

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию
Фрейдмана Александра Леонидовича "Экспериментальное исследование
прямого и обратного магнитоэлектрического эффекта в монокристаллах
 $\text{HoAl}_3(\text{BO}_3)_4$ и $\text{SmFe}_3(\text{BO}_3)_4$ ",
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук.

Диссертационная работа А.Л. Фрейдмана посвящена проведению экспериментальных исследований прямого и обратного магнитоэлектрических и магнитодиэлектрических эффектов в монокристаллах алюмобората гольмия и ферробората самария, а также разработке и построению качественной микроскопической модели механизма наблюдаемых эффектов.

Актуальность и практическая значимость проведенных исследований определяется следующими положениями. Группа магнитоэлектрических эффектов представляет особенный интерес для разработки устройств наноэлектроники (новые типы памяти и логических элементов) и прецизионных датчиков тока, магнитного поля и пр. Среди возможных материалов обнаруживающих такие эффекты особенно можно выделить рассматриваемые автором диссертации редкоземельные оксибораты, в которых описываемые эффекты могут обладать приемлемыми для применений значениями и наблюдаться при нормальных условиях. Отдельно следует отметить фундаментальную значимость полученных результатов - диссертационная работа А.Л. Фрейдмана затрагивает вопросы описания природы магнитоэлектрического эффекта. Автором сделана попытка описания полученных на монокристалле $\text{HoAl}_3(\text{BO}_3)_4$ результатов путем построения оригинальной микроскопической модели, которая опирается на взаимодействие электронной 4f-подоболочки иона Ho^{3+} с ближайшим кислородным окружением.

Диссертационная работа состоит из 4 глав. В 1-й главе приводится литературный обзор, включающий в основном публикации в зарубежных научных изданиях. Проанализированы результаты работы по феноменологическому подходу, к рассмотрению магнитоэлектрических эффектов, по методикам измерения магнитоэлектрического эффекта, по исследованиям алюмо- и ферроборатов. Вторая глава описывает особенности разработанной экспериментальной уста-

новки для проведения измерений магнитоэлектрических эффектов на основе метода Астрова. В третьей главе подробно приводятся результаты исследований монокристалла $\text{HoAl}_3(\text{BO}_3)_4$, его магнитных свойств, прямого и обратного магнитоэлектрических эффектов, диэлектрической проницаемости. Автором обнаружено увеличение диэлектрической проницаемости кристалла по мере увеличения магнитного поля при поперечной конфигурации измерений, и уменьшение ее при продольных измерениях. В главе приводится микроскопическая модель, описывающая наблюдаемые результаты исследований. В четвертой главе приведены результаты исследований магнитоэлектрического в $\text{SmFe}_3(\text{BO}_3)_4$. Автором показано наличие эффекта на частоте прикладываемого электрического поля, а также на частоте в два раза превышающей ее. Показано, что первая гармоника ME_E -эффекта линейна относительно внешнего электрического поля, а вторая имеет квадратичную зависимость. Первая гармоника ME_E -эффекта нечетна относительно электрического поля, в то время как вторая четна. В заключении приводятся выводы и обобщаются результаты диссертационной работы.

Основные результаты исследования опубликованы и апробированы на научных конференциях, диссертационная работа оставляет приятное впечатление, несмотря на некоторую торопливость изложения и выводов.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. В работе приведены подробные результаты исследования магнитных свойств монокристаллов $\text{HoAl}_3(\text{BO}_3)_4$ и $\text{SmFe}_3(\text{BO}_3)_4$, однако отсутствуют какие-либо данные, указывающие на структурные свойства исследуемых объектов, не приводится ни авторских результатов ни ссылок на сторонние результаты исследований образцов $\text{HoAl}_3(\text{BO}_3)_4$ и $\text{SmFe}_3(\text{BO}_3)_4$ фигурирующих в диссертации, что ставит под сомнение сделанные предположения относительно идеальности объектов исследований за исключением эффектов двойникования.
2. Предлагаемая автором микроскопическая модель поведения электронной 4f-подоболочки иона Ho^{3+} носит исключительно качественный характер, в тексте диссертации не приводятся никакие параметры построения модели, нет никаких оценок границ применимости модели к реальным кристаллам, на практике обладающим дефектами.

Отмеченные недостатки не снижают значение работы, проделанной диссертантом. Его исследования обладают научной новизной и актуальны.

Заключение

Представленная А.Л. Фрейдманом диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

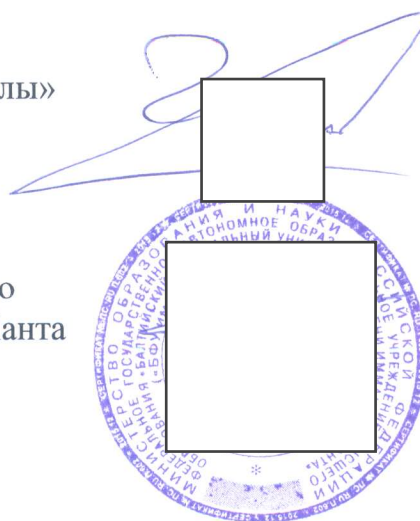
Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что диссертационная работа А.Л. Фрейдмана соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автор диссертации, Александр Леонидович Фрейдман, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент
кандидат физико-математических наук,
директор департамента науки
Научный руководитель НОЦ
«Функциональные Наноматериалы»
БФУ им. И. Канта

Подпись А.Ю. Гойхмана заверяю
Ученый секретарь БФУ им. И. Канта



А.Ю. Гойхман

Ю.М. Зверев

Гойхман А.Ю.

Список избранных трудов 2008-15

1. 2015

1.1. A. Goikhman, I. Lyatun, P. Ershov, I. Snigireva, P. Wojda, V. Gorlevsky, A. Semenov, M. Sheverdyayev, V. Koletskiy and A. Snigirev «Highly porous nanoberyllium for X-ray beam speckle suppressing», *Journal of Synchrotron Radiation*, 2015, Volume 22, Part 3 ISSN 1600-5775 Received 22 October 2014 Accepted 21 February 2015

1.2. S. V. Baryshnikova, E. V. Charnayab, T. A. Meredelinaa, A. Yu. Milinskiia, A. Yu. Goikhman, and K. Yu. Maksimova «Linear and Nonlinear Dielectric Properties of BaTiO₃/Si Film Heterostructures Prepared by Pulsed Laser Deposition» ISSN 1063-7834, *Physics of the Solid State*, 2015, Vol. 57, No. 2, pp. 395–398. © Pleiades Publishing, Ltd., 2015.

1.3. S. S. Medvedeva, I. I. Lyatun, P. A. Ershov, A. Yu. Goikhman, I. I. Snigireva, A. A. Snigirev «ZrO_x/SiO₂ Multilayer Structures as a Test Object for High-Resolution X-Ray Microscopy» ISSN 1027-4510, *Journal of Surface Investigation. X ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, 2015, Vol. 9, №. 2, pp. 341–345.

1.4. O. V. Yurkevich, K. Yu. Maksimova, A. Yu. Goikhman, A. A. Snigirev, I. I. Snigireva « Thin-Film Protective Coatings of Beryllium Windows and Lenses for Intense X-ray Radiation Sources» ISSN 10270-4510, *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, 2015, Vol. 9, №. 2, pp. 243–247.

1.5. I. I. Lyatun, A. Yu. Goikhman, P. A. Ershov, I. I. Snigireva, A. A. Snigirev « On the Question of Metrology of Refractive X-Ray Optics» ISSN 1027-4510, *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, 2015, Vol. 9, No. 3, pp. 446–450.

1.6. A. I. Grunin, A. Yu. Goikhman, V. V. Rodionova, S. S. Medvedeva «Features of the Phase Formation in Ni–Mn–In Heusler Alloy Thin Films» ISSN 1027-4510, *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, 2015, Vol. 9, No. 3, pp. 451–456.

1.7. P. A. Ershov, S. M. Kuznetsov, I. I. Snigireva, V. A. Yunkin, A. Yu. Goikhman, A. A. Snigirev «High Resolution X-Ray Diffractometry Based on 1D and 2D Compound Refractive Lenses» ISSN 1027-4510, *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, 2015, Vol. 9, No. 3, pp. 576–580.

2. 2014

2.1. Valentina Zhukova, Valeria Rodionova, Leonid Fetisov, Alexey Grunin, Alexander Goikhman, Alexandr Torcunov, Alexandr Aronin, Galina Abrosimova, Alexandr Kiselev, Nikolai Perov, Alexandr Granovsky, Tomas Ryba, Stefan Michalik, Rastislav Varga and Arcady Zhukov, «Magnetic Properties of Heusler-type Microwires and Thin Films» *IEEE Transactions on Magnetism*

2.2. Грунин А. И., Лятун И. И., Ершов П. А., Родионова В. В., Гойхман А. Ю., «Оптимизация технологий формирования тонких пленок сплава Гейслера Ni-Mn-In методом импульсного лазерного осаждения», *Вестник БФУ*, 04 (2014), 18-23

2.3. Шевырталов С. Н., Коива Д. А., Гойхман А. Ю., «Резистивное биполярное переключение в тонкопленочных мемристивных структурах на основе Si-Ag», *Вестник БФУ*, 04 (2014), 24-28

2.4. Evgeny Bogdanov, Yana Vavilina, Natalia Shusharina, Alexander Goykhman and Maksim Patrushev, «The Particles Precipitation and Osseointegration of a TiO₂ Thin-Film Coating by Ion Beam Deposition - An In vivo Study», *Nanomedicine & Nanotechnology* 2014, Volume 5 • Issue

2.5. N. Chechenin, P. Chernykh, S. Dushenko, I. Dzhun, A. Goikhman, and V. Rodionova «Asymmetry of magnetization reversal of pinned layer in NiFe/Cu/NiFe/IrMn spin-valve structure», *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, Volume 27, Issue 6, pp 1547-1552

3. 2013

3.1. P. Ershov, S. Kuznetsov, I. Snigireva, V. Yunkin, A. Goikhman and A. Snigirev “Fourier crystal diffractometry based on refractive optics”, *Journal of Applied Crystallography*. (2013). 46, 1475–1480.

3.2. P. Ershov, S. Kuznetsov, I. Snigireva, V. Yunkin, A. Goikhman and A. Snigirev X-ray refractive optics as a Fourier transformer for high resolution diffraction, *Proc. of SPIE Vol. 8777, 877716*, 2013

3.3. N. Chechenin, P. Chernykh, S. Dushenko, I. Dzhun, A. Goikhman, and V. Rodionova “Asymmetry of magnetization reversal of pinned layer in NiFe/Cu/NiFe/IrMn spin-valve structure”, published online, *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism. Nov. Magn*, 2013

3.4. S. Baryshnikov, E. Chernaya, A. Milinskii, A. Goikhman, C. Tien, M. Lee, L. Chang «Dialectical properties of nonporous matrix MCM-41, filled by ferroelectric $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ », *Physics of the Solid State* 55, No 5 (2013) / С.В. Барышников, Е.В. Чарная, А.Ю. Милинский, А.Ю. Гойхман, С. Тien, М.К. Lee, L.J. Chang «Диэлектрические свойства нанопористой матрицы MCM-41, заполненной сегнетоэлектриком $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ », *Физика твердого тела* 55, № 5 (2013);

4. 2012

4.1. Grunin A.I., Goikhman A.Yu, Rodionova V.V. “Ni-Mn-In Heusler alloy thin films grown by pulsed laser deposition” , *Diffusion and Defect Data Pt.B: Solid State Phenomena*, 190, 311, 2012 ISSN:10120394

4.2. Грунин А.И., Гойхман А.Ю., Родионова В.В., Н.Н. Шушарина «Оптимизация условий формирования тонких пленок сплава Гейслера Ni-Mn-In методом импульсного лазерного осаждения», *Перспективные Материалы*, 3, 77, 2012

4.3. A.V. Anisimov, A.Yu. Goikhman, G.S. Kupriyanova, V.N. Nevolin, A.P. Popov, V.V. Rodionova, «Change in the magnetic properties of polycrystalline thin-film magnetite upon introduction of an iron sublayer», *Physics of the Solid State* 54 No. 6 (2012) 1153–1159;

5. 2011

5.1. A. Goikhman, S. Sheludyakov, E. Bogdanov “Ion beam assisted deposition of novel thin film materials and coatings”, *Materials Science Forum Vol. 674*, p. 195 (2011)

6. 2010

6.1. Е. В. Хоменко, Н. Г. Чеченин, И.О. Джунь, Н.С.Перов, В.В.Самсонова, А. Ю. Гойхман, А. В. Зенкевич «Магнитная анизотропия в структурах IrMn/Co с альтернативной последовательностью осаждения антиферромагнитного и ферромагнитного слоев», *Физика Твердого Тела*, вып. 8, том 52, с. 1583-1589 (2010)

7. 2009

7.1. Е.А. Богданов, А.Ю. Гойхман «Формирование и исследование тонкопленочных слоев TiO₂ на поверхности титана методом ионно-плазменного напыления для приложений имплантологии», *Научные Ведомости БелГУ*, Вып. 17, №13 (68), с. 148-150 (2009)

7.2. R. Mantovan, C. Wiemer, A. Lampereti, M. Georgieva, M. Fanciulli, A. Goikhman, N. Barantsev, Yu. Lebedinskii, A. Zenkevich “Mossbauer spectroscopy study of interfaces for spintronics” *Hyperfine Interactions*, 191, 41-46 (2009)

7.3. А.В. Зенкевич, Ю.Ю. Лебединский, А.Ю. Гойхман, В.Н. Неволин, П.Н. Черных, В.С. Куликаускас, Р. Мантован и М. Фанчулли, «Формирование и исследование сверхтонких изолирующих слоев SiO₂ и MgO на поверхности ферромагнитных электродов», "Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования" №3 с. 5-10 (2009)

8. 2008

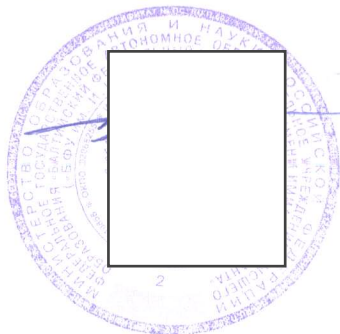
8.1. R. Mantovan, M. Georgieva, M. Fanciulli, A. Goikhman, N. Barantsev, Yu. Lebedinskii, and A. Zenkevich “Synthesis and characterization of Fe₃Si/SiO₂ structures for spintronics”, *Phys. Stat. Sol. (a)* 205, 1753 (2008).

8.2. Е.В. Хоменко, Н.Г. Чеченин, А.Ю. Гойхман, А. В. Зенкевич “Обменное смещение в структурах IrMn/Co с альтернативным чередованием антиферромагнитного и ферромагнитного слоев”, Письма в ЖЭТФ, 88, 693 (2008)

Официальный оппонент
кандидат физико-математических наук,
директор департамента науки
Научный руководитель НОЦ
«Функциональные Наноматериалы»
БФУ им. И. Канта

А.Ю. Гойхман

Подпись А.Ю. Гойхмана заверяю
Ученый секретарь БФУ им. И. Канта



Ю.М. Зверев