

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Института биохимической
физики им. Н.М. Эмануэля РАН



2018 г

Печать организации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное учреждение науки Институт биохимической физики им Н.М. Эмануэля Российской академии наук

(полное официальное название организации в соответствии с уставом)

Диссертация импульсная акустическая микроскопия для визуализации малоразмерных элементов в объеме материалов и на границах их соединений

(название диссертации)

выполнена в Институте биохимической физики им Н.М. Эмануэля РАН
(наименование учебного или научного структурного подразделения)

В период подготовки диссертации соискатель Мороков Егор Степанович
(фамилия, имя отчество)

обучался в аспирантуре Федерального государственного учреждения науки Института биохимической физики им Н.М. Эмануэля Российской академии наук на кафедре биохимической физики на очном отделении

В 2010 окончил Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (Московский институт стали и сплавов) по специальности электроника и микроэлектроника

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2018г.

Федеральным государственным учреждением науки Институт биохимической физики им Н.М. Эмануэля Российской академии наук

Научный руководитель (консультант) – кандидат физико-математических наук, ст.н.с Левин Вадим Моисеевич работает заведующим лабораторией акустической микроскопии в Федеральном государственном учреждении науки Институте биохимической физики им Н.М. Эмануэля Российской академии наук

По итогам рассмотрения диссертации Морокова Егора Степановича на тему «Импульсная акустическая микроскопия для визуализации малоразмерных элементов в объеме материалов и на границах их соединений» принято следующее заключение:

Актуальность исследования

Тема исследования представляет интерес для современных приборов и методов экспериментальной физики в области ультразвуковых систем высокого разрешения. Диссертация Е.С. Морокова посвящена вопросам акустической микроскопии при изучении объемной микроструктуры твердых, оптически непрозрачных материалов, в том числе теоретическому анализу и экспериментальному изучению взаимодействия ультразвуковых пучков с элементами внутренней структуры и границ соединения материалов. Подходы, развитые в работе, позволяют проводить оценку чувствительности акустической микроскопии и разрешающей способности при визуализации объемной микроструктуры материалов и неразрушающей оценки качества их адгезионных соединений. Экспериментально предложенные подходы были подтверждены на примере плотных керамик широко используемых в различных областях современной промышленности и медицины. Актуальность работы Е.С. Морокова не вызывает сомнений.

Цель работы являлось изучение взаимодействия коротких импульсов высокочастотного фокусированного ультразвукового пучка с малоразмерными элементами объемной структуры твердых материалов и элементами внутренних границ соединения материалов.

Научная новизна

В диссертационной работе впервые были получены следующие результаты:

- Разработан подход для теоретической оценки чувствительности акустического микроскопа при визуализации малоразмерных элементов ($< \lambda$) в объеме твердого материала.
- Показано, что сходящийся в объеме материала пучок является источником вторичного излучения, образуемого за счет дифракции излучения на рассеивателях. Прием дифрагированных волн приводит к искажению контуров элементов внутренней структуры, расположенных вне фокальной плоскости линзы.
- Впервые были получены акустомикроскопические данные об объемной микроструктуре плотных керамик. Экспериментальные результаты показали высокую корреляцию с предложенными теоретическими оценками малоразмерных элементов в объеме материала, отображаемых на акустических изображениях.
- Впервые методами акустической микроскопии получены экспериментальные результаты зависимости упругих характеристик современных плотных керамических материалов от уровня пористости, среднего размера зерна и кристаллической модификации.

• Разработан новый подход для теоретической оценки пространственного разрешения сходящихся ультразвуковых пучков в объеме твердого материала при визуализации внутренних границ раздела.

• Разработаны принципы интерпретации акустических изображений границ соединения твердых материалов с разной степенью совершенства на примере соединений керамика-керамика и керамика-металл.

• Впервые получены данные об особенностях отображения внутренней границы соединения материалов с различной степенью совершенства, сходящимися высокочастотными пучками продольных L и поперечных T волн.

Результаты диссертационной работы Е.С. Морокова базируются на оригинальных идеях, важных для экспериментальных методов ультразвукового видения высокого разрешения и могут быть использованы для большинства ультразвуковых приборов при изучении, визуализации и оценки объемной микроструктуры современных твердых материалов.

Публикации.

По материалам диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе в научных журналах, индексируемых в поисковых платформах Web of Science и Scopus, 7 статей из них опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК России. 10 докладов представлено на международных и всероссийских конференциях, 9 работ опубликовано в соответствующих сборниках трудов.

Научные статьи:

1. В.М. Левин, Е.С. Мороков, Ю.С. Петронюк. Ультразвуковая микроскопия контактных соединений. Известия РАН. Серия физическая, 2017, том 81, № 8, с. 1053-1058.
2. V.M. Levin, E.S. Morokov and Yu.S. Petronyuk. Ultrasonic Microscopy of Contact Joints. Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 2017, Vol. 81, No. 8, pp. 950–955.
3. E.S. Morokov, V.M. Levin, Yu.S. Petronyuk, L.I. Podzorova, A.A. Il'icheva, I.Yu. Lebedenko, S.V. Anisimova. Acoustic microscopy for visualization and evaluation of ceramic-ceramic contact zone. Physics Procedia. 2015. Vol.70. pp. 652-655.
4. Yu.S.Petronyuk, E.S. Morokov, V.M. Levin, Methods of Pulsed Acoustic Microscopy in Industrial Diagnostics. Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 2015, Vol. 79, No. 10, pp. 1268–1273.
5. Ю.С. Петронюк, Е.С. Мороков, В.М. Левин. Методы импульсной акустической микроскопии в промышленной диагностике. Известия РАН серия физическая, 2015, Том 79, №10. С. 1425-1431.

6. L.I. Podzorova, S.A. Titov, A.A. Ilychova, N.A. Mikhaylina, O.I. Penkova, V.M. Levin, E.S. Morokov. Effect of hydrothermal influence on properties and microstructure of bioinert ceramic Yb-TZP. *Inorganic Materials: Applied Research*. 2016, V 7(1), pp 74-78.
7. Л.И. Подзорова, С.А. Титов, А.А. Ильичева, Н.А. Михайлина, О.И. Пенькова, В.М. Левин, Е.С. Мороков. Эффект гидротермального воздействия на свойства и микроструктуру биоинертной керамики Yb-TZP. *Материаловедение*. 2015. №7. С. 52-56
8. V.M. Levin, Y.S. Petronyuk, E.S. Morokov, S. Bellucci and P.P. Kuzhir. What does see the impulse acoustic microscopy inside nanocomposites? *Physics Procedia*. 2015.70. p. 703–706.
9. Е.С. Мороков, В.М. Левин, Л.И. Подзорова, А.А. Ильичева. Акустическая микроскопия для визуализации и оценки качества соединения керамических материалов. Сборник материалов второй всероссийской молодежной научно-технической конференции с международным участием "инновации в материаловедении. (ИНМАТ 2015) С. 319-321.
10. V.M. Prokhorov, D. Ovsyannikov, V.M. Levin, E. Morokov. Acoustic microscopy characterisation of nanostructured carbon-ceramic composites. *Testing and Measurement: Techniques and Applications - Proceedings of the 2015 International Conference on Testing and Measurement: Techniques and Applications, ТМТА 2015* p. 65-68.
11. Е.С. Мороков, В.М. Левин, Л.И. Подзорова, А.А. Ильичева, С.И. Березина. Применение импульсной акустической микроскопии для исследования плотных керамик на основе ZrO₂. Учен. зап. физ. факультета МГУ. 2014. № 5. 145336.
12. С.В. Анисимова, И.Ю. Лебеденко, В.М. Левин, Ю.Б. Макарычев, Л.И. Подзорова, В.И. Хван, Е.С. Мороков. Изучение зоны контакта и прочности сцепления наноструктурированной керамики на основе диоксида циркония с облицовочным материалом в цельнокерамических зубных протезах. *Российский стоматологический журнал* №2, 2014. стр. 4-9.
13. He Guochao, Ding Jinwen, V.M. Levin, Dong Lanfang, A.N. Bogachenkov, Li Kang, Yao Chuanming, K.V. Zakutailov, Yu.S. Petronyuk, Li Feng, E.S. Morokov. Three Dimensional Acoustical Imaging Based on Isosurface Technique for Bulk Material. *Sensors & Transducers Journal*. 2013 Vol. 156, Issue 9, pp. 168-175.
14. В.А. Парунов, П.А. Колесов, М.В. Быкова, Е.С. Мороков. Исследование упругих свойств сплавов "Плагодент" и "Плагодент-плюс" методом сканирующей импульсной акустической микроскопии (СИАМ). *Cathedra стоматологическое образование* №49. 2014. С. 45-48.
15. И.Ю. Лебеденко, В.М. Левин С.В. Анисимова, Е.С. Мороков, В.И. Хван, Л.И. Подзорова, Н.А. Михайлина. Упругие свойства и микроструктура

наноструктурированных материалов на основе диоксида циркония для цельнокерамических зубных протезов. Dental Forum #1[47] 2013. стр. 19-23.

16. И.Ю. Лебедеко, В.М. Левин, С.В. Анисимова, Е.С. Мороков, В.И. Хван, Л.И. Подзорова, Н.А. Михайлина. Микроструктура отечественной наноструктурированной керамики на основе диоксида циркония. Dental Forum #5[46] 2012. стр. 81-85.

Тезисы конференций:

1. Е.С. Мороков, В.М. Левин, С.В. Анисимова. Исследование влияния микроструктуры керамики диоксида циркония на их упругие и прочностные свойства. XII ежегодная международная молодежная конференция ИБХФ РАН-Вузы. Москва. 28-30 окт. 2012.
2. E.S. Morokov, V.M. Levin, S.V. Anisimova, I. Yu Lebedenko, L.I. Podzorova, A.A. Ilseva, S.I. Berezina. Application of impulse acoustic microscopy technique to NDE of dense dental ceramics, Proceedings of 32nd International Acoustical Imaging Symposium (AI 32). P.40 Singapore. 29 April-1 May 2013
3. Vadim Levin, Egor Morokov, Yulia Petronuyk, Konstantin Zakutailov and Jinwen Ding. Theoretical and Experimental Studies of Convergent Beam Propagation in Anisotropic Media with Topological Peculiarities on the Slowness Surface. 2013 International Congress on Ultrasonics (ICU 2013). Singapore. 2-5 May 2013. P. 78.
4. S. Berezina, A.A. Il'icheva, V.M. Levin, N.A. Mikhailina, E.S. Morokov, L.I. Podzorova, L.I. Shvorneva. New single-phase Yb –TZP ceramics for medical application. International Conference MiMe-Materials in Medicine. Faenza, Italy. October 8 -11. 2013.
5. E.S. Morokov, V.I. Khvan. Application of impulse acoustic microscopy technique to NTE of zirconia ceramic. Abstracts, The scientific conference of young scientists on Prosthetic Dentistry in English, dedicated to the memory of Professor Kurlyandskiy V.U. Moscow. November 23, 2013.
6. V.M. Prokhorov, G.I. Pivovarov, V.M. Levin, E.S. Morokov. Acoustic microscopy studies of exfoliations and pores distributions in nanostructured Bi₂Te₃-based alloys sintered by HPS and SPS methods. Proceedings of International Forum on Ultrasound Applications – Industrial. Biomedical and Clinical. (IFUA 2014). 26-27 Mart 2014. Kaohsiung, Taiwan.
7. Е.С. Мороков, В.М. Левин, И.Ю. Лебедеко, С.В. Анисимова, Л.И. Подзорова, А.А. Ильшева, С.И. Березина. Применение импульсной акустической микроскопии для Исследования плотных зубных керамик. Сборник трудов 1-ой Всероссийской акустической конференции, 2014, секция Ультразвуковые технологии, стр. 22-29.
8. E.S. Morokov, V.M. Levin, L.I. Podzorova, A.A. Il'icheva. Acoustic microscopy for visualization and evaluation of ceramic-ceramic contact zone. Proceedings of 2015 International Congress on Ultrasonics (ICU 2015) Metz, France. 10-14 may 2015. P. 257.

9. Левин В.М., Мороков Е.С., Петронюк Ю.С. Неразрушающая диагностика соединений методами ультразвуковой микроскопии. "Успехи акустики - 2016", Москва 01.10.2016.

Личный вклад.

Е.С. Мороков является высококвалифицированным научным работником в области физики высокочастотного ультразвука и акустической микроскопии. Его личный вклад в разработку идей и результатов представленной к защите диссертации является определяющим. Все теоретические расчеты и экспериментальные результаты были получены лично автором. Постановка задач осуществлялась непосредственно автором и обсуждалась с научным руководителем.

Достоверность результатов проведенной работы не вызывает сомнений и обеспечивается сопоставлением оценок, поведенных с использованием развитых теоретических подходов с результатами экспериментальных работ. Принятые в теоретическом анализе допущения и ограничения обоснованы и отражены в полном объеме.

Диссертация Импульсная акустическая микроскопия для визуализации малоразмерных элементов в объеме материалов и на границах их соединений

(название диссертации)

Морокова Егора Степановича

(фамилия, имя, отчество)

рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 - приборы и методы экспериментальной физики

(шифр(ы) и наименование специальности(-ей) научных работников)

Заключение принято на заседании научного семинара Института биохимической физики им Н.М. Эмануэля РАН

Присутствовало на заседании 20 чел. Результаты голосования «за» - 20 чел., «против» - нет чел., «воздержались» - нет чел., протокол № 13 от «06» июня 2018г.

Председатель семинара
зав. лабораторией физико-химии композиций
синтетических и природных полимеров
Института биохимической физики
им. Н.М. Эмануэля РАН
д.х.н., проф, зам. директора


Собственноручную подпись
сотрудника А.А. Голова
удостоверяю Зав. Камышова
