

Лаборатория Функциональных пленок и покрытий



Лаборатория полупроводниковых пленок и защитных покрытий была организована в 1963 году в составе отдела химии полупроводников. Основателем лаборатории и заведующим был тогда м.н.с., а в последствии академик РАН Ф.А. Кузнецов. В 1971 г. лаборатория сменила название на «лабораторию эпитаксиальных слоев». На протяжении почти 60 лет состав лаборатории существенно менялся, из нее выделились следующие лаборатории: 1971 г. - лаборатория диэлектрических слоев (зав. лабораторией к.х.н. В.И. Белый), 1983 г. - лаборатория термодинамики неорганических материалов (зав. лабораторией к.х.н. Г.А. Коковин), 1986 г. - группа новых технологических процессов для микроэлектроники (зав. группой к.х.н. В.С. Данилович), 1991 г. - группа технологии выращивания оксидных кристаллов (зав. группой к.х.н. Я.В. Васильев), 2005 г. - группа В.В. Баковца перешла в лабораторию синтеза и роста монокристаллов соединений РЗЭ. 2006 г. - лаборатория физикохимии наноматериалов (зав. лабораторией д.ф.-м.н. А.В. Окопуб). Одновременно лаборатория пополнялась выпускниками ВУЗов, а также отдельными сотрудниками и целыми группами, переводимыми из других подразделений Института. За период 2018-2022 лаборатория опубликовала 168 статей. Сотрудники лаборатории участвовали в выполнении проектов РНФ, РФФИ, ФЦП, Президиума РАН и СО РАН, грантов президента РФ, администрации НСО и договоров.

Основное научное направление - газофазные процессы синтеза пленок и покрытий новых материалов, в рамках которого сформировались следующие направления исследований, ориентированных на решение фундаментальных и прикладных задач:

- Многофункциональные материалы.
- Композиционные материалы.
- Наноструктурированные тонкие пленки и структуры.
- Научные основы технологий упрочнения и поверхностной обработки конструкционных материалов.
- Неразрушающие методы исследования пленок.

Научные задачи:

- Термодинамическое моделирование многокомпонентных систем, используемых в процессах осаждения из газовой фазы.
- Изучение кинетических закономерностей и механизма роста тонких пленок, синтезированных термическим и плазмохимическим разложением легколетучих элементоорганических и комплексных соединений.
- Исследование химического и фазового состава, микроморфологии, структуры тонких слоев полупроводниковых и диэлектрических материалов, их связи с условиями синтеза и природой подложки.
- Изучение функциональных характеристик (электрофизических, оптических, магнитных, механических, биомедицинских) и их связи с составом и структурой слоев и структур.
- Определение областей применения пленок и покрытий.

«Химик, если он подлинный первопроходец... знает, что каждый шаг на длинной дороге, приведший его к открытиям, - за исключением последнего маленького шага, сделанного им самим, - был старательно пройден его предшественниками и коллегами и подарен ему как свободный дар прошлого.» Ф. Содди, Нобелевский лауреат по химии, 1921 г



1980-е

Характеризация прекурсоров



1 - Me₃SiNHAl (M=129 g/mol);
2 - Me₃SiNEt₂ (145);
3 - MeHSi(NEt₂)₂ (188);
4 - Me₂Si(NEt₂)₂ (202);
5 - Me₂SiNHPh (165);
6 - HSi(NEt₂)₃ (245);
7 - Si(NEt₂)₄ (316).

Термодинамическое моделирование



Создание процессов CVD



прекурсор → нагрев подложки → к насосу

Характеризация пленок (состав-структура-микроструктура- свойства)



Low-k диэлектрики
ε = 2.7 - 4.0,
ρ = 10¹⁵-10¹⁶ Ом·см,
E_g = 1 МВ/см,
H = 2-15 ГПа

Твердые покрытия
H=18-38 ГПа

Прозрачные слои
k=98-99 % в УФ, видимой, ИК областях спектра

Практическое применение

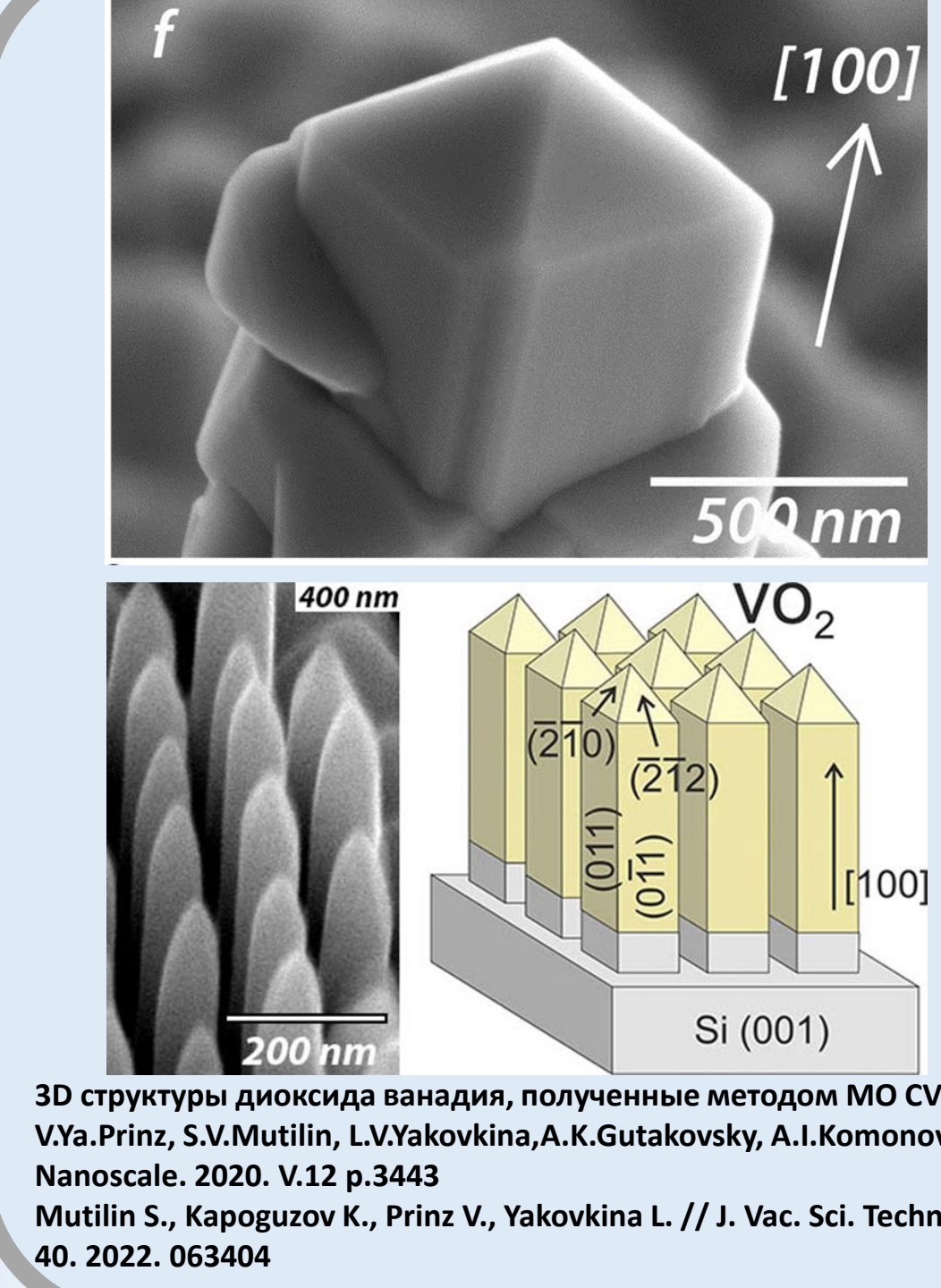


Промышленно-ориентированный лазерно-термический процесс получения из газовой фазы сверхтвердых прочных покрытий карбонитрида кремния для повышения износостойкости, коррозионной и абразивной прочности конструкционных материалов. Совместная работа с ИЛФ СО РАН

Установка синтеза сверхтвердых SiCN покрытий на конструкционных изделиях

V.N. Demin, T.P. Smirnova, V.O. Borisov, G.N. Grachev, A.L. Smirnov, Khomyakov M.N. // Surface Engineering, 2015, V.31, №8, P.628-633.

От фундаментальных исследований к промышленно-ориентированной технологии

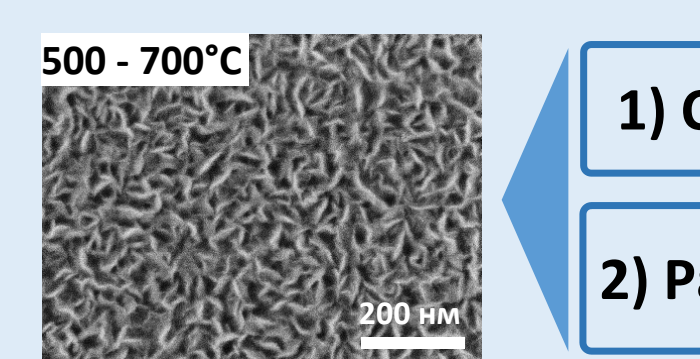


3D структура диоксида кремния, полученные методом MO CVD
V.Ya.Prinz, S.V.Mutlilin, L.V.Yakovkina, A.K.Gutakovskiy, A.I.Komponov. // Nanoscale. 2020. V.12 p. 3443
Mutlilin S., Karoguzov K., Prinz V., Yakovkina L. // J. Vac. Sci. Technol. A 40. 2022. 063404

Исследование функциональных материалов

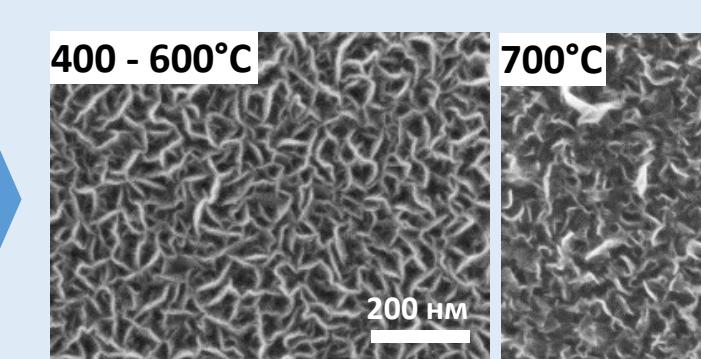
$B_3N_3H_6-NH_3$ → PECVD → $(C_2H_5)_3N-BH_3-NH_3$

500 - 700°C



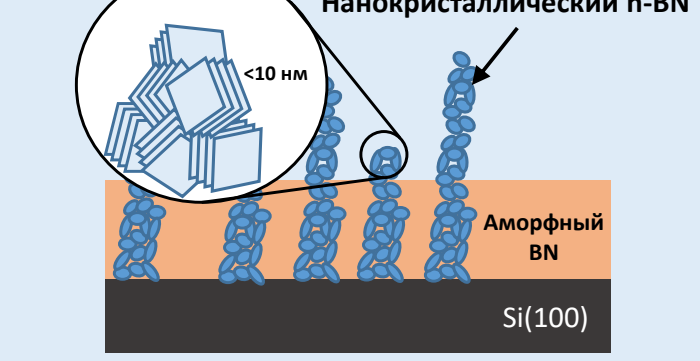
1) Самая низкая T_{осаж}

400 - 600°C



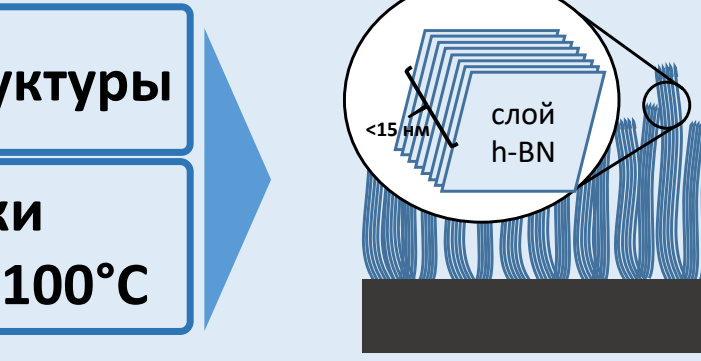
2) Разная морфология

3) Различные структуры



Нанокристаллический h-BN

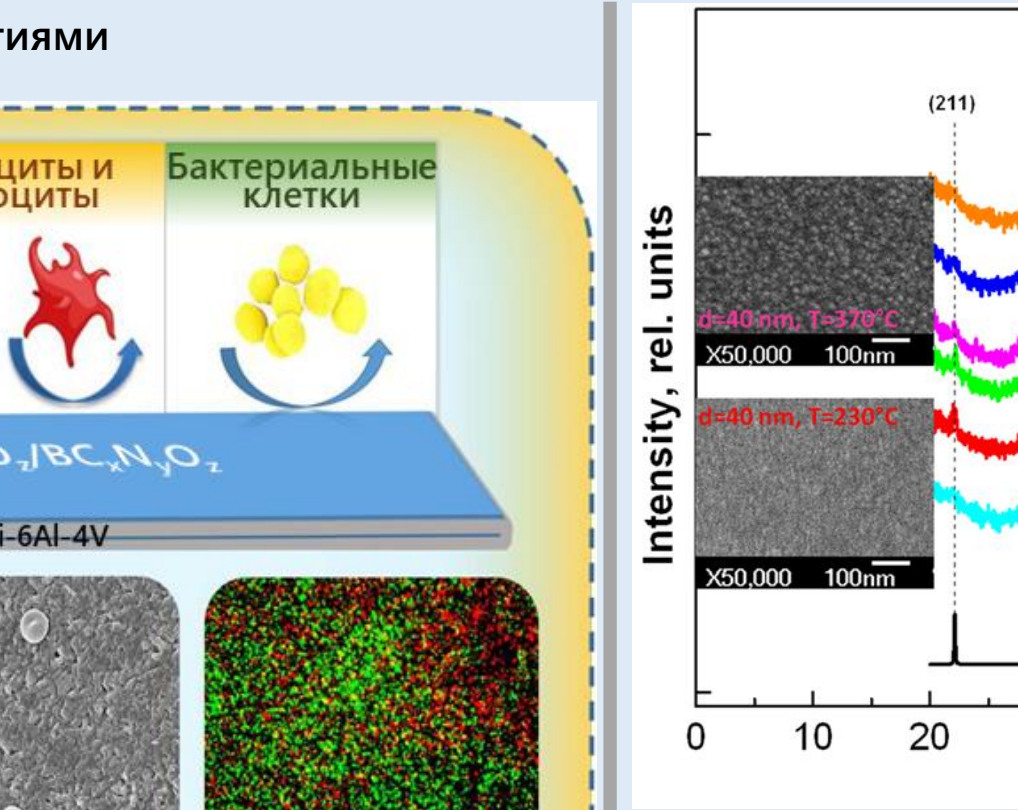
4) Термически стабильные до 1100°C



h-BN

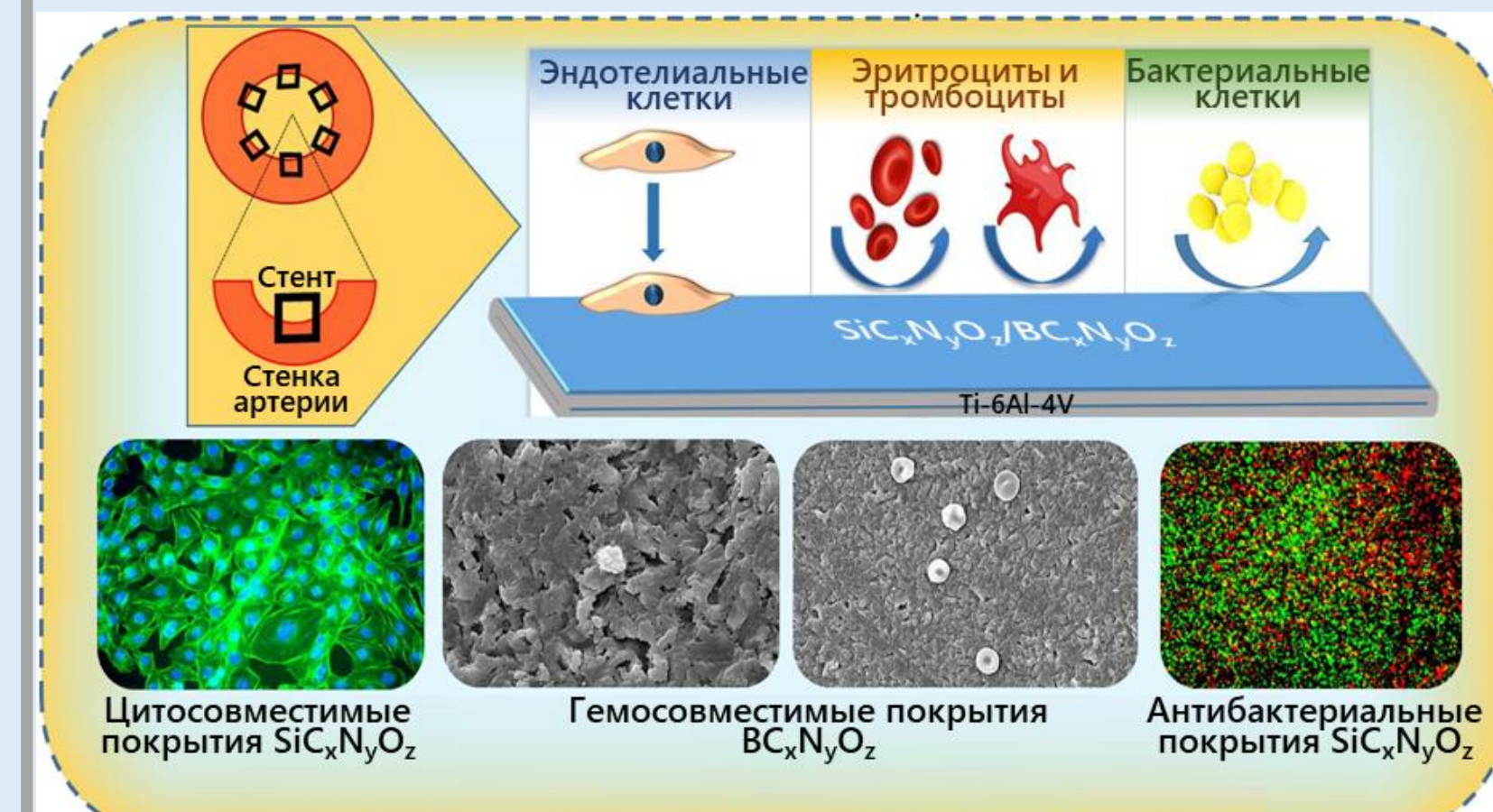
Bataille L.-E., Merenkov I.S., Yaroshenko V.V., Kustov P.N., Alekseevskiy P.V., Ku-lachenkov N.K., Kenzhebayeva Y., Krasilin A.A., Savelev R., Zuev D., Nominé A., Zollinger J., Voroshnina A.A., Kosinova M.L., Milichko V.A. "Hierarchical Hexagonal Boron Nitride Nanowall-Decorated Silicon Nanoparticles for Tunable Ink-Free Coloring". // ACS Appl. Nano Mater. 2022. V. 5. P. 6106-6114

Тонкие пленки оксида скандия, полученные методом атомно-слоевого осаждения



Морфология поверхности и дифрактограммы пленок Sc₂O₃ в зависимости от условий процесса ACO. Иллюстрация текстурности пленок. Lebedev M.S., Kruchinin V.N., Afonin M.Yu., Korolov I.V., Saraev A.A., Gismatulin A.A., Gritsenko V.A. "Optical properties and charge transport of textured Sc₂O₃ thin films obtained by atomic layer deposition" // Appl. Surf. Sci. 2019 V.478, p.690-698.

Функционализация поверхности биосовместимыми карбонитридными покрытиями



Эндотелиальные клетки, Эритроциты и тромбоциты, Бактериальные клетки

SiC, Si₃N₄, BC, N₂O

Стенка артерии

Цитосовместимые покрытия SiC, N₂O₂

Гемосовместимые покрытия BC, N₂O₂

Антибактериальные покрытия SiC, N₂O₂

ACS Biomaterials Science & Engineering 6 (2020) 5571, Applied Surface Science 576 (2022) 151760

