

Общая информация о лаборатории «Оптика туннельно-связанных наноструктур» (открыта при кафедре «Физика» факультета информационных технологий и электроники политехнического института Пензенского государственного университета (ФИТЭ ПИ ПГУ) 09.01.2020)

№ темы 0748-2020-0012 (проектная часть госзадания 2020 – 2023)

№ госрегистрации: АААА-А20-120032590077-4

Тема исследований: **«Исследования оптических и транспортных свойств туннельно-связанных наноструктур»**

Состав лаборатории:

Студенты (лаборанты – исследователи):

1. Пономарев Валерий Владимирович
2. Богданов Андрей Витальевич
3. Семенова Анна Дмитриевна
4. Твердохлебов Никита Олегович
5. Буланкина Диана Павловна
6. Цветков Александр Павлович
7. Пастухов Александр Михайлович
8. Потешкин Сергей Александрович
9. Антонов Илья Сергеевич
10. Семенов Иван Михайлович

Научные сотрудники (до 39 лет):

11. Кревчик Павел Владимирович
12. Солянкин Петр Михайлович (институт проблем лазерных и информационных технологий РАН, филиал федерального научно-исследовательского центра «Кристаллография и фотоника» РАН), (к.ф.-м.н.)
13. Синько Антон Сергеевич (ИПЛИТ РАН)

Научные сотрудники (старше 39 лет):

14. Ожередов Илья Александрович (ИПЛИТ РАН) – старший научный сотрудник, к.ф.-м.н.

15. Рудин Александр Васильевич (к.ф.-м.н.)

16. Задера Александр Викторович (к.т.н.)

Главные научные сотрудники (д.ф.-м.н.):

17. Кревчик Владимир Дмитриевич – Заслуженный деятель науки РФ

18. Шкуринов Александр Павлович – член – корреспондент РАН, руководитель ИПЛИТ РАН (филиала ФНИЦ «Кристаллография и фотоника РАН)

19. Семенов Михаил Борисович, зав. кафедрой «Физика» ФИТЭ ПИ ПГУ

20. Шорохов Алексей Владимирович (зав. лабораторией)

Инженеры – исследователи:

21. Игонин Олег Валентинович

22. Кистяев Сергей Николаевич

Направления исследований лаборатории:

1) Оптические свойства туннельно-связанных квантовых точек с примесными центрами и эффекты диссипативного туннелирования

2) Терагерцовая спектроскопия и лазерные приложения

Программа исследований согласована с индустриальным партнером – центром коллективного пользования (ЦКП) при ИПЛИТ РАН.

Экспериментальные исследования проводятся на базе ЦКП при ИПЛИТ РАН

Результаты деятельности коллектива лаборатории:

Список основных публикаций сотрудников лаборатории:

1. А.П. Шкуринов, И.А. Ожередов и др. Бесконтактная регистрация функции дыхания на основе анализа ИК-ТГц-изображений лица человека// Компьютерная оптика (**Scopus, Q1**), 2020, том 44, №6 DOI: 10.18287/2412-6179-CO-737, с. 959-970

2. О.И. Артемова, В.Д. Кревчик, М.Б. Семенов Нелинейная двумерная динамика взаимодействующих раковых клеток в условиях экстраклеточного поля//Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика (**Scopus**), Саратов, СГУ, 2020, т. 28, № 1, С. 29-45

***3. VD Krevchik, AV Rudin, AV Zadera, MB Semenov, AK Aringazin, IM Semenov** Method for Measuring the Acoustic Emission of Developing Microcracks in Machine Parts// 2020 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT, **Scopus**), March 11-13, 2020, Moscow, Russia, 5 pages, № 9067440.DOI: 10.1109/MWENT47943.2020.9067440

(*) – публикации с участием молодых сотрудников лаборатории

***4. М.Б. Семенов, В.Д. Кревчик, Д.О. Филатов, А.В. Шорохов, А.П. Шкуринов, П.В. Кревчик, Y.H. Wang, T.R. Li, A.K. Malik, Д.А. Антонов, И.М. Семенов, Особенности двумерных бифуркаций при диссипативном туннелировании электронов в массивах Au наночастиц // Журнал Технической Физики (ЖТФ, WOS, SCOPUS, Q3), С-Петербург, 2020, № 11), с. 1789–1796, Technical Physics, 2020, Vol. 65, No. 11, pp. 1717–1725.**

5. V. D. Krevchik, A. V. Razumov, P. V. Krevchik, M. B. Semenov, A. V. Shorokhov, A. P. Shkurinov, I. A. Ozheredov, Y. H. Wang, T. R. Li, A. K. Malik, Influence effect of an external electric field and dissipative tunneling on intracenter optical transitions in quantum molecules with D₂ (-) – states// NANOSYSTEMS: PHYSICS, CHEMISTRY, MATHEMATICS, 2020, 11 (5), P. 510–518 (WOS), DOI 10.17586/2220-8054-2020-11-5-510–518

БАК:

***6. В.Д. Кревчик, М.Б. Семенов, П.В. Кревчик, Квантовое туннелирование с диссипацией. Приложение к туннельному транспорту для полупроводниковых квантовых точек в системе совмещенного АСМ/СТМ в условиях внешнего электрического поля (Обзор). Часть II //Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки, 2020, № 4 (БАК, ядро РИНЦ, RSCI).**

7. А.П. Шкуринов, И.А. Ожередов и др. A monoclinic semiorganic molecular crystal GUNPfor terahertz photonics and optoelectronics//**Q1 WOS Scientific Reports** (Shkurinov etc.) 2021, Open Access, 06 Dec. 2021, Vol. 11, p. 23433 (1-13); DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-833897/v1>

***8. VD Krevchik, MB Semenov, AV Shorokhov, DO Filatov, NV Baidus, MO Marychev, AP Shkurinov, VYu Timoshenko, PV Krevchik, AE Zhurina, DA Saburova, IS Antonov and IM Semenov;** Effects of dissipative electron

tunneling manifested in the photocurrent of a GaAs p-i-n photodiode with a double InAs quantum dot layer// Journal of Physics: Conference Series (**Scopus**) 1851 (2021) 012016 (1-5),
IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1851/1/012016

***9. М.Б. Семенов, В.Д. Кревчик, Д.О. Филатов, А.В. Шорохов, А.П. Шкуринов, И.А. Ожередов, П.В. Кревчик, Y.H. Wang, T.R. Li, A.K. Malik, М.О. Марычев, Н.В. Байдусь, И.М. Семенов;** Диссипативное туннелирование электронов в вертикально связанных двойных асимметричных квантовых точках InAs/GaAs(001)// Журнал технической физики (**WOS, Scopus**), 2021, том 91, вып. 10 ,с. 1431 – 1440,
DOI: 10.21883/JTF.2021.10.51354.66-21

10. VD Krevchik, AV Razumov, MB Semenov, IM Moyko, AV Shorokhov Temperature dependence of recombination radiation in semiconductor nanostructures with quantum dots containing impurity complexes// **NANOSYSTEMS: PHYSICS, CHEMISTRY, MATHEMATICS (WOS)**, 2021, 12 (6), P. 680-689, DOI 10.17586/2220-8054-2021-12-6-680-689

***11. А.В. Разумов, В.Д. Кревчик, Yu-Hua Wang, Tian-Rong Li, М.Б. Семенов, И.М. Семенов,** Подавление макроскопических квантовых эффектов в массивах со спиральными нанотрубками, связанное с дисперсией их характерных размеров//Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки (**ядро РИНЦ, RSCI, ВАК**), 2021, № 2(58), С. 113-123.doi:10.21685/2072-3040-2021-2-9,

12. В.Д. Кревчик, А.В. Разумов, М.Б. Семенов, И.М. Мойко, Влияние электронных корреляций на спектры двойной фотоионизации двухэлектронных примесных центров в многоямных квантовых структурах //Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки (**ядро РИНЦ, RSCI, ВАК**), 2021, № 3(59), С. 114-132. doi:10.21685/2072-3040-2021-3-10

***13. В.Д. Кревчик, А.В. Разумов, М.Б. Семенов, Е.А. Печерская, И.М. Мойко, П.Е. Голубков,** Особенности температурного гашения рекомбинационного излучения в полупроводниковых квантовых точках с примесными комплексами //Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки (**ядро РИНЦ, RSCI, ВАК**), 2021, № 4(60), С. 155-177. doi:10.21685/2072-3040-2021-4-12

***14. В.Ч. Жуковский, В.Д. Кревчик, М.Б. Семенов, П.В. Кревчик, Д.А. Сабурова, И.М. Семенов, А.Д. Смирнова, И.А. Рубцов, И.С. Антонов,** Особенности 2D–бифуркаций для структур с квантовыми точками из коллоидного золота, обладающих свойствами метаматериала// **УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА (ВАК) №1, 2111502 (1-10) (2021).**
<http://uzmu.phys.msu.ru/abstract/2021/1/2111502/ISSN> онлайн-версии: 2307-9665

15. **В.Д. Кревчик, А.В. Разумов, М.Б. Семенов** и др., **V.D.Krevchik, A.V. Razumov, M.B. Semenov**, S.U. Uvaysov, V.P. Kulagin, P. Komada, S. Smailova. A. Mussabekova, Influence of an External Electric Field and Dissipative Tunneling on Recombination Radiation in Quantum Dots//(**Q1 WOS**) **Sensors**, 2022, Open Access, 09February 2022, Vol. 22, p. 1300 (1-32); <https://doi.org/10.3390/s22041300>, <https://www.mdpi.com/journal/sensors>

*16. **A.S. Sinko, I.A. Ozheredov**, E. Rudneva, V. Manomenova, N. Kozlova, N. Lobova, A. Voloshin, Jean-Louis Coutaz and **A.P. Shkurinov**, Perspective on Terahertz Applications of Molecular Crystals// **Electronics** (MDPI, **WOS, Q2**), review, 2022, **11**, pp. 2731(1-48), (30 August 2022) <https://doi.org/10.3390/electronics11172731>, <https://www.mdpi.com/journal/electronics> (*)

17. **V.D. Krevchik, A.V. Razumov, M.B. Semenov, A.V. Levashov, A.V. Shorokhov**, Influence of dissipative tunneling on the photodielectric effect associated with the excitation of impurity complexes $A(+) + e$ in a quasi-zero-dimensional structure// **Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics (WoS, Scopus)**, 2022, 13 (3), 250–264. <http://nanojournal.ifmo.ru>, DOI 10.17586/2220-8054-2022-13-3-250-264

18. (**Scopus**) **V.D. Krevchik, I.I. Artemov, S.A. Nesterov, D.A. Akimov, N.E. Artemova**, **Features of the Grinding Technology with the Use of Nanomodified Coolant**// **Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment Materials Research Proceedings** (Materials Research Forum LLC, (**Scopus**)) 21 (2022) pp. 443-449; <https://doi.org/10.21741/9781644901755-73>

*19. (**WoS, Scopus**) **M.B. Semenov, V.D. Krevchik, D.O. Filatov, D.A. Antonov, A.V. Shorokhov, A.P. Shkurinov, I.A. Ozheredov, P.V. Krevchik, A.V. Razumov, A.S. Kotov, I.S. Antonov, I.M. Semenov**, Features of tunneling current – voltage characteristics in dielectric films with Ni, Fe and Co nanoparticles, investigated by conductive AFM and within the framework of the theory of 1D – dissipative tunneling // **Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics (WoS, Scopus)**, 2022, 13 (6), 621 - 627. <http://nanojournal.ifmo.ru>, DOI 10.17586/2220-8054-2022-13-6-621-627

20. **А.В. Левашов, В.Д. Кревчик, М.Б. Семенов, А.В. Разумов**, Особенности рекомбинационного излучения в квантовых точках с примесными комплексами ($A(+) + e$) во внешнем электрическом поле. Часть I. Влияние внешнего электрического поля на энергию связи дырки в примесном комплексе ($A^+ + e$) в сферически-симметричной квантовой точке// **Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки (RSCI, ядро РИНЦ, ВАК)**, 2022, № 1, С. 66-82. doi:10.21685/2072-3040-2022-1-7.

21. А.В. Левашов, В.Д. Кревчик, М.Б. Семенов, А.В. Разумов , Особенности рекомбинационного излучения в квантовых точках с примесными комплексами ($A(+) + e$) во внешнем электрическом поле. Часть II. Квантово-размерный эффект Штарка в спектрах рекомбинационного излучения квантовых точек с примесным комплексом ($A(+) + e$) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки (RSCI, ядро РИНЦ, ВАК), 2022, № 1, С. 83-96, doi:10.21685/2072-3040-2022-1-8.

*22. A.S. Sinko, A.P. Shkurinov et al. Polarization Sensitive Raman Scattering and Stimulated Terahertz Emission From GUHP Molecular Crystal// IEEE TRANSACTIONS ON TERAHERTZ SCIENCE AND TECHNOLOGY, VOL. 13, NO. 5, SEPTEMBER (Scopus, Q1), 2023, (September 2023), pp. 526-538, DOI 10.1109/TTHZ.2023.3286662

23. V.D. Krevchik, A.V. Razumov and M.B. Semenov, Photoinduced Modulation of the Dielectric Permittivity in a System of Interacting Quantum Dots in an External Electric Field// Technical Physics (WoS, Scopus), 2023, (Springer Nature), DOI: 10.1134/S1063784223020044.

24. V.D. Krevchik, A.V. Razumov and M.B. Semenov, The Effects of 2D Dissipative Tunneling for the Recombination Radiation Spectra of Interacting Quantum Dots in an External Electric Field// Technical Physics (WoS, Scopus), 2023, (Springer Nature), DOI:10.1134/S1063784223020056.

25. V.D. Krevchik, D.O. Filatov and M. B. Semenov, The Formation of Au Nanoparticles in SiO_2 - TiO_2 Films by Local Electrochemical Reduction Using an Atomic Force Microscope Probe// Technical Physics (WoS, Scopus), 2023, (Springer Nature), DOI:10.1134/S1063784223020068.

26. V.D. Krevchik, M.B. Semenov, D.O. Filatov and D.A. Antonov, Effect of Temperature on Dissipative Electron Tunneling through Co Nanoparticles in HfO_2 Films// Technical Physics (WoS, Scopus), 2023, (Springer Nature), DOI:10.1134/S1063784223020032.

27. В.Д. Кревчик, А.В. Разумов, М.Б. Семенов, Влияние внешнего электрического поля на внутрицентровые оптические переходы в терагерцовом диапазоне в полупроводниковых квазиульмерных структурах с $D_2(-)$ - центрами// Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки (RSCI, ядро РИНЦ, ВАК), 2023, № 4, to be published.

Участие в международных и всероссийских научных конференциях:

***1. MB Semenov, VD Krevchik, AV Shorokhov, DO Filatov, AP Shkurinov, PV Krevchik, OA Ageev, Y.H. Wang, T.R. Li, AK Malik, IM Semenov.** Features of 2D-bifurcations for structures with quantum dots from colloidal gold, possessing properties of metamaterials//Proceedings of XXIV International Symposium “Nanophysics and Nanoelectronics”, march 2020, Nizhny Novgorod, pp. 311-312,

***2. В.Д. Кревчик, М.Б. Семенов, П.В. Кревчик, Д.А. Сабурова, А.Е. Журина, Д.А. Мухаев, Е.И. Тулякова, И.М. Семенов, А.Д. Смирнова, И.А. Рубцов, А.В. Богородицкий,** Особенности 2D-бифуркаций для структур с квантовыми точками из коллоидного золота, обладающих свойствами метаматериала// Материалы международной молодежной конференции «Ломоносов – 2020», ноябрь 2020, секция «Физика», подсекция «теоретическая физика», <https://lomonosov-msu.ru/rus/event/6500/>, https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2020/index.htm

***3. В.Д. Кревчик, М.Б. Семенов, П.В. Кревчик, Д.А. Сабурова, И.М. Семенов, Д.О. Филатов** Особенности фотопроводимости р-і-п фотодиодов на основе гетероструктур с вертикально связанными самоформирующимися квантовыми точками InAs/GaAs(001) // ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И НАНОСТРУКТУР, ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ОПТО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, Программа 22-й Всероссийской молодежной конференции 23 – 27 ноября 2020 года, С – Петербург

***4. MB Semenov, DO Filatov, VD Krevchik, AP Shkurinov, AV Shorokhov, PV Krevchik, MO Marychev, NV Baidus', DA Saburova, IM Semenov,** Tunnel photoconductivity of p-i-n photodiodes based on heterostructures with vertically-coupled self – forming InAs/ GaAs (001) quantum dots//Proceedings of XXV International Symposium “Nanophysics and Nanoelectronics”, march 2021,v. 1,Nizhny Novgorod, pp. 265-266.<https://nanosymp.ru/ru/archive> <https://nanosymp.ru/ru/file/99/d988ffc2/program.pdf>

***5. В.Д. Кревчик, М.Б. Семенов, П.В. Кревчик, Д.А. Сабурова, И.М. Семенов, И.С. Антонов, И.А. Рубцов, А.Д. Смирнова, Д.П. Буланкина, А.М. Пастухов, С.А. Потешкин, А.И. Сальникова,** Эффекты 1D-диссипативного туннелирования на примере фотопроводимости туннельных фотодиодов на основе системы двойных асимметричных квантовых точек InAs/GaAs(001)// Материалы международной молодежной конференции «Ломоносов – 2021», апрель 2021, секция «Физика», подсекция «теоретическая физика».

[Lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2021/data/section_34_22392.htm](https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2021/data/section_34_22392.htm);

Материалы международного молодежного научного форума «Ломоносов – 2021» (электронный ресурс) – М.: МАКС Пресс, 2021 (DVD-ROM), ISBN 978-5-317-06593-5.

***6. M.B. Semenov, D.O. Filatov, V.D. Krevchik, A.P. Shkurinov, I.A. Ozheredov, A.V. Shorokhov, P.V. Krevchik, D.A. Antonov, O.N. Gorshkov, A.S. Kotov, A.V. Razumov, I.S. Antonov, I.M. Semenov, Features of 1D – dissipative tunneling in dielectric films with Zr, Au, Ni, Fe and Co nanoparticles. Study by Atomic Force Microscopy// Proceedings of XXVI International Symposium “Nanophysics and Nanoelectronics”, march 2022,v. 1, Nizhny Novgorod, pp. 409-410. ISBN 978-5-91326-720-7, <https://nanosymp.ru/ru/archive>, https://nanosymp.ru/ru/file/124/d2bbddc7/program_2022.pdf, https://nanosymp.ru/ru/file/127/87b40fec/2022_v1.pdf,**

***7. Кревчик В.Д., Семенов М.Б., Кревчик П.В., Буланкина Д.П., Центомирский В.Г., Семенов И.М., Антонов И.С., Смирнова А.Д., Пастухов А. М., Цветков А. П., Термозависимые эффекты 1D-диссипативного туннелирования на примере туннельных ВАХ в системе совмещенного АСМ/ СТМ для различных металлических квантовых точек// Материалы международной молодежной конференции «Ломоносов – 2022», апрель 2022, секция «Физика», подсекция «теоретическая физика», с. 462-463. Сборник тезисов. — М. Физический факультет МГУ, 2022. ISBN 978-5-8279-0220-1, https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2022/index.htm**

***8. M.B. Semenov, V.D. Krevchik, D.O. Filatov, D.A. Antonov, A.P. Shkurinov, I.A. Ozheredov, P.V. Krevchik, Yu-Hua Wang, Tian-Rong Li, A.V. Razumov, A.V. Shorokhov, I.M. Moyko, I.S. Antonov, I.M. Semenov, Effect of temperature on the tunneling electron transfer through Co nanoparticles in HfO2 films as an effect of dissipative tunneling// Proceedings of XXVII International Symposium “Nanophysics and Nanoelectronics”, march 2023,v.1,Nizhny Novgorod, pp. 412-413. ISBN 978-5-8048-0120-6, <https://nanosymp.ru/ru/archive>, https://nanosymp.ru/ru/file/149/7f7b4da8/program_2023.pdf, https://nanosymp.ru/ru/file/153/48b304c9/2023_v1.pdf**

***9. Кревчик В.Д., Семенов М.Б., Кревчик П.В., Семенов И.М., Антонов И.С., Мойко И.М., Температурная зависимость амплитуды единичного пика туннельной ВАХ для наночастиц кобальта как эффект диссипативного туннелирования// Материалы XXX международной молодежной конференции «Ломоносов – 2023», апрель 2023, секция «Физика», подсекция «теоретическая физика», с. 708-709. Сборник тезисов. — М. Физический факультет МГУ, 2023. 1052 С., ISBN 978-5-8279-0255-3, https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2023/index.htm (ISBN 978-5-317-06952-0)**

Рецензируемые монографии (при наличии ISBN):

***1. В.Д. Кревчик, М.Б. Семенов, А.П. Шкуринов, В.Ю. Тимошенко, Д.О. Филатов, П.В. Кревчик, А.В. Разумов, Н.В. Байдусь, И.А. Ожередов, М.О. Марычев, Д.А. Антонов, Оптика и туннельные свойства квантовых точек, монография, - Пенза: изд-во ПГУ, 2022, 380 С., ISBN 978-5-907600-07-2**

***2. В.Д. Кревчик, А.П. Шкуринов, М.Б. Семенов, А.В. Разумов, И.А. Ожередов, Д.О. Филатов, П.В. Кревчик, Туннельный транспорт и терагерцовые свойства наноструктур, монография, - Пенза: изд-во ПГУ, 2023, 208 С., ISBN**

**Наиболее значимые результаты деятельности лаборатории
«Оптика туннельно – связанных наноструктур» в сотрудничестве с ЦКП
при ИПЛИТ РАН**

1) Теоретически исследованный фотодиэлектрический эффект на длине волны $\lambda=6,2$ мкм в квантовых точках с примесными комплексами $A^+ + e$ при наличии взаимодействия с окружающей матрицей посредством 2D – диссипативного туннелирования дырки, локализованной на A^+ - центре, может быть использован в фотосенсорных приложениях, например, в качестве сенсора, структурный компонент которого может обнаруживать присутствие ИК – излучения за счет изменения электрической ёмкости.

2) Показано, что эффект резонансного туннелирования проявляется в виде «провалов» на полевых зависимостях спектральной интенсивности рекомбинационного излучения, возникающих при определенных значениях напряженности внешнего электрического поля и температуры. Это открывает определенные перспективы для использования рассматриваемой системы «квантовая точка — примесный комплекс ($A(+) + e$)» в условиях диссипативного туннелирования для исследования и диагностики биологических объектов.

3) Продемонстрирована возможность использования полуорганических молекулярных кристаллов GUPP, KAP и RbAP для преобразования фемтосекундного лазерного излучения из ближнего ИК диапазона в ТГц диапазон.

4) Результаты НИР могут быть использованы при разработке и создании источника импульсного ТГц излучения для применения в широком круге задач ТГц фотоники, при разработке элементов оптической памяти, генераторов сверхвысокочастотного излучения и в ряде других практических приложений

5) Экспериментально исследованы особенности формирования Au - наночастиц (НЧ) в плёнках $\text{SiO}_2\text{—TiO}_2$ методом локального электрохимического восстановления с помощью зонда атомно-силового микроскопа, установлены режимы формирования Au - НЧ, обеспечивающих контролируемое получение НЧ с заданными параметрами. Полученные результаты могут быть использованы для применения в нанoeлектронике, интегральной оптике, оптоэлектронике и плазмонике для создания новых нанoeлектронных приборов на базе массивов металлических наночастиц, встроенных в диэлектрические плёнки, металлических наноантенн произвольной формы, встроенных в оптические диэлектрические волноводы на базе тонкоплёночных структур и т.д.

***Владимир Дмитриевич Кревчик, главный научный сотрудник
лаборатории «Оптика туннельно – связанных наноструктур», д.ф.-м.н.,
профессор, Заслуженный деятель науки РФ,
Сотрудники лаборатории***