



ВКС XXII

# XXII ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ФИЗИКЕ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ

25–28 августа 2021  
Уральский федеральный университет  
Екатеринбург, Россия

## Сборник тезисов



Уральский  
федеральный  
университет  
имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина



УрФУ  
Институт  
естественных наук  
и математики

УДК 538.9

ББК 22.37

С-423

**Сборник тезисов XXII Всероссийской конференции по физике сегнетоэлектриков (ВКС-XXII)** (Екатеринбург, 25-28 августа 2021 г.) Екатеринбург, Уральский федеральный университет, 2021 - 277 с.  
ISBN 978-5-9500624-4-5

### Организаторы

Министерство науки и высшего образования РФ

Научный совет РАН по физике конденсированных сред

Институт естественных наук и математики, ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ), <http://www.urfu.ru>

Уральский центр коллективного пользования “Современные нанотехнологии” ИЕНиМ УрФУ  
<http://nanocenter.urfu.ru>

ООО «Лабфер», <http://www.labfer.ru>

Лаборатория сегнетоэлектриков НИИ ФПМ ИЕНиМ УрФУ, <http://labfer.ins.urfu.ru>

Лаборатория наноразмерных сегнетоэлектрических материалов ИЕНиМ УрФУ

### Организационный комитет

Председатель:

Сигов А.С. (Москва)

Заместители председателя:

Вахрушев С.Б. (С.-Петербург), Чугуева И.Н. (Москва)

Члены оргкомитета:

Волк Т.Р. (Москва), Зиненко В.И. (Красноярск),  
Малиновский В.К. (Новосибирск), Мишина Е.Д. (Москва),  
Педько Б.Б. (Тверь), Раевский И.П. (Ростов-на-Дону),  
Сидоркин А.С. (Воронеж), Флёрков И.Н. (Красноярск),  
Фридкин В.М. (Москва), Шур В.Я. (Екатеринбург)

### Программный комитет

Председатель:

Шур В.Я. (Екатеринбург)

Заместитель председателя:

Волк Т.Р. (Москва)

Члены программного комитета:

Воротилов К.А. (Москва), Втюрин А.Н. (Красноярск),  
Коротков Л.Н. (Воронеж), Лушников С.Г. (С.-Петербург),  
Мамин Р.Ф. (Казань), Политова Е.Д. (Москва),  
Резниченко Л.А. (Ростов-на-Дону), Солнышкин А.В. (Тверь),  
Шнайдштейн И.В. (Москва)

### Локальный оргкомитет

Шур В.Я.

Пелегова Е.В.

Линкер Э.Д.

Майорова Я.А.

Пелегов Д.В.

Пряхина В.И.

Ушаков А.Д.

Шишкина Е.В.

Шур А.Г.

### Спонсоры

Группа компаний НТ-МДТ Спектрум Инструментс, <https://www.ntmdt-si.com>

Группа компаний ИМС, <https://imc-systems.ru/>

Taylor and Francis Group, <http://www.taylorandfrancis.com>

ISBN 978-5-9500624-4-5



9 785950 062445

ББК 22.37

ФГАОУ ВО «УрФУ  
им. первого Президента России  
Б.Н. Ельцина»

## Гамма-резонансные исследования сегнетоэлектрика $\text{LiNbO}_3$ , имплантированного ионами железа

А.Л. Зиннатуллин<sup>1</sup>, Р.И. Хайбуллин<sup>2</sup>, Ф.Г. Вагизов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008 Казань, Россия  
e-mail: almaz.zinnatullin@gmail.com

<sup>2</sup>Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского ФИЦ Казанский научный центр РАН, 420029 Казань, Россия

Магнитоэлектрические явления и материалы, проявляющие магнитоэлектрические свойства, - мультиферроики являются одними из наиболее популярных направлений исследований в современной физике конденсированных сред. Связано это с тем, что на основе таких свойств предполагается создание новых многофункциональных устройств, где с помощью магнитного поля возможно управлять электрической поляризацией (прямой магнитоэлектрический эффект), а с помощью электрического поля – магнитным моментом (обратный магнитоэлектрический эффект). Однако число однофазных мультиферроиков весьма ограничено. Использование композитных материалов на основе ферромагнитных и сегнетоэлектрических соединений может стать решением этой проблемы. В них магнитоэлектрический эффект достигается благодаря магнитострикции и пьезоэффекту в соответствующих фазах и переносу механической деформации через их взаимный интерфейс. Одним из вариантов реализации таких композитов являются так называемые системы «0-3», где в объем сегнетоэлектрика вводятся изолированные ферромагнитные частицы или наоборот. К примеру, были продемонстрированы магнитоэлектрические свойства композитов на основе сегнетоэлектриков  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{BiFeO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$  и др. и ферритов  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  и др. [1, 2]. Продолжается поиск новых подобных материалов и методов для их создания.

Одним из возможных методов внедрения частиц одного сорта в объем другого является ионная имплантация с высокой дозой. Действительно, при высокодозном облучении может происходить синтез наночастиц из вносимой примеси [3]. Стоит заметить, что метод ионной имплантации позволяет точно контролировать количество вводимой примеси, их химическую чистоту, а также модифицировать только лишь приповерхностный слой облучаемого соединения, создавая таким образом нанокompозитный материал [4].

В данной работе мы сообщаем результаты исследования монокристаллической подложки ниобата лития ( $\text{LiNbO}_3$ ), имплантированного ионами железа (обогащенного изотопом  $^{57}\text{Fe}$  до 40 %) с энергией 40 кэВ и дозой  $1.5 \cdot 10^{17}$  ионов/см<sup>2</sup>. Глубина модифицированного слоя оценивается в ~ 60 нм. Показано, что в результате имплантации ионов железа, ниобат лития проявляет ферромагнитные свойства при комнатной температуре. Облученная поверхность ниобата лития изучалась методом мессбауэровской спектроскопии конверсионных электронов. Обнаружено, что в результате имплантации введенная примесь железа оказывается в разных валентных ( $\text{Fe}^0$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ), а также в разных магнитных состояниях как упорядоченных, так и парамагнитных при комнатной температуре. Предполагается, что магнитоупорядоченная часть имплантированной примеси представляет собой наночастицы металлического железа ( $\alpha\text{-Fe}$ ).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-32-90165.

1. J. Wang ed., *Multiferroic materials: properties, techniques, and applications* (CRC Press), 165 (2017).
2. B.D. Stojanovic ed., *Magnetic, Ferroelectric, and Multiferroic Metal Oxides* (Elsevier), 457 (2018).
3. N.I. Khalitov, V.F. Valeev, I.A. Faizrakhmanov et al., *Nucl Instrum Meth B* **331**, 163 (2014).
4. A.L. Zinnatullin, A.I. Gumarov, I.F. Gilmutdinov et al., *Applied Surface Science* **489**, 220 (2019).