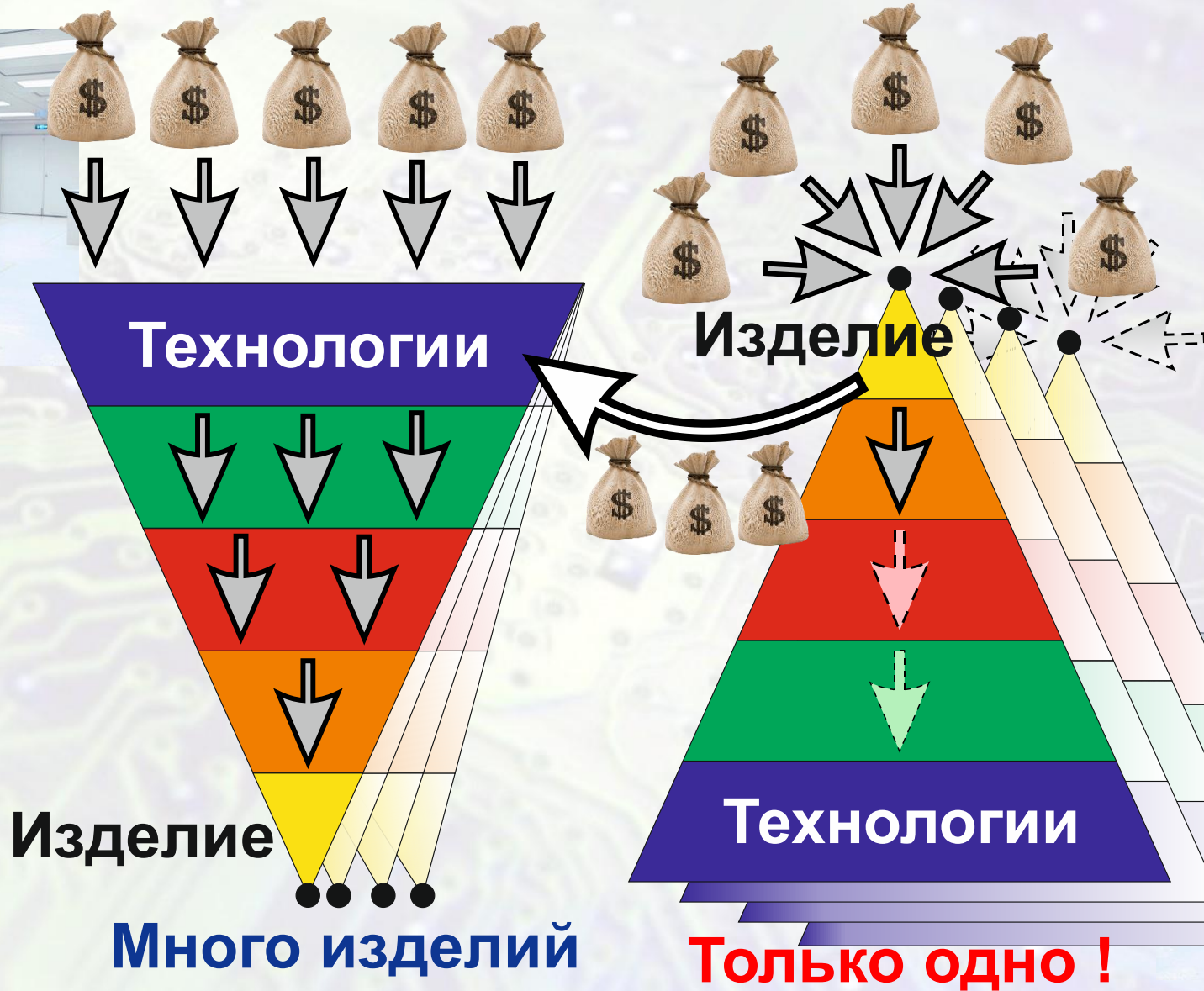
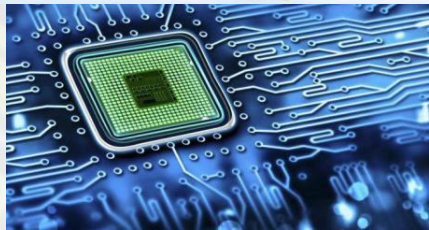
**Инжиниринговые
центры**

Российский производитель МЭМС объяснил, что импортозамещение в полупроводниковой отрасли нереально

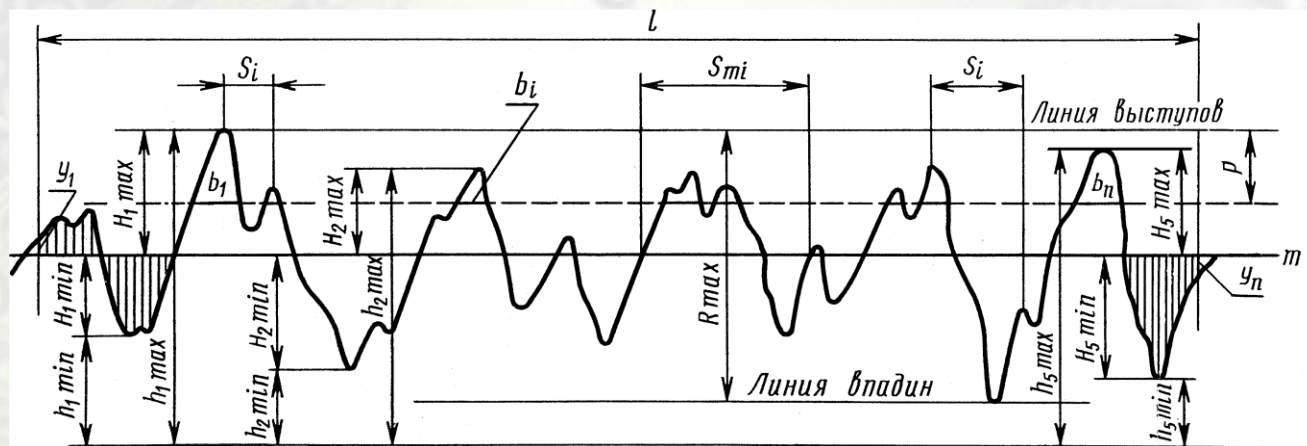
Организационно-правовые причины

ПРОДУКТ = ТЕХНОЛОГИЯ

ПРОДУКТ = ИЗДЕЛИЕ



ГОСТ 2789-73



6. Параметры шероховатости (один или несколько) выбираются из приведенной номенклатуры:

Ra — среднеарифметическое отклонение профиля;

Rz — высота неровностей профиля по десяти точкам;

R_{max} — наибольшая высота профиля;

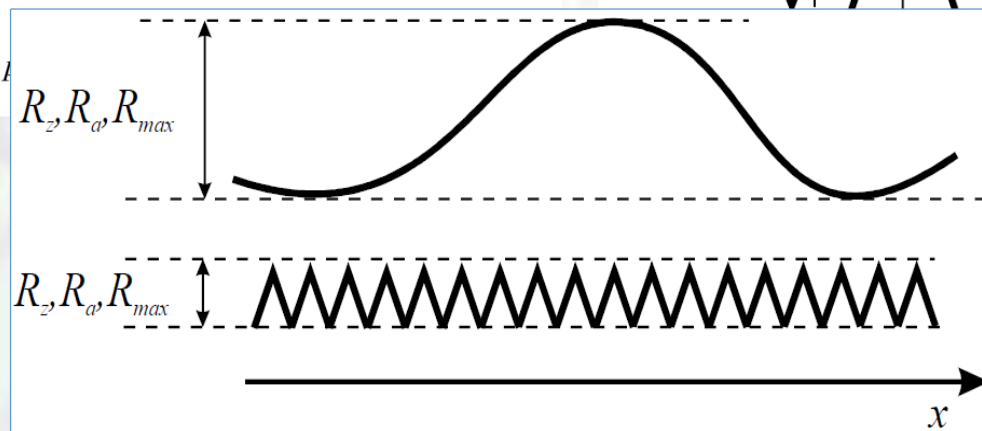
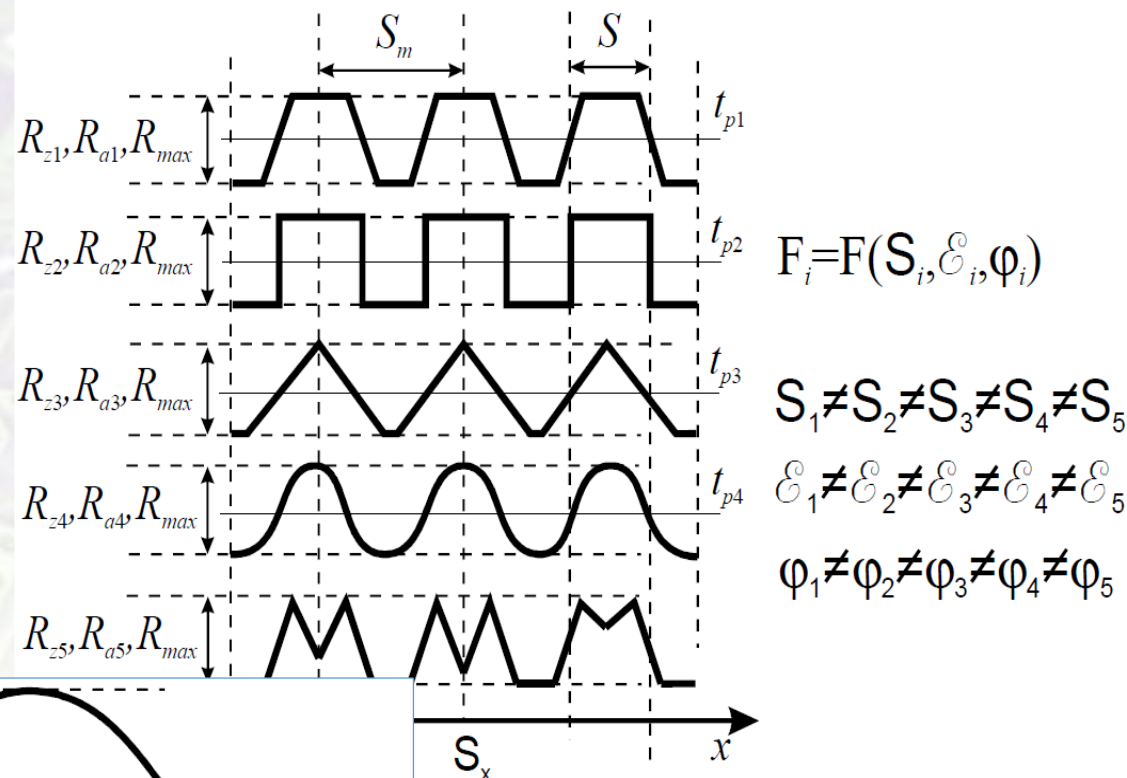
Sm — средний шаг неровностей;

S — средний шаг местных выступов профиля;

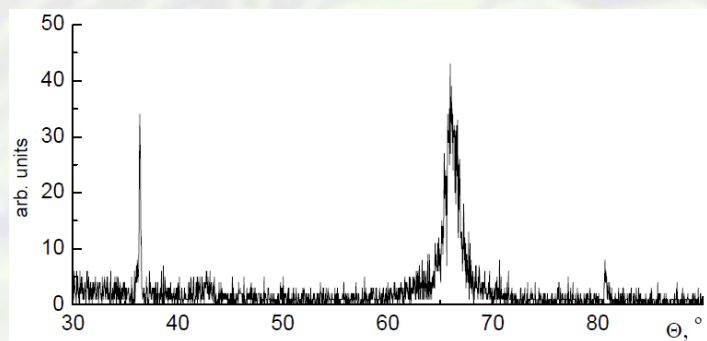
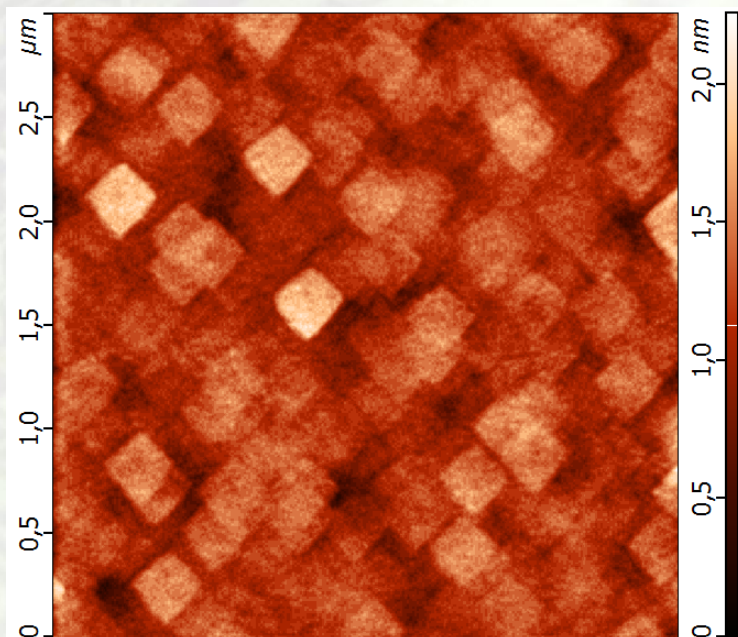
tr — относительная опорная длина профиля, где

Параметр Ra является предпочтительным.

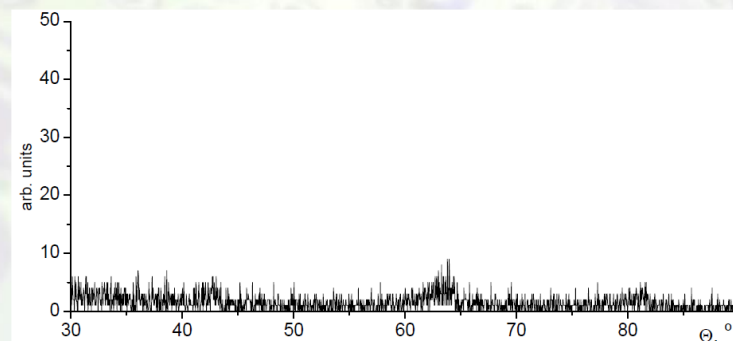
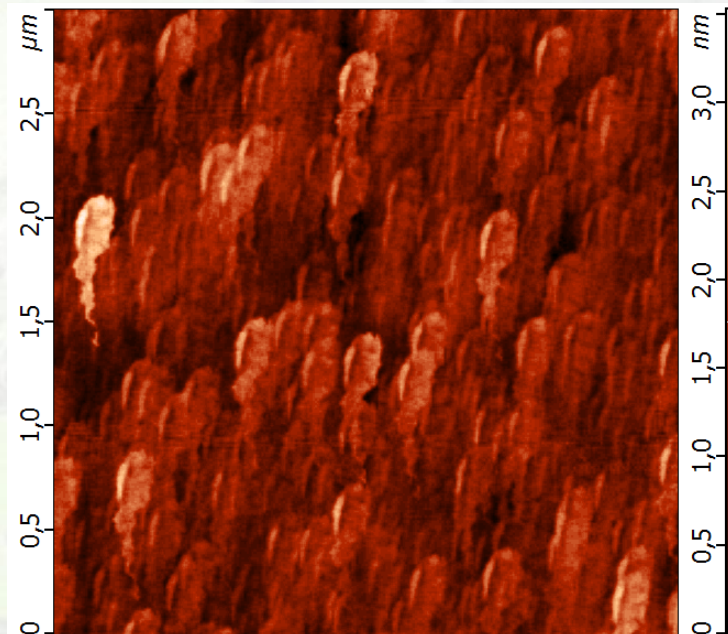
Примеры рельефов поверхностей



Технические причины



01.10.2019 г.

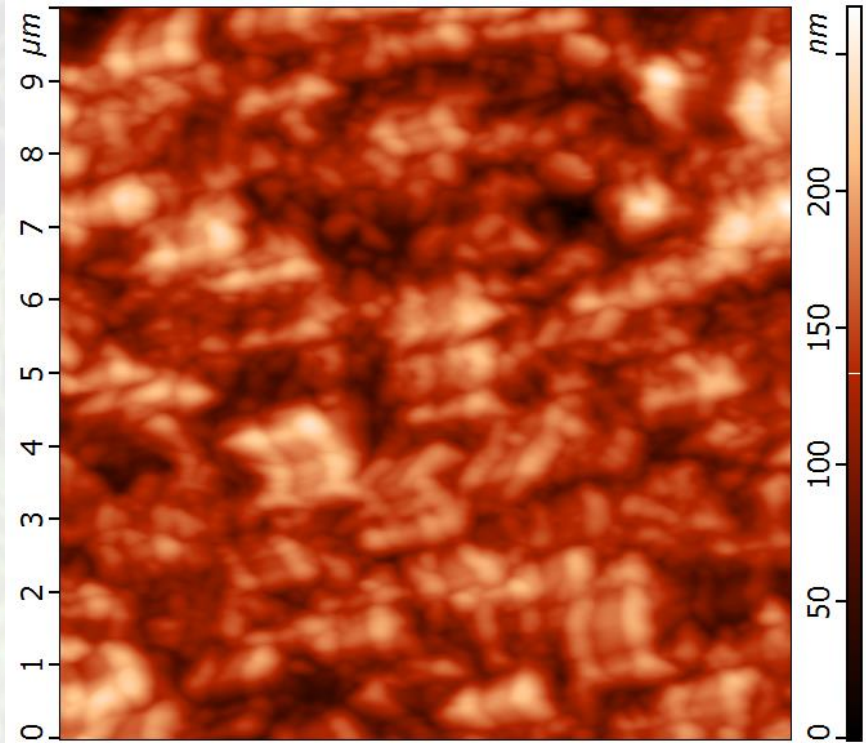


08.10.2019 г.

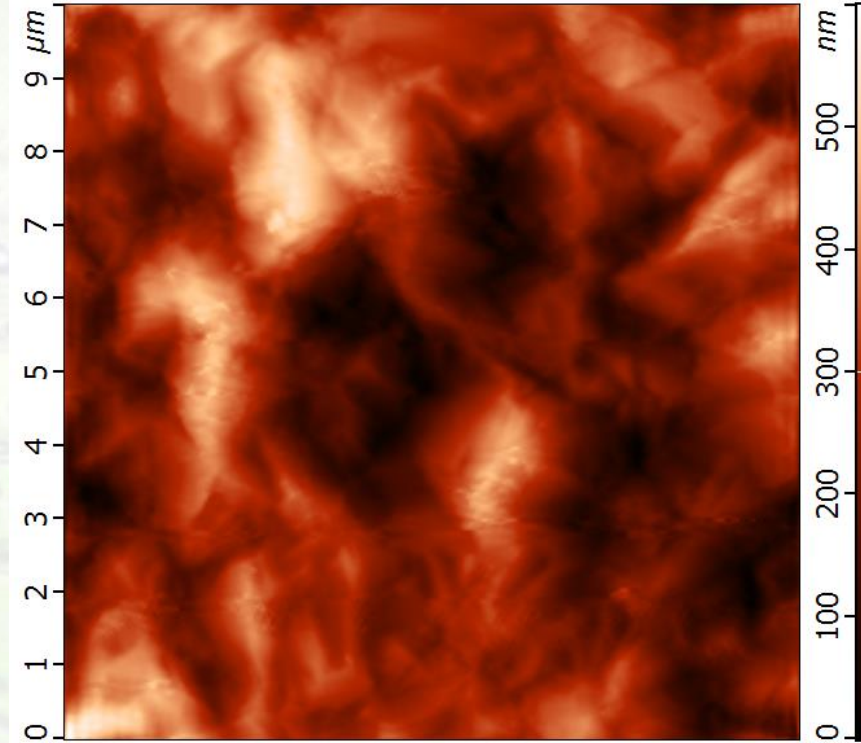
Воспроизводимость
морфологии тонких
пленок SiN_x

Пленки диэлектрика
 SiN_x толщиной ~0.14
мкм полученные в
стандартном режиме
работы плазмы
(PECVD) Corial D250.

Технические причины



Октябрь 2016 г.



Июль 2016 г.

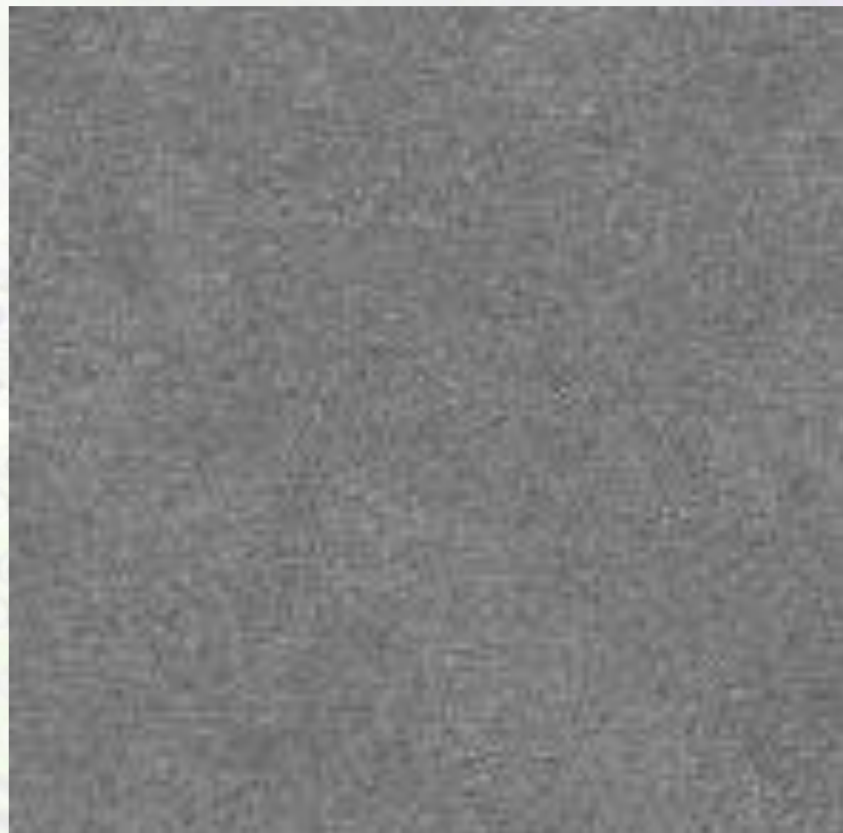
Воспроизводимость
морфологии
тонких пленок
гальванического
золота (Au)

Стандартный золотой электролит, толщина Au-осадка 2.5 мкм, осаждали на n-GaAs{100} после стандартных химических обработок.

Технические причины



2012 г.

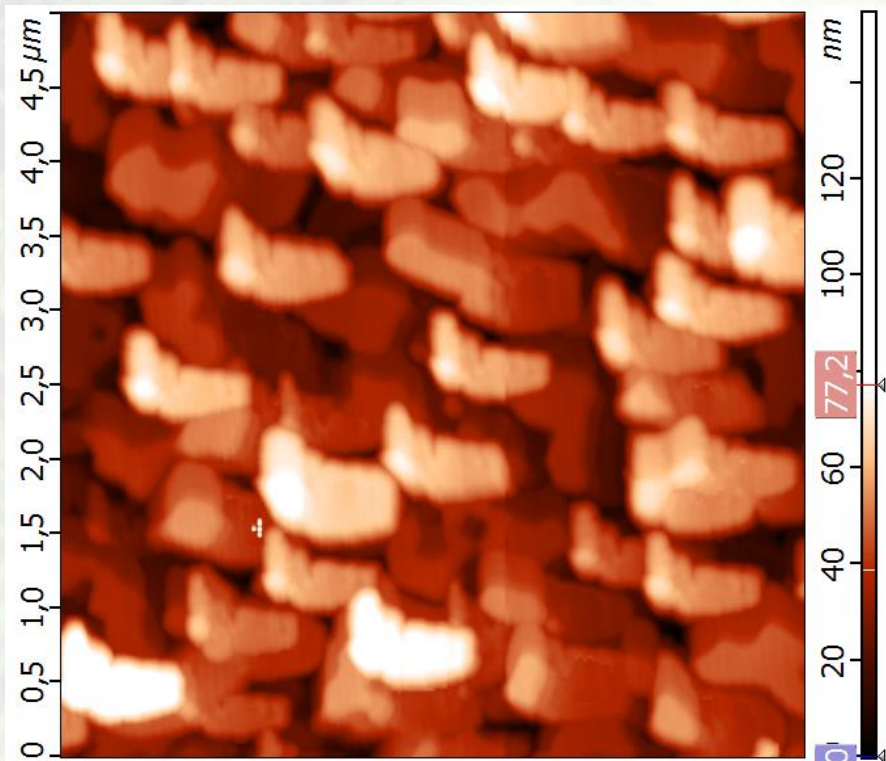


2013 г.

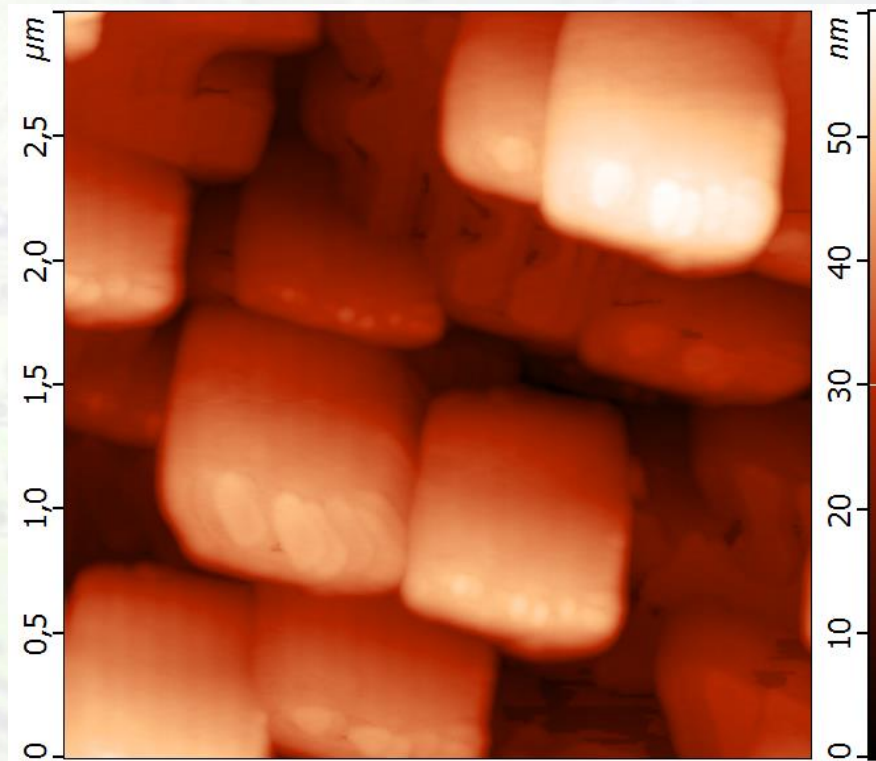
**Воспроизводимость
морфологии
тонких пленок
гальванического
золота (Au)
WIN Semiconductors**

Гальваническое утолщение золота МИС УМ с технологической номой 0.15
мкм производства WIN semiconductors

Технические причины



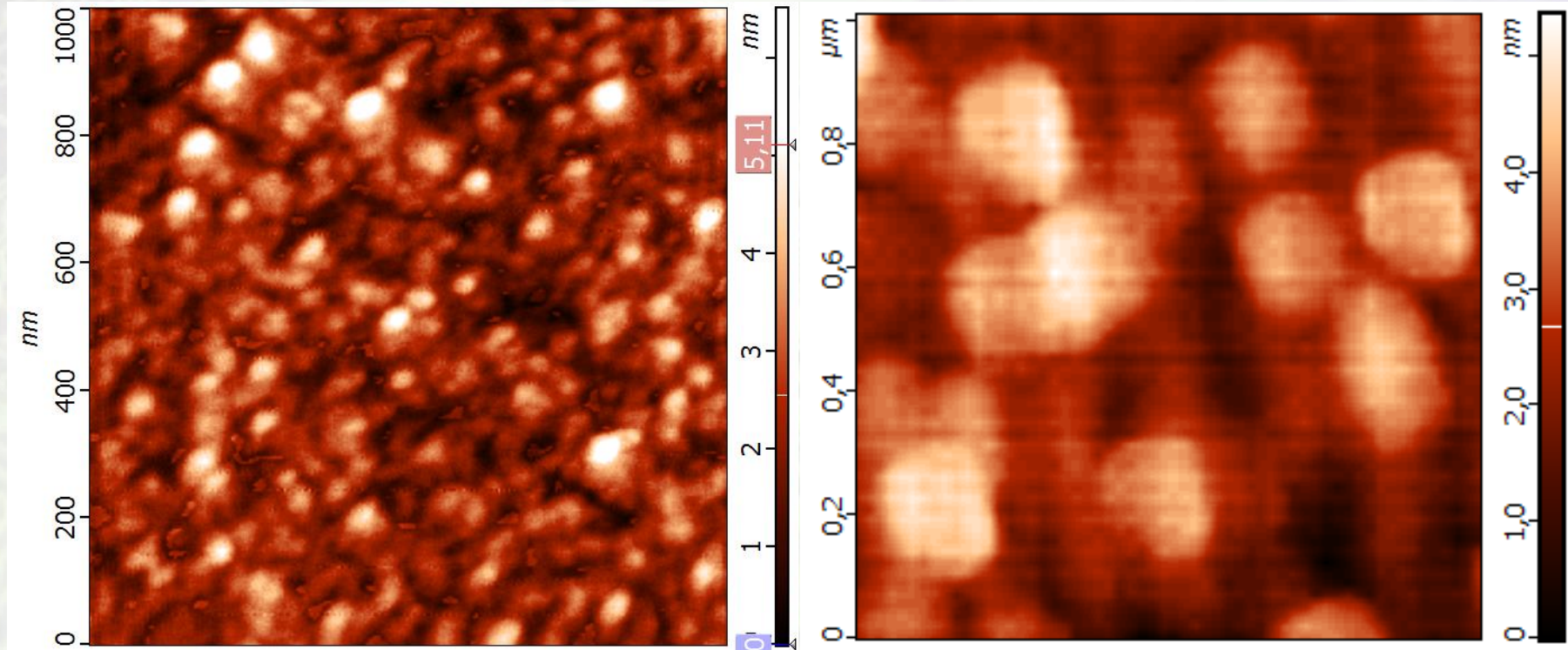
25.01.2010 г.



28.12.2009 г.

Воспроизводимость
морфологии
тонких пленок
алюминия
(Al)толщиной 100 нм
выращенного МЛЭ
на GaAs{100}
После стандартных
химических
обработок

Технические причины



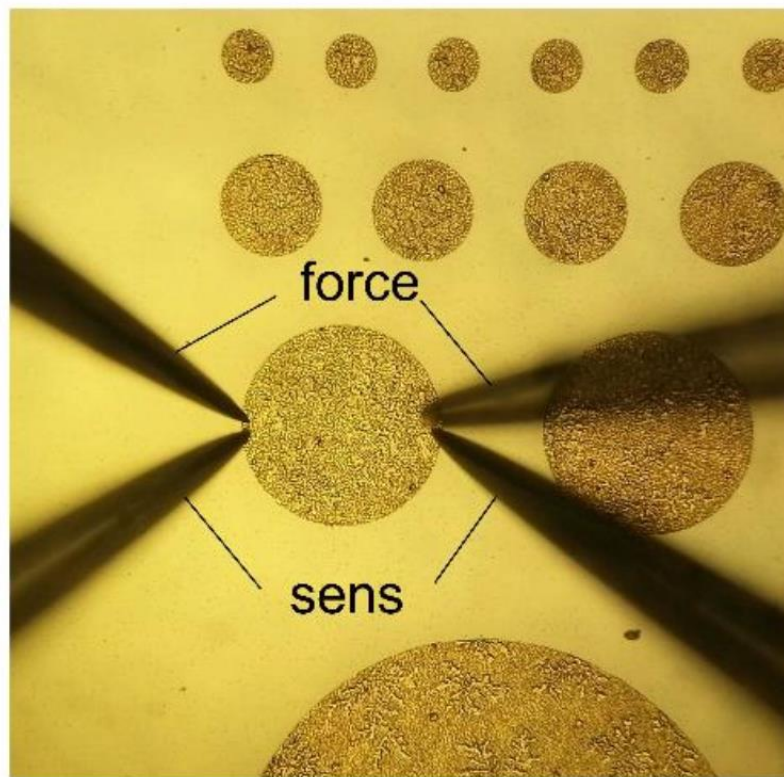
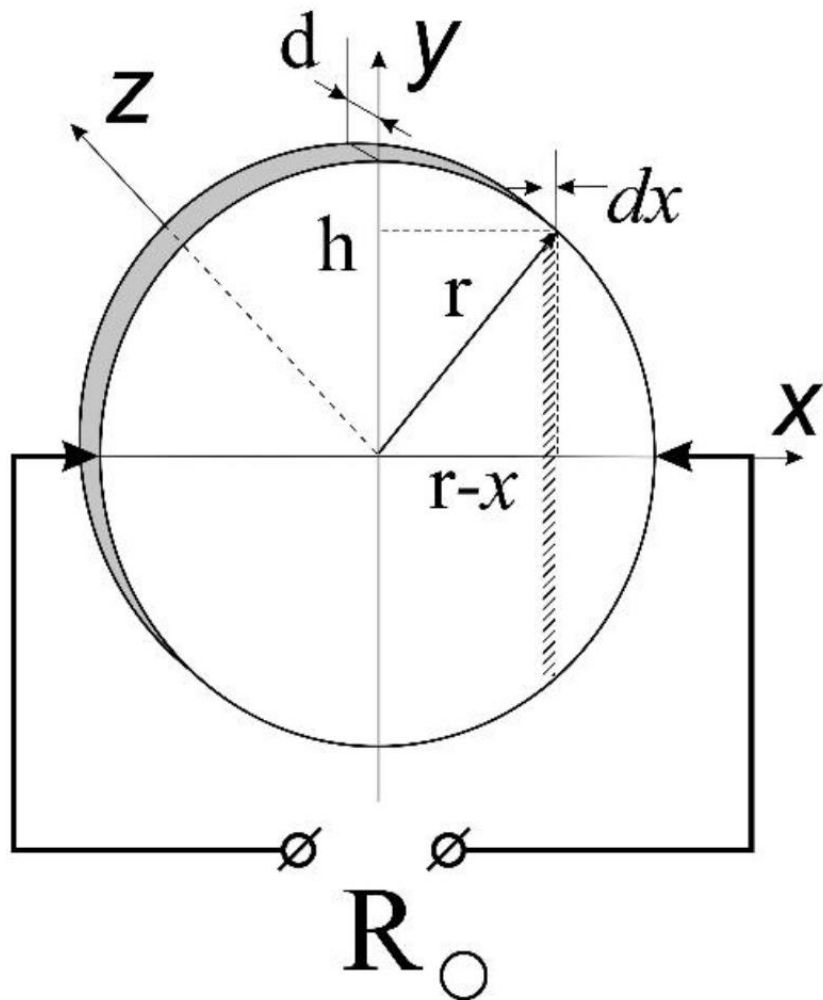
10.06.2008 г.

25.05.2008 г.

Воспроизводимость
морфологии
тонких пленок титана
(Ti) толщиной 100 нм
напыленных на
GaAs{100}
После стандартных
химических
обработок

Установка вакуумного напыления УВН-4Н

Сильное влияние на слоевое сопротивление



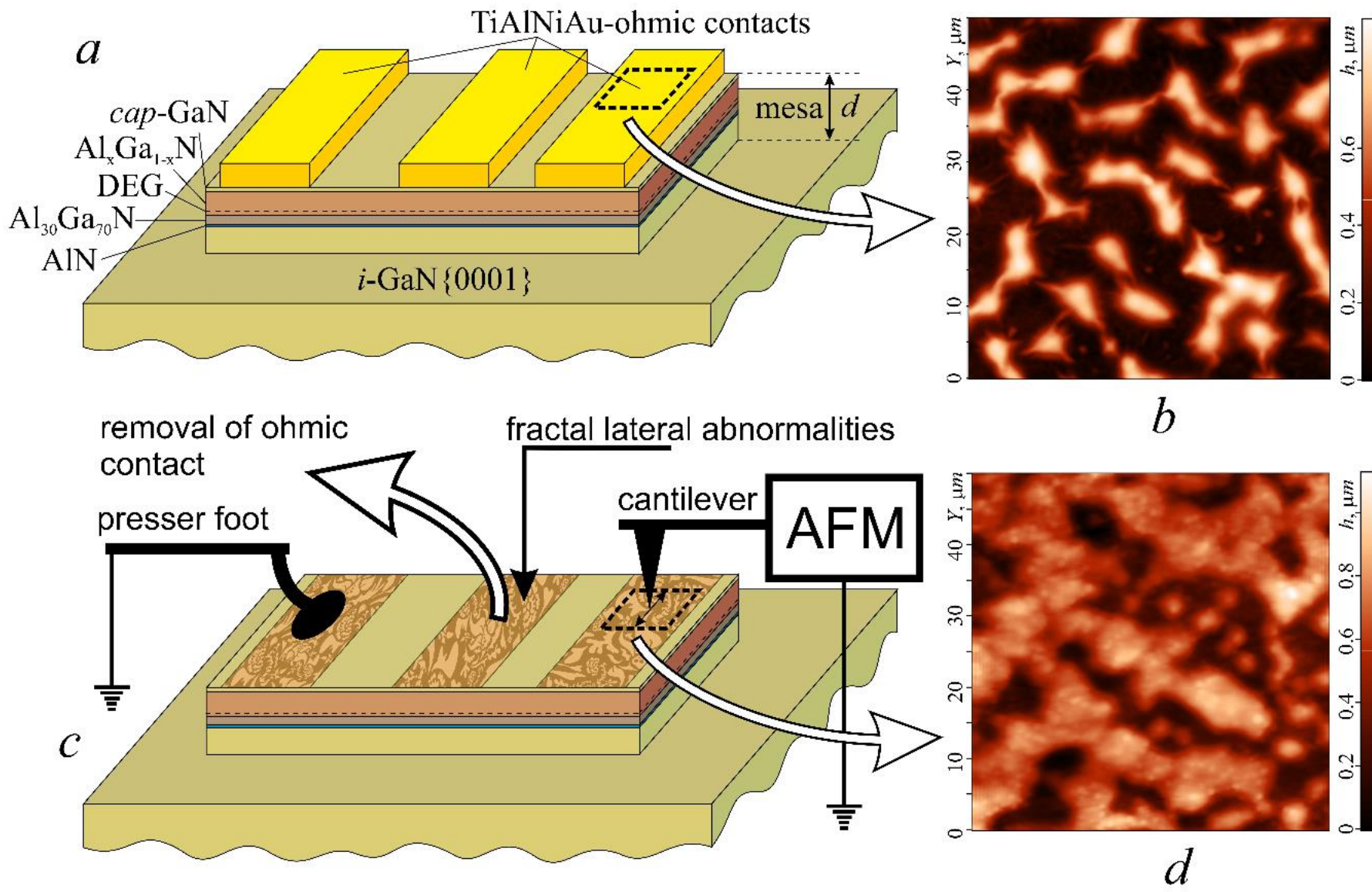
Torkhov N.A., Evstigneev
M.P., Kokolov A.A., Babak
L.I.

The Fractal Geometry of
TiAlNiAu Thin Film Metal
System and Its Sheet
Resistance (Lateral Size
Effect).

Symmetry. 2021, 13, 2391.

<https://doi.org/10.3390/sym13122391>.

Сильное влияние на сопротивление омических контактов

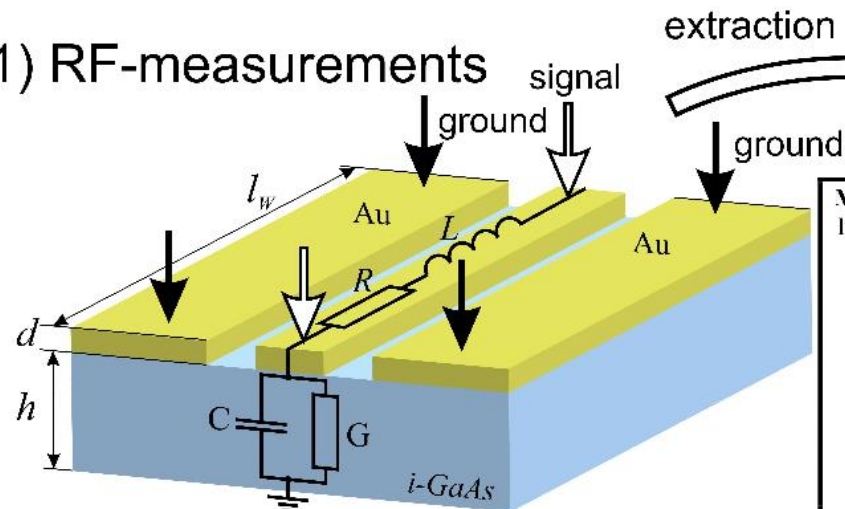


N.A. Torkhov, M.P. Evstigneev, K.P. Orlova, A.V. Gradoboev. Physical nature of size effects in TiAlNiAu/GaN ohmic contacts to AlGaIn/GaN heteroepitaxial structures. *Semicond. Sci. Technol.* 37 (2022) 055023 (9pp).

<https://doi.org/10.1088/1361-6641/ac557e>.

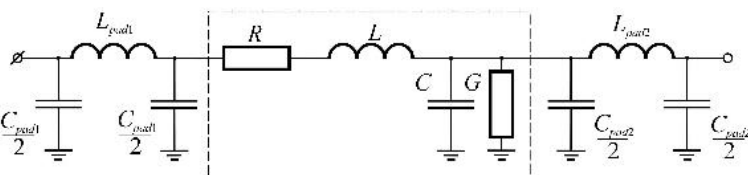
Сильное влияние на скин-эффект

1) RF-measurements



dimensional effects,
similarity dimension D_s

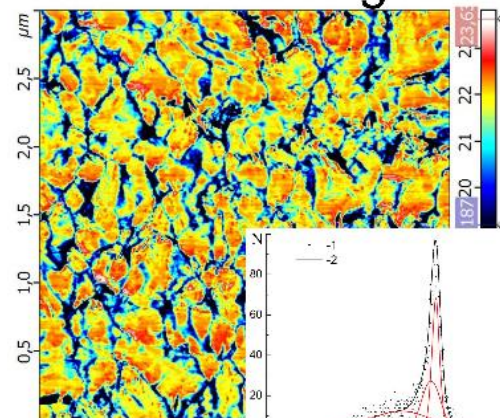
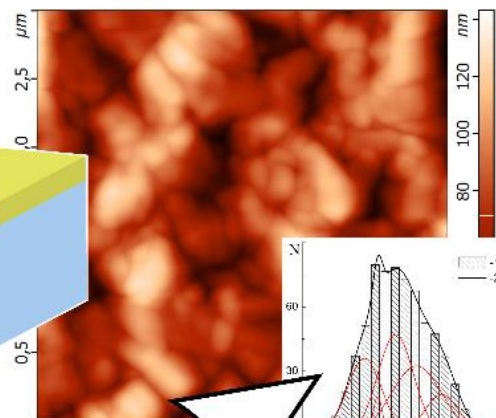
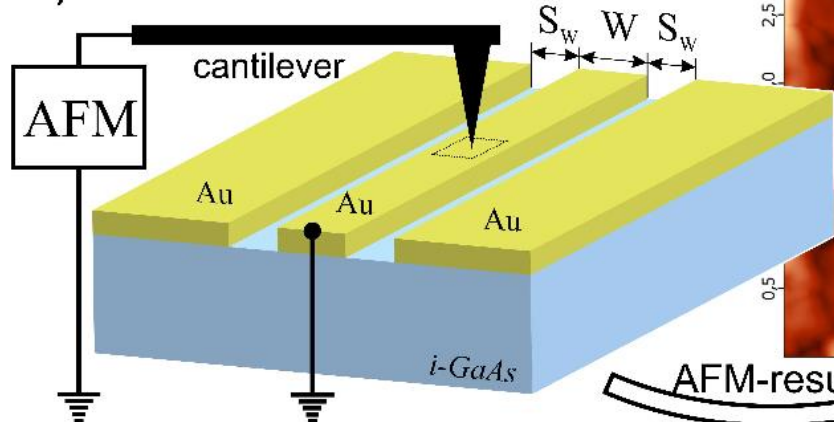
Microwave line length $l_w, \mu m$	Resistance		Inductivity		Capacitance	Conductivity
	R, Ω	$D_s(R)$	L, H	$D_s(L)$	C, fF	$G, 1/\Omega$
100	0.12	1.28	1.24×10^{-10}	1.42	1.41	$1.44E-6$
200	0.18	1.24	7.19×10^{-10}	1.14	2.90	$3.00E-6$
400	0.28	1.20	1.96×10^{-9}	1.03	5.76	$5.81E-6$
800	0.69	1.16	4.23×10^{-9}	0.99	12.03	$1.11E-5$
1600	1.65	1.06	8.12×10^{-9}	1.05	22.54	$2.87E-5$
3200	3.33	1.02	1.68×10^{-8}	1.03	44.72	$5.01E-5$



fractal relief of
transmission line

fractal spreading
current inhomogeneity

2) AFM-measurements



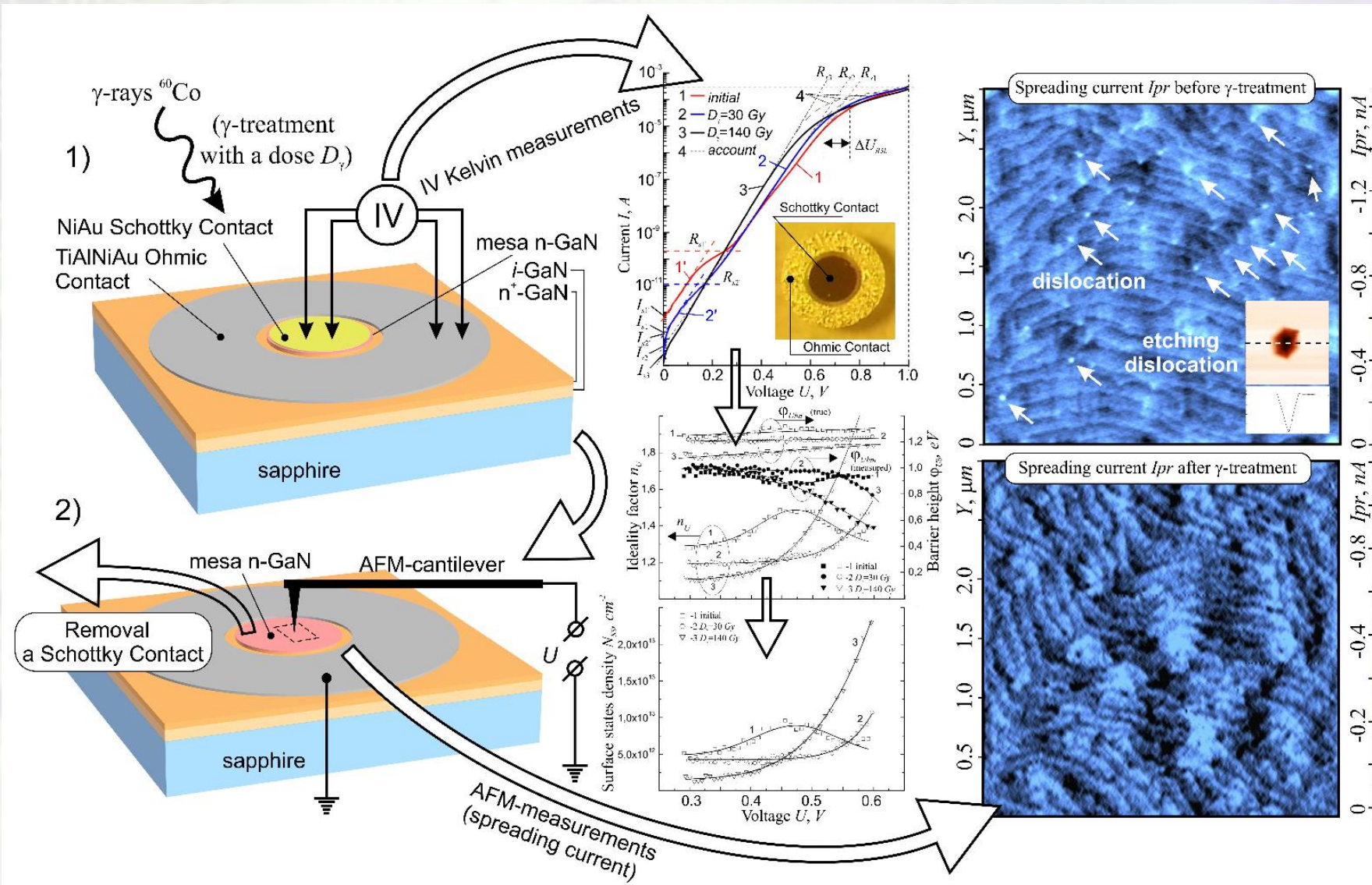
AFM-results

grain size

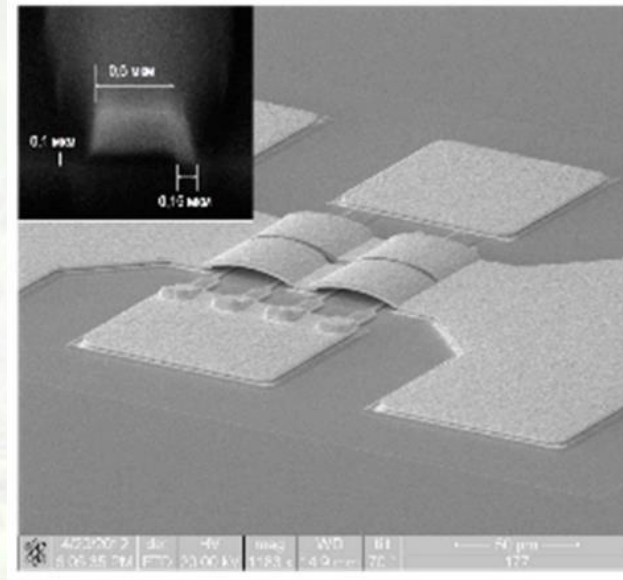
spreading current skin-layer

N.A. Torkhov, V.A.
Novikov, K.V.
Kareva, V.A.
Budnyaev, L.I.
Babak. Transition of
the anomalous skin
effect to the normal
one in thin-film
metal microwave
systems. Physica
Scripta. In press.
2022 г.

СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



**N.A. Torkhov,
A.V. Gradoboev,
V.A. Budnyaev,
I.V. Ivonin and V.A.
Novikov.
Physical Mechanisms for
the influence of Gamma
irradiation on close
Au/Ni/n-n+ GaN Schottky
contact characteristics”
discusses effect of ^{60}Co
Gamma-irradiation on
close AuNi/n-n+-GaN{0001}
Schottky
contacts.Semiconductor
Science and Technology.
2022.<https://doi.org/10.1088/1361-6641/ac7d71>.**



N.A. Torkhov, L.I. Babak, A.A. Kokolov, A.S. Salnikov, I.M. Dobush, V.A. Novikov, and I.V. Ivonin. Nature of size effects in compact models of field effect transistors. Journal of Applied Physics 119, 094505 (2016). doi: 10.1063/1.4942617.



symmetry@mdpi.com
www.mdpi.com/journal/symmetry



Модели реальных поверхностей

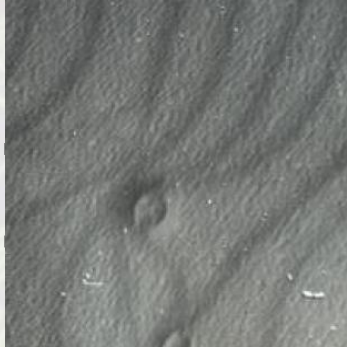
Реальная

Модель

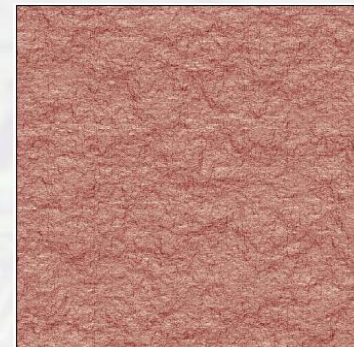
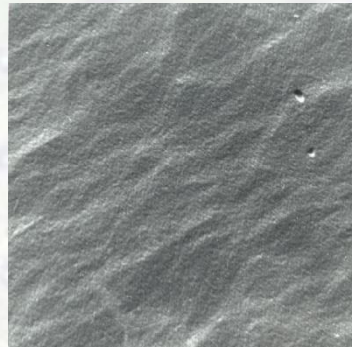
Реальная

Модель

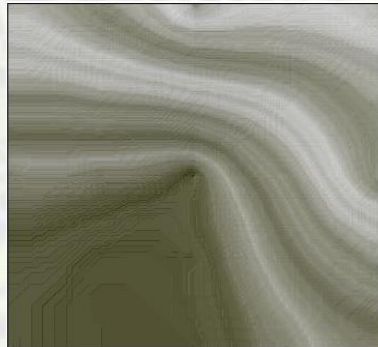
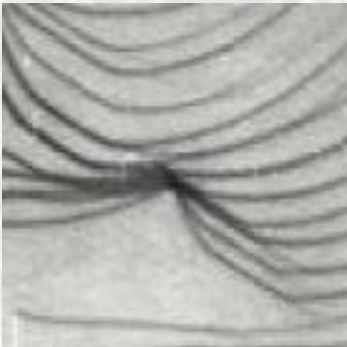
GaAs



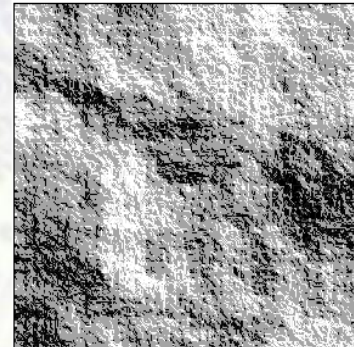
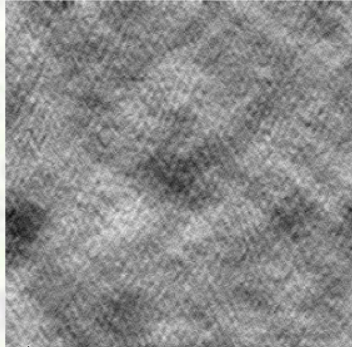
Si 2[111]



InAs [111]A



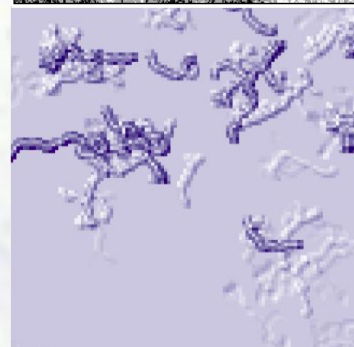
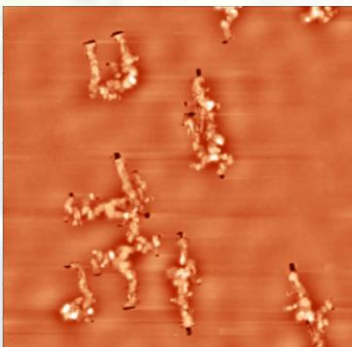
GaAs [100]



InAs [112]A



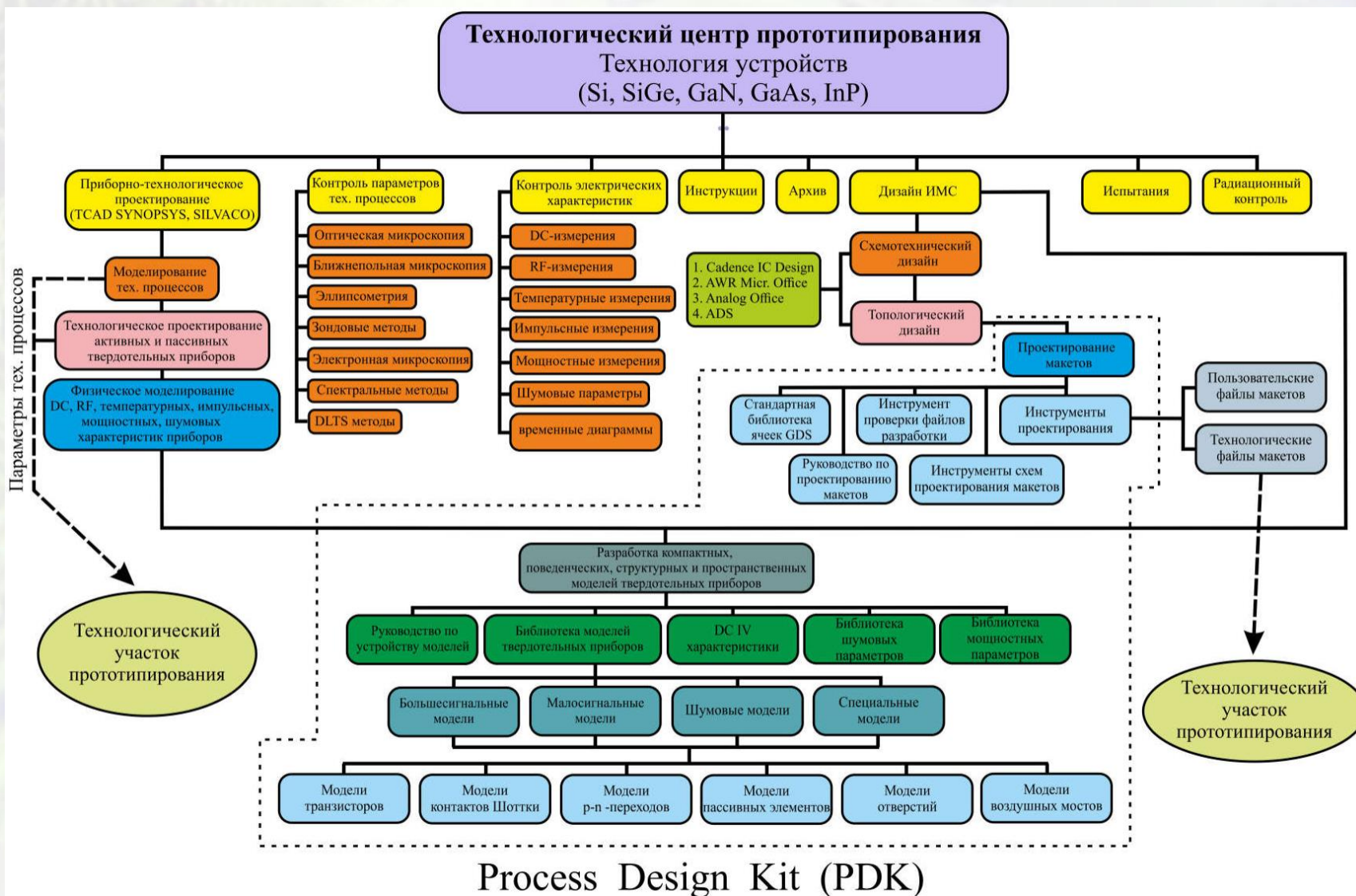
InGaAs [100]



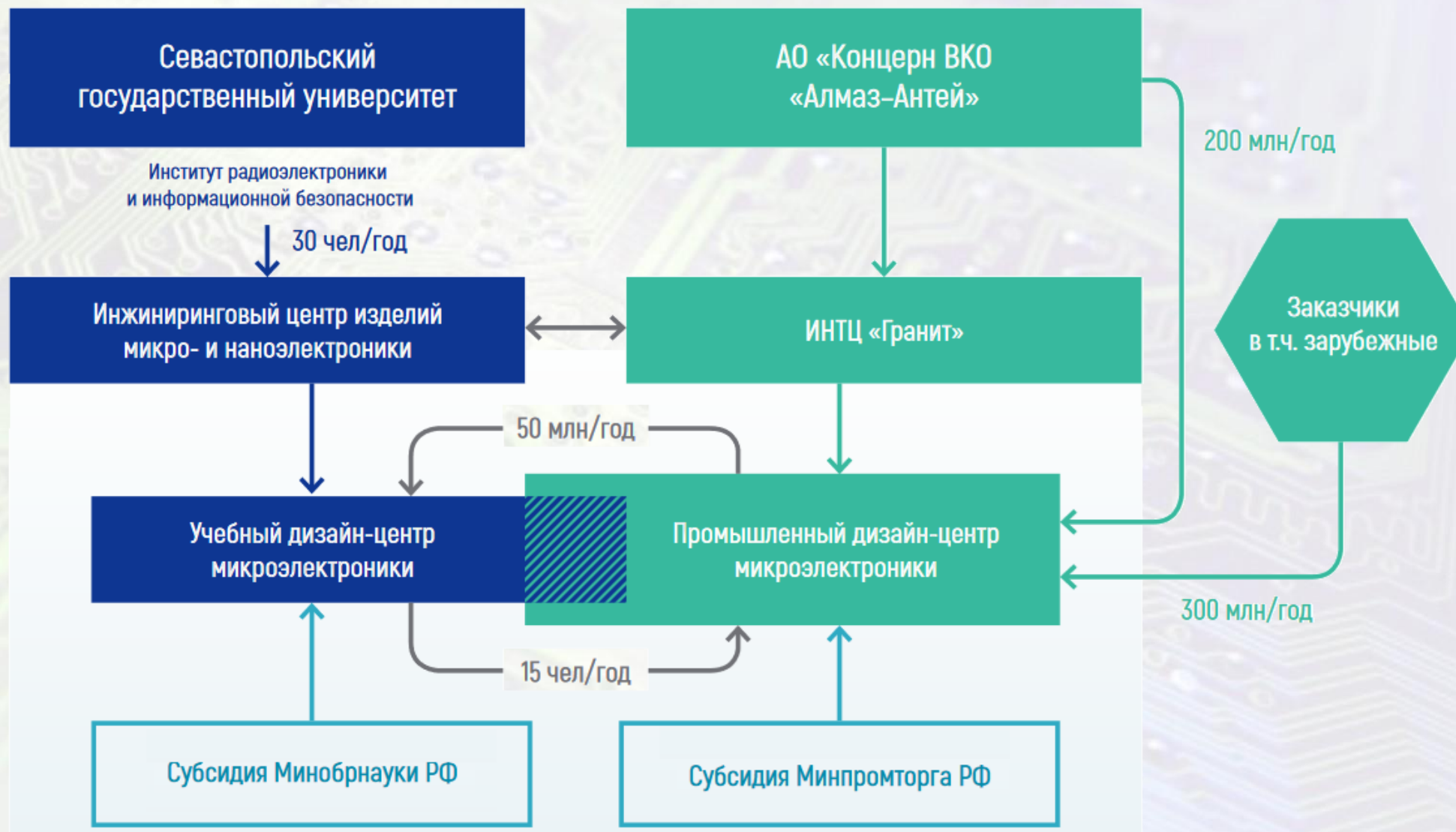
Торхов Н. А.
Топологическое
моделирование
реальных
полупроводниковых
поверхностей на
микронном и
наноуровнях.

СВЧ-техника и
телекоммуникационные
технологии. 2020. Вып.
2. 253-254.

ISSN 2619-1628



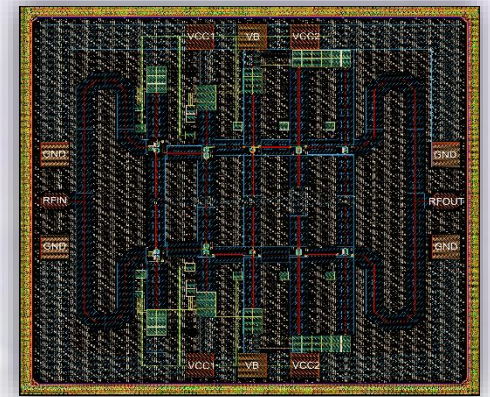
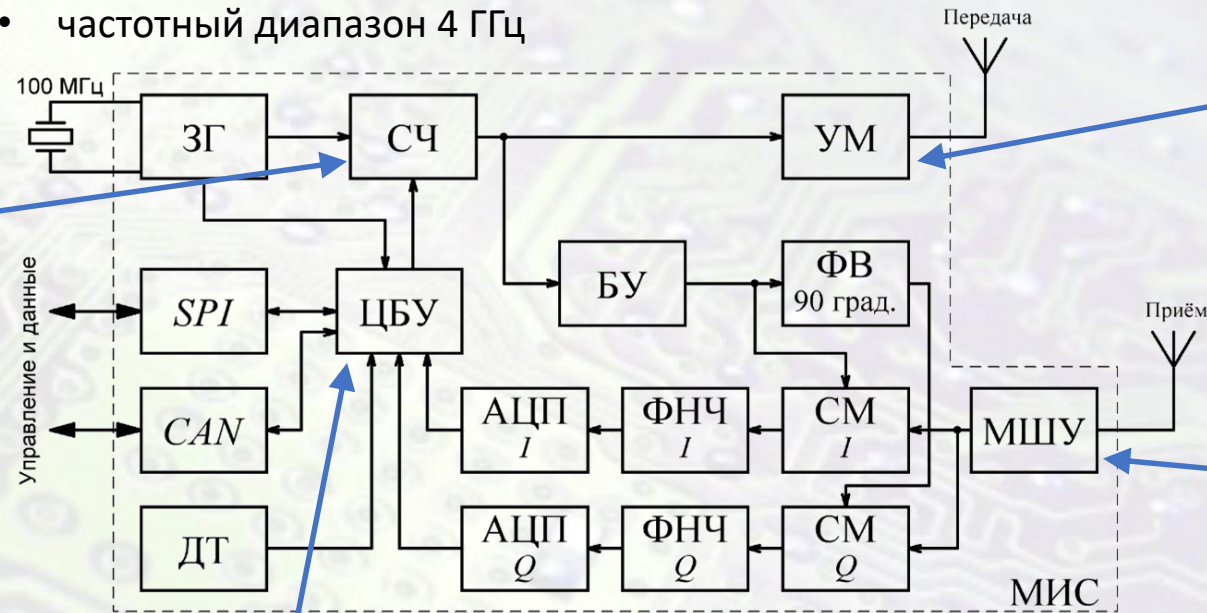
Проектная структура технологического дизайн-центра составлена на основе анализа функционирования аналогичных дизайн-центров мировых производителей ЭКБ (OMMIC, NITTITE, WIN-SEMICONDUCTORS, INP) и позволяет формировать собственные PDK как на основе зарубежных, так и с использованием собственных технологий, что позволяет организовать независимое промышленное производство гетероструктурных ИМС на территории России отвечающих потребностям заказчиков.



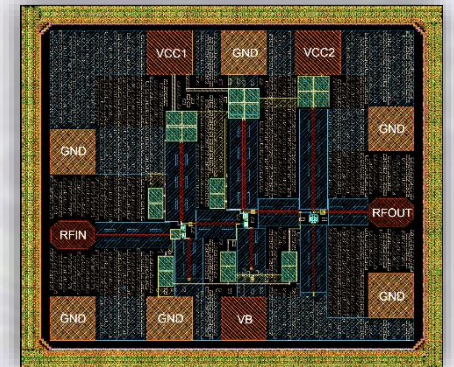
Пример реализованного учебного проекта

ИМС однокристалльного ЛЧМ-радар 77-81 ГГц:

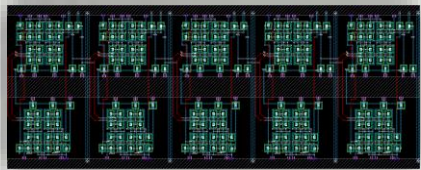
- технология SiGe БикМОП 130 нм ($f_t=300$ ГГц)
- аналоговая СВЧ и цифровая части на одном кристалле
- 1 канал приёма, 1 канал передачи
- частотный диапазон 4 ГГц



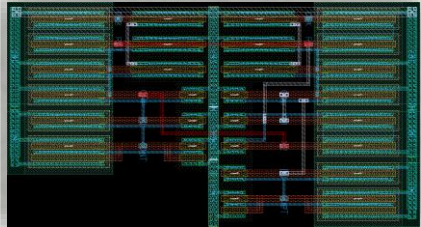
Усилитель мощности



Маломощный усилитель



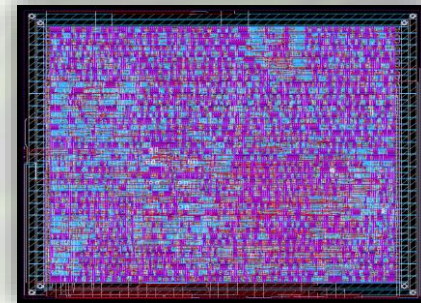
Многомодульный делитель частоты



Частотно-фазовый детектор

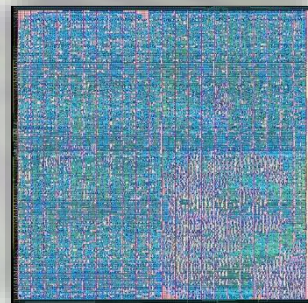


ГУН

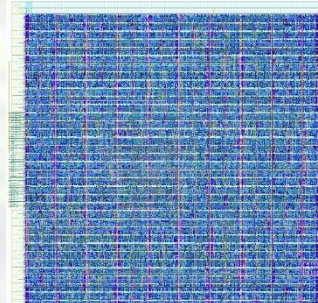


Модуль управления

Синтезатор частот

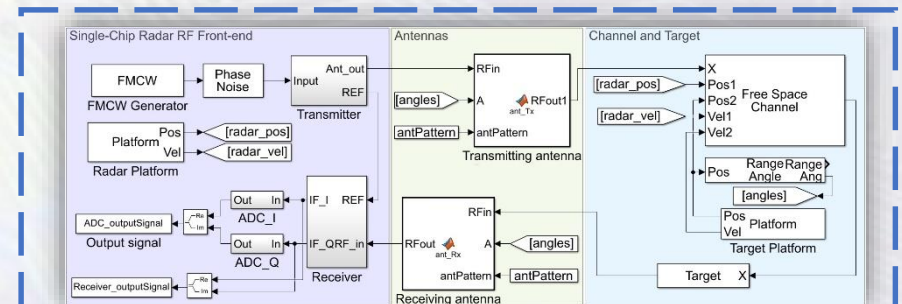


Блок БПФ



Блок CA-CFAR

Цифровой блок управления



Simulink-модель ЛЧМ-радар

«Разработка новых метрических подходов к методам контроля и прототипов высокотехнологических решений для целей реализации комплексного проекта по повышению процента выхода годной электронной компонентной базы при серийном производстве цифровых, аналоговых и радио-фотонных интегральных схем на отечественных предприятиях электронной промышленности реального сектора экономики с проектными нормами менее 100 нм»

Проект посвящен проблеме качественного и количественного скачка в промышленных нанотехнологиях высокого уровня сложности, связанных с разработкой и изготовлением материалов, различных твердотельных СВЧ электронных приборов и устройств.

Стоимость Проекта: 380 млн. рублей

«Разработка высокоэффективных радиопотонных приборов генерации и преобразования сигналов на основе перспективных полупроводниковых материалов для монолитных радиопотонных интегральных схем СВЧ, КВЧ и ТГц диапазонов»

Проект посвящен созданию научных и технологических основ для разработки высокоэффективных радиопотонных приборов преобразования сигналов с амплитудной и фазовой модуляцией на основе перспективных материалов (гетероструктур AlInAs/InGaAs/InP) для разработки и проектирования радиопотонных интегральных монолитных схем СВЧ, КВЧ и ТГц диапазонов.

Стоимость Проекта: 90 млн. рублей

«Материаловедение для применения в решении задач радиодоступа 5G/IMT-2020 и будущих поколений связи»

Проект посвящен исследованию и разработке перспективных материалов для цифровых, аналоговых и радиофотонных интегральных микросхем для применения в сетях радиодоступа 5G/IMT-2020 и будущих поколений связи.

Стоимость проекта 100 млн. рублей

«Анализ производственных возможностей потенциальных изготовителей компонент, определение итоговой доступности номенклатуры, обеспечивающей функционирование готового изделия в соответствии с заданными характеристиками»

Анализ производственных возможностей предприятий-разработчиков потенциальных изготовителей электронной компонентной базы (ЭКБ) цифровых, аналоговых и радиофотонных интегральных микросхем в соответствии с заданными характеристиками для применения в сетях радиодоступа 5G/IMT-2020 и будущих поколений связи.

Стоимость проекта 30 млн. рублей

Контроль и прогнозирование стохастических механизмов радиационного повреждения конструктивных материалов атомной энергетики

Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии.

Разработка новых научных методов и алгоритмов контроля для более точного прогнозирования стохастических механизмов радиационного повреждения и водородного охрупчивания материалов **недоступных** конструкций атомных установок для обеспечения требуемых функциональных характеристик в течении гарантийного срока службы и прогнозирование случайных отказов.

Стоимость проекта ~60 млн. рублей.

«Адаптация новых подходов, физических принципов функционирования и конструктивно-технологических решений для разработки прототипов кристаллов планарных InP(GaAs) -диодов СВЧ, КВЧ и ТГц частотных диапазонов с целью повышения их надежности и преодоления отставания от оптоэлектронной компонентной базы в терагерцовом частотном диапазоне»

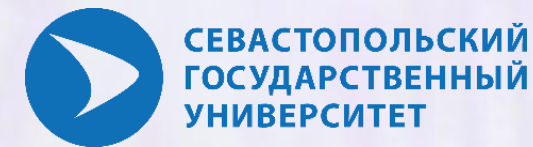
Целью Проекта является преодоление значительного отставания электронной компонентной базы от оптоэлектронной в терагерцовом частотном диапазоне путём получения значимых научных результатов мирового уровня, разработки технологий мирового уровня, позволяющих переходить к созданию новых видов научно-технической продукции, обеспечивающей экспортный потенциал и замещение импорта.

Стоимость проекта ~3 млн. рублей.

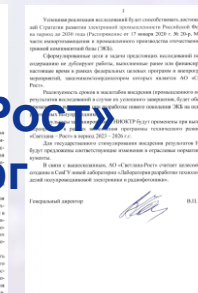
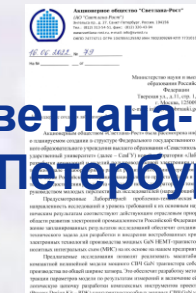
Полное решение проблемы



“Замкнутый” цикл производства



АО «Светлана-Рост» Санкт-Петербург



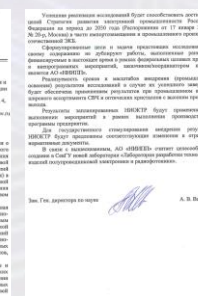
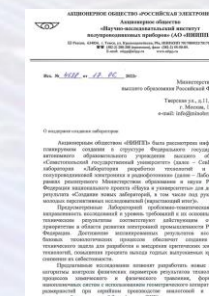
АО «НПП «Исток» им. Шокина»



АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха



АО «НИИП» г. Томск



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ