

Лаборатория механики наноматериалов и теории дефектов

зав. лаб. – Гуткин М.Ю.

Лаборатория механики наноматериалов и теории дефектов (ЛМНТД) была создана в 1995 г. на основе Молодежного творческого коллектива по теории дефектов в твердых телах, сформированного в 1990-1991 г.г. Ильей Анатольевичем Овидько (1961-2017), который и возглавлял ЛМНТД до своей смерти в 2017 г.

Основной задачей ЛМНТД с момента ее образования остается проведение фундаментальных исследований в области теории дефектов на стыке механики деформируемого твердого тела, физического материаловедения и физики прочности и пластичности, а также применение теории дефектов для построения теоретических моделей, описывающих трансформации структуры, релаксацию напряжений, пластическую деформацию и разрушение в наиболее перспективных материалах и твердотельных системах.

Состав лаборатории

Постоянные сотрудники

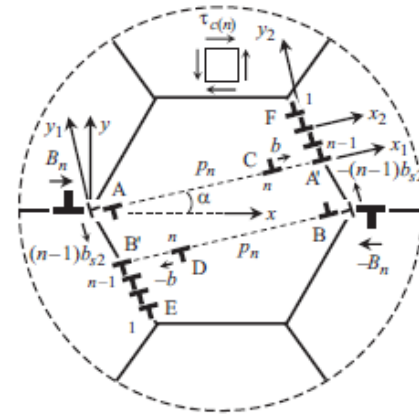
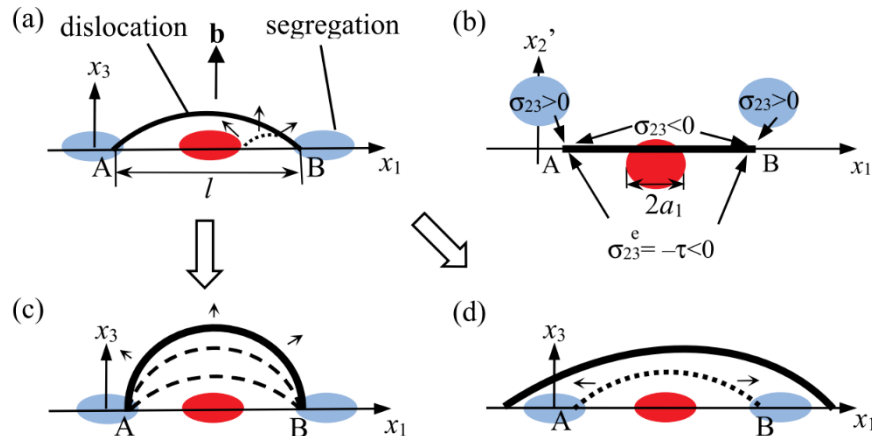
Гуткин М.Ю.	д.ф.м.н., г.н.с., зав.лаб.
Бобылев С.В.	д.ф.м.н., в.н.с.
Колесникова А.Л.	д.ф.м.н., в.н.с.
Скиба Н.В.	д.ф.м.н., в.н.с.
Шейнерман А.Г.	д.ф.м.н., в.н.с.
Микаелян К.Н.	к.ф.м.н., н.с.
Конаков Я.В.	м.н.с.

Совместители

Конаков В.Г.	д.х.н., в.н.с.
Арчаков И.Ю.	к.х.н., с.н.с.
Бородин И.Н.	к.ф.м.н., с.н.с.
Красницкий С.А.	к.ф.м.н., с.н.с.
Рожков М.А.	к.ф.м.н., с.н.с.
Глухарев А.Г.	к.х.н., н.с.
Петров Д.А.	м.н.с.

Направления исследований

- Теоретические модели механизмов пластической деформации и разрушения в нанокристаллических, нанодвойникованных, нанокомпозитных и ультрамелкозернистых материалах



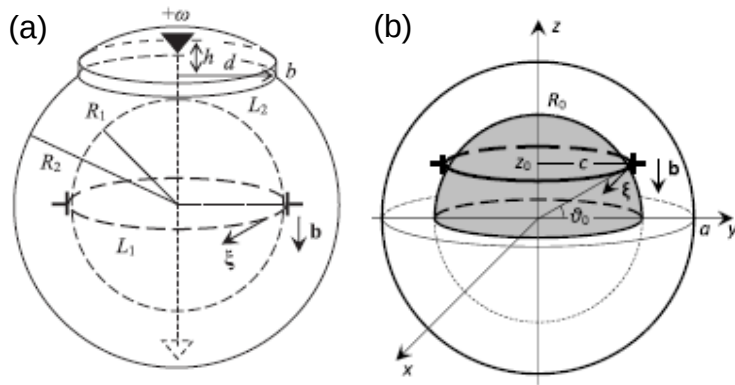
Совместное движение решеточных и зернограничных дислокаций

Зарождение на границах зерен и расширение дислокационных петель при наличии сегрегаций примесей в ультрамелкозернистых сплавах

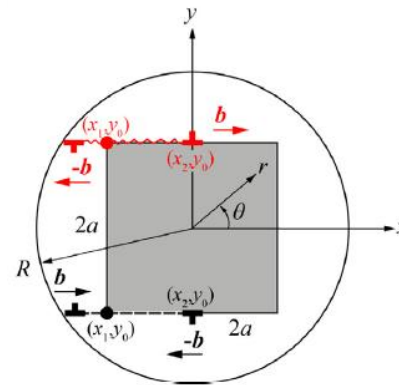
- I.A. Ovid'ko, A.G. Sheinerman. Free surface effects on stress-driven grain boundary sliding and migration processes in nanocrystalline materials // *Acta Mater.* 121, 117–125 (2016).
- S.V. Bobylev, I.A. Ovid'ko, Stress-driven migration, convergence and splitting transformations of grain boundaries in nanomaterials // *Acta Mater.* 124, 333-342 (2017).
- I.A. Ovid'ko, A.G. Sheinerman. Grain boundary sliding, triple junction disclinations and strain hardening in ultrafine-grained and nanocrystalline metals // *Int. J. Plasticity* 96, 227-241 (2017).
- N.V. Skiba. Mechanism of stress-driven grain boundary migration in nanotwinned materials // *Rev. Adv. Mater. Sci.* 55, 21-25, (2018).
- S.V. Bobylev, N.A. Enikeev, A.G. Sheinerman, R.Z. Valiev. Strength enhancement induced by grain boundary solute segregations in ultrafine-grained alloys // *Int. J. Plasticity* 123, 133-144 (2019).
- A.G. Sheinerman, R.H.R. Castro, M.Yu. Gutkin. A model for direct and inverse Hall-Petch relation for nanocrystalline ceramics // *Mater. Lett.* 260, 126886 (2020).
- E.N. Borodin, A.E. Mayer, M.Yu. Gutkin. Coupled model for grain rotation, dislocation plasticity and grain boundary sliding in fine-grained solids // *Int. J. Plasticity* 134, 102776 (2020).
- A.B. Vakaeva, S.A. Krasnitckii, M.A. Grekov, M.Yu. Gutkin. Stress fields at triple junction inhomogeneities of three-fold symmetry in ceramic composites // *J. Mater. Sci.* 55, 9311-9321 (2020).

Направления исследований

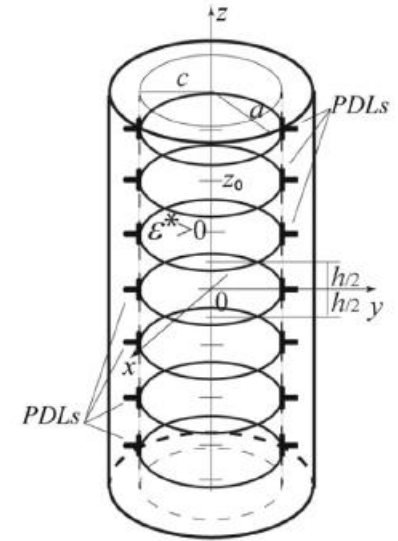
- Теоретические модели напряжений несоответствия и механизмов их релаксации в наногетероструктурах – композитных наночастицах, нанопроволоках и нанослоях



Петли дислокаций несоответствия в декаэдрической (a) и монокристаллической (b) композитных наночастицах



Генерация дислокаций ребрами ядра в композитной нанопроволоке

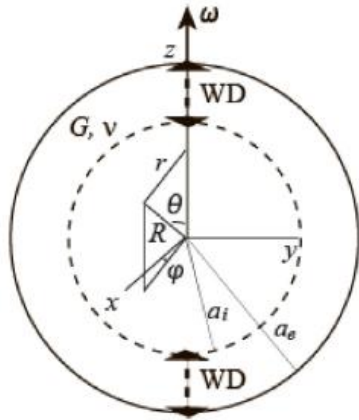


Ряд петель дислокаций несоответствия в композитной нанопроволоке

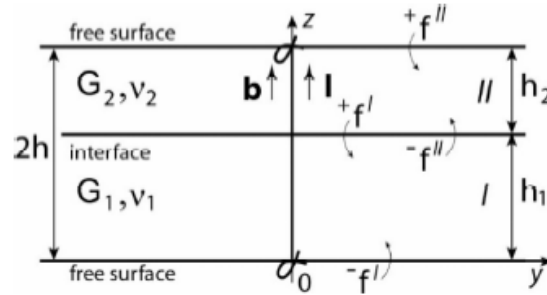
- K.N. Mikaelyan, M.Yu. Gutkin, E.N. Borodin, A.E. Romanov. Dislocation emission from the edge of a misfitting nanowire embedded in a free-standing nanolayer // *Int. J. Solids & Structures* 161, 127-135 (2019).
- M.Yu. Krauchanka, S.A. Krasnitckii, M.Yu. Gutkin, A.L. Kolesnikova, A.E. Romanov, Circular loops of misfit dislocations in decahedral core-shell nanoparticles // *Scripta Mater.* 167, 81-85 (2019).
- A.E. Romanov, A.L. Kolesnikova, M.Yu. Gutkin, V.G. Dubrovskii. Elasticity of axial nanowire heterostructures with sharp and diffuse interfaces // *Scripta Mater.* 176, 42-46 (2020).
- A.M. Smirnov, S.A. Krasnitckii, M.Yu. Gutkin. Generation of misfit dislocations in a core-shell nanowire near the edge of prismatic core // *Acta Mater.* 186, 494-510 (2020).
- M.Yu. Gutkin, A.L. Kolesnikova, D.S. Mikheev, A.E. Romanov. Misfit stresses and mechanisms of their relaxation in composite nanoparticles with truncated spherical inclusions // *Europ. J. Mech. / A Solids* 81, 103967 (2020).
- S.A. Krasnitckii, A.M. Smirnov, M.Yu. Gutkin. Axial misfit stress relaxation in core-shell nanowires with polyhedral cores through the nucleation of misfit prismatic dislocation loops // *J. Mater. Sci.* 55, 9198-9210 (2020).
- A.P. Chernakov, A.L. Kolesnikova, M.Yu. Gutkin, A.E. Romanov, Periodic array of misfit dislocation loops and stress relaxation in core-shell nanowires // *Int. J. Eng. Sci.* 156, 103367 (2020).

Направления исследований

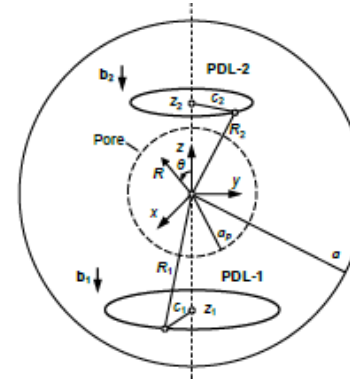
- Упругие модели дефектов в наноразмерных, нанопористых и нанокомпозитных телах



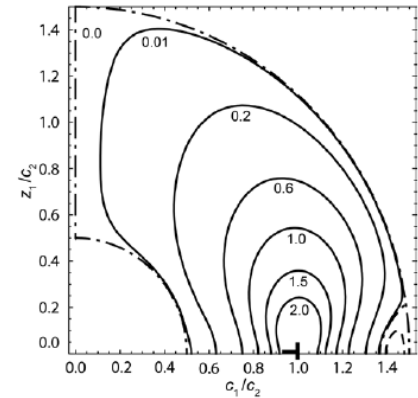
Клиновья дисклинация
в сферическом слое



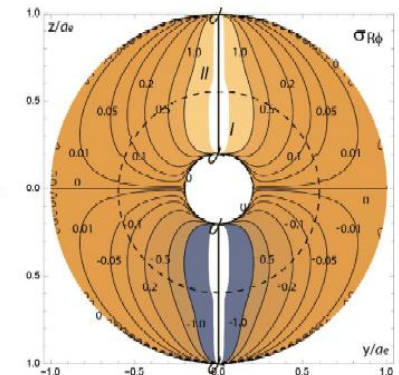
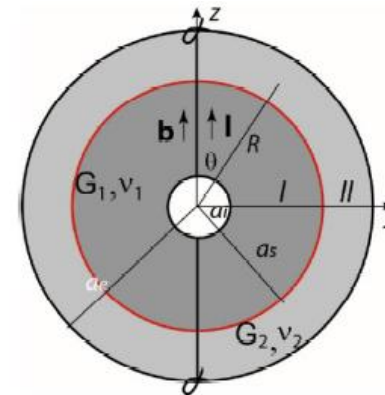
Винтовая дислокация в плоском
двухфазном слое



Энергия упругого взаимодействия призматических
дислокационных петель в полый наночастице



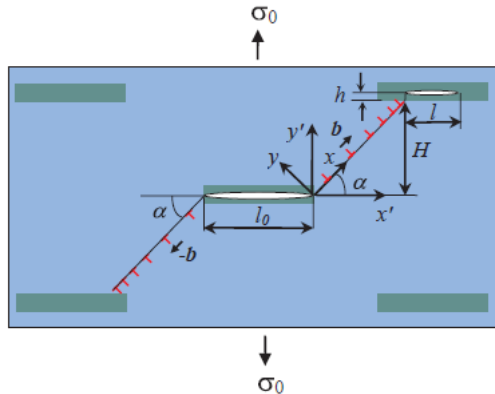
- A.L. Kolesnikova, M.Yu. Gutkin, A.V. Proskura, et al. Elastic fields of straight wedge disclinations axially piercing bodies with spherical free surfaces // *Int. J. Solids Structures* 99, 82-96 (2016).
- A.L. Kolesnikova, M.Yu. Gutkin, A.E. Romanov. Elastic models of defects in 3D and 2D crystals // *Rev. Adv. Mater. Sci.* 51, 130-148 (2017).
- A.L. Kolesnikova, M.Yu. Gutkin, A.E. Romanov. Threading screw dislocations in a two-phase plate and a two-phase sphere // *Rev. Adv. Mater. Sci.* 55, 102-116 (2018).
- A.L. Kolesnikova, M.Yu. Gutkin, S.A. Krasnitckii, et al. On the elastic description of a spherical Janus particle // *Rev. Adv. Mater. Sci.* 57, 246-256 (2018).
- A.P. Chernakov, A.L. Kolesnikova, M.Yu. Gutkin, A.E. Romanov, Periodic array of misfit dislocation loops and stress relaxation in core-shell nanowires // *Int. J. Eng. Sci.* 156, 103367 (2020).



Поля напряжений винтовой дислокации в полем
двухфазном шаре. Карта $\sigma_{R\phi}$ для $G_2/G_1 = 0.5$

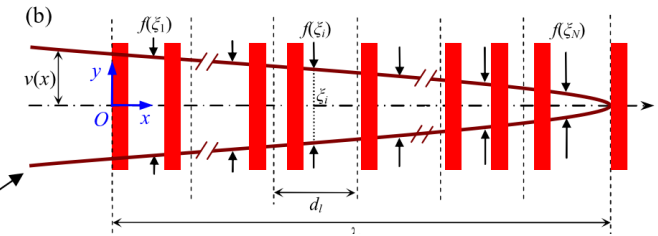
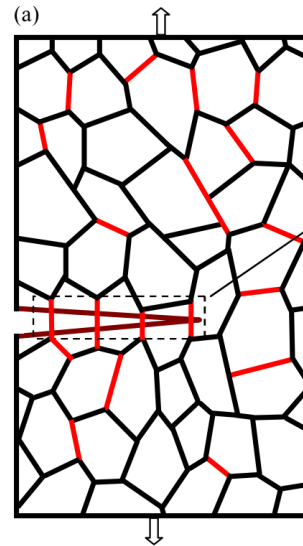
Направления исследований

- Теоретические модели механизмов пластической деформации и разрушения в объемных нанокompозитах «металл-графен» и «керамика-графен»

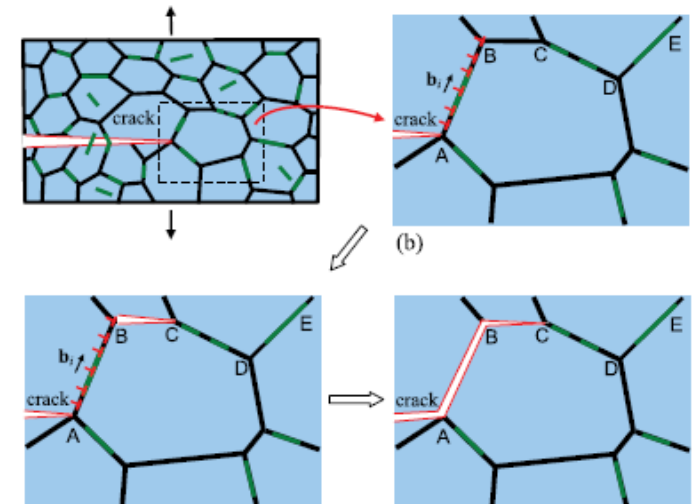


Множественное растрескивание в слоистом нанокompозите «металл-графен»

- S.V. Bobylev, N.F. Morozov, I.A. Ovid'ko. Plastic deformation through stress-driven migration of high-angle grain boundaries in metal-graphene nanocomposites // *Rev. Adv. Mater. Sci.* 48, 131-141 (2017).
- S.V. Bobylev, A.G. Sheinerman. Effect of crack bridging on the toughening of ceramic/graphene composites // *Rev. Adv. Mater. Sci.* 57, 54-62 (2018).
- A.G. Sheinerman, M.Yu. Gutkin. Multiple cracking in deformed laminated metal-graphene composites // *Comp. Struct.* 191, 113-118 (2018).
- A.G. Sheinerman, N.F. Morozov, M.Yu. Gutkin. Effect of grain boundary sliding on fracture toughness of ceramic/graphene composites // *Mech. Mater.* 137, 103126 (2019).
- A.G. Sheinerman, M.Yu. Gutkin. Model of enhanced strength and ductility of metal/graphene composites with bimodal grain size distribution // *Metall. Mater. Trans. A* 51, 189-199 (2020).



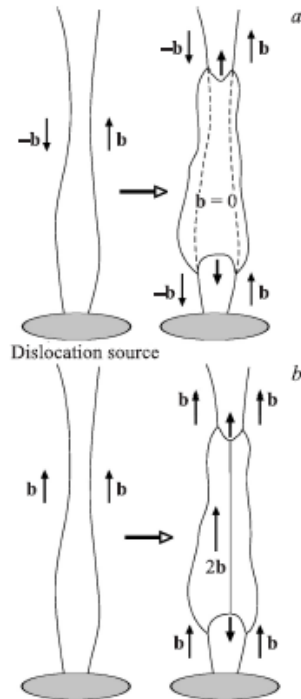
Бриджинг трещины зернограницными пластинами графена в нанокompозите «керамика-графен»



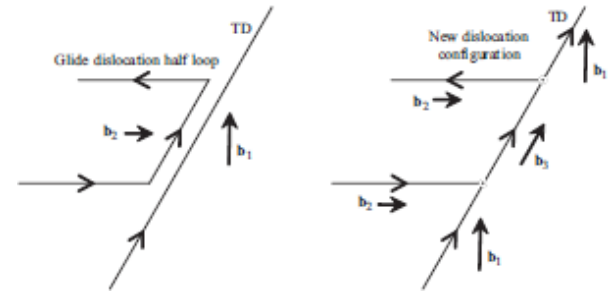
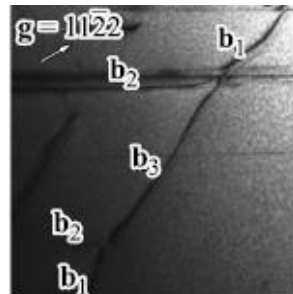
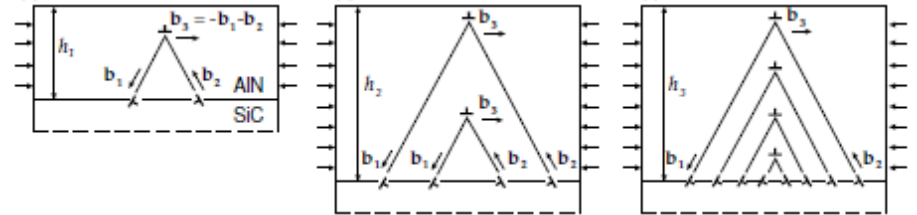
Рост трещины, стимулированный зернограницным проскальзыванием в нанокompозите «керамика-графен»

Направления исследований

- Теоретические модели зарождения и эволюции дислокационных структур в растущих гетероэпитаксиальных пленках и объемных кристаллах широкозонных полупроводников – карбида кремния, нитрида галлия и нитрида алюминия



Образование малоугловых границ наклона в слоях AlN на подложке SiC

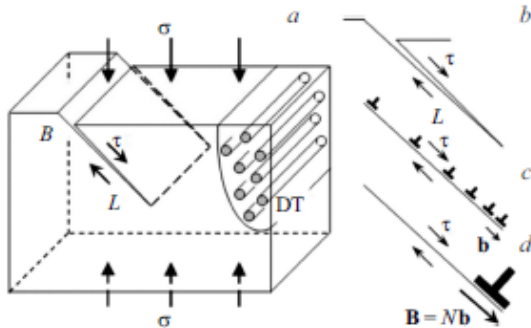


ПЭМ-изображение и модель дислокационной реакции в полуполярном слое GaN в vicинальной подложке Si(001) с буферными слоями AlN и 3C-SiC

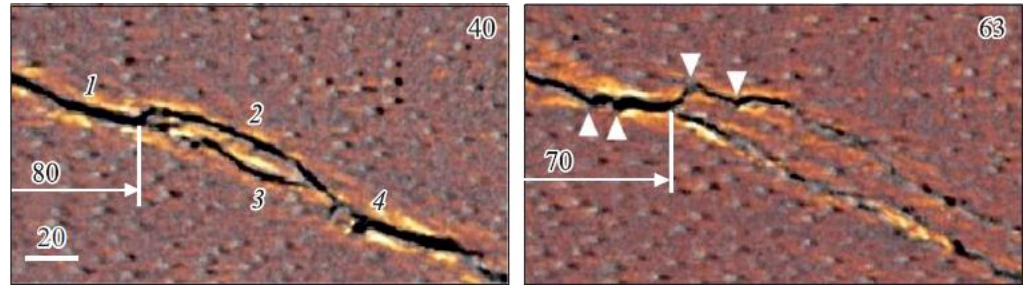
- Т.С. Аргунова, М.Ю. Гуткин, В.Г. Кон, Е.Н. Мохов. Механизмы формирования морфологических особенностей микротрубок в объемных кристаллах карбида кремния // *ФТТ* 57, 733-740 (2015).
- T.S. Argunova, M.Yu. Gutkin, K.D. Shcherbachev, et al. Microstructure and strength of AlN-SiC interface studied by synchrotron X-rays // *J. Mater. Sci.* 52, 4244-4252 (2017).
- T.S. Argunova, M.Yu. Gutkin, J.H. Je, et al. Distribution of dislocations near the interface in AlN crystals grown on evaporated SiC substrates // *Crystals* 7, 163 (2017).
- Л.М. Сорокин, М.Ю. Гуткин, А.В. Мясоедов и др. Дислокационные реакции в полуполярном слое GaN, выращенном на vicинальной подложке Si(001) с использованием буферных слоев AlN и 3C-SiC // *ФТТ* 61, 2317-2321 (2019).

Направления исследований

- Теоретические модели механизмов пластической деформации и разрушения в природном иерархическом композите – дентине зубов человека

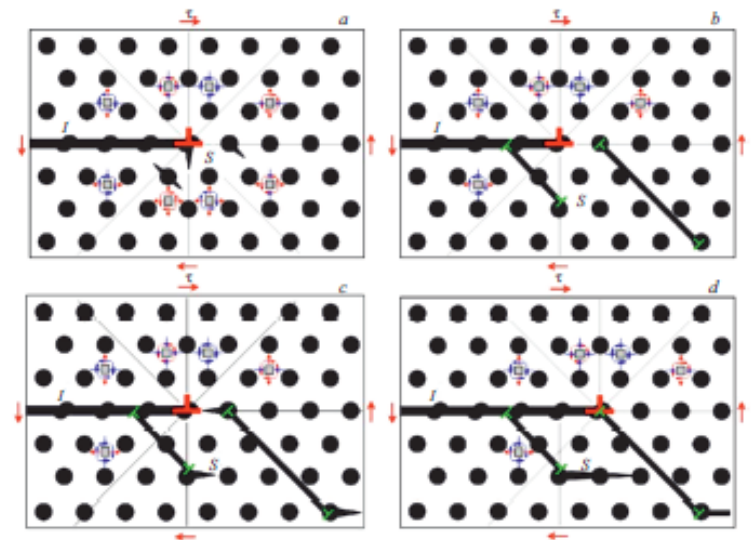


Образование трещины поперечного сдвига в дентине при сжатии.
DT – полые дентинные каналы



Реконструкция изображения ветвления трещины в дентине по данным рентгеновской микротомографии в синхротронном излучении

- S. Seyedkavoosi, D. Zaytsev, B. Drach, P. Panfilov, M.Yu. Gutkin, I. Sevostianov. Fraction-exponential representation of the viscoelastic properties of dentin // *Int. J. Eng. Sci.* 111, 52-60 (2017).
- E.N. Borodin, M.Yu. Gutkin, K.N. Mikaelyan, P. Panfilov. Theoretical model of plastic zone at the I-mode crack tip in dentin // *Scripta Mater.* 133, 45-48 (2017).
- И.Н. Бородин, S. Seyedkavoosi, Д.В. Зайцев и др. Вязкоупругость и механизмы пластичности дентина зубов человека // *ФТТ* 60, 118-126 (2018).
- Т.С. Аргунова, Ж.В. Гудкина, М.Ю. Гуткин. Модель развития микротрещин в дентине зубов человека на основе данных микротомографии // *Письма в ЖТФ* 46 (10), 46-50 (2020).
- Т.С. Аргунова, Ж.В. Гудкина, М.Ю. Гуткин и др. Структурные особенности дентина по данным микротомографии и просвечивающей электронной микроскопии // *ЖТФ* 90, 1449-1461 (2020).



Модель образования сателлитных трещин у вершины магистральной трещины в дентине

Научное сотрудничество и преподавание

В России

- Санкт-Петербургский государственный университет – Глухарев А.Г., Гуткин М.Ю., Колесникова А.Л., Шейнерман А.Г.
- Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого – Бобылев С.В., Гуткин М.Ю., Конаков В.Г., Скиба Н.В., Шейнерман А.Г.
- Университет ИТМО, Санкт-Петербург – Арчаков И.Ю., Гуткин М.Ю., Колесникова А.Л., Конаков Я.В., Красницкий С.А., Рожков М.А.
- Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург – Гуткин М.Ю.
- Уфимский государственный авиационный технический университет – Гуткин М.Ю., Скиба Н.В.
- Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН – Гуткин М.Ю., Скиба Н.В., Шейнерман А.Г.

За рубежом

- New Mexico State University, Las Cruces, NM, USA (Prof. I. Sevostianov) – Гуткин М.Ю.
- Normandie University, Rouen, France (Prof. W. Lefebvre) – Гуткин М.Ю., Скиба Н.В.
- Tallinn University of Technology, Estonia (Prof. I. Hussainova) – Колесникова А.Л., Конаков В.Г.
- The University of Manchester, Manchester, UK – Бородин И.Н., Гуткин М.Ю.
- University of California – Davis, CA, USA (Prof. R.H.R. Castro) – Гуткин М.Ю., Шейнерман А.Г.

Гранты и проекты

- Грант Президента РФ МД-2893.2015.1, Микромеханика высокой прочности и пластичности нанодвойниковых материалов, 2015-2016 гг., 2 млн. руб. **Руководитель – А.Г. Шейнерман.**
- Грант РФФИ № 15-31-20095-мол_а_вед, Микромеханика процессов пластической деформации и разрушения в нанодвойникованных материалах, 2015-2016 гг. – 4 млн. руб. **Руководитель – А.Г. Шейнерман.**
- Грант Президента РФ МД-9152.2016.1, Теория пластического поведения деформируемых наноструктурных материалов, 2016-2017 гг. – 2 млн. руб. **Руководитель – Н.В. Скиба.**
- Грант РФФИ № 32 16-32-60110\15-мол-а-дк, Исследование влияния различных мод пластичности на пластические и прочностные характеристики наноструктурных твердых тел, 2016-2018 гг. – 6 млн. руб. **Руководитель – Н.В. Скиба.**
- Грант Президента РФ МД-3154.2017.1, Микромеханика процессов пластической деформации и разрушения, реализуемых посредством трансформаций внутренних границ раздела в наноструктурных твердых телах и нанокompозитах, 2017-2018 гг. – 2 млн. руб. **Руководитель – С.В. Бобылев.**
- Грант РФФИ № 17-31-50030_мол_нр, Дислокационные модели миграции границ зерен в наноматериалах с включениями, 2017-2018 гг. – 720 тыс. руб. **Руководитель – С.В. Бобылев.**
- Грант РНФ № 18-19-00255, Механика объемных функциональных нанокерамик и керамических нанокompозитов, 2018-2020 гг. – 18 млн. руб. **Руководитель – М.Ю. Гуткин.**
- Грант РФФИ № 18-01-00243, Механика прочности и трещиностойкости композитов «металл–графен», 2018-2020 гг. – 2,1 млн. руб. **Руководитель – А.Г. Шейнерман.**
- Тема НИР (Госзадание) № 0058-2018-0011, Механика материалов, в том числе наноматериалов, 2018-2023 гг. **Руководитель – М.Ю. Гуткин.**