

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра ядерной физики**

ПОДРЕЗ
Ярослав Юрьевич

**ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В КЕРАМИКАХ НА ОСНОВЕ
BaTiO₃ В МИКРОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ**
Дипломная работа

Научный руководитель:
зав. лаб. ФТИ НИИЯП БГУ
кандидат физ.-мат. наук
Д.С. Быченко

Допущена к защите
« 14 » сентября 2020 г.
Зав. кафедрой ядерной физики
кандидат физ.-мат. наук, доцент
А.И. Тимощенко

Минск, 2020

Оглавление

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	3
РЕФЕРАТ	4
РЭФЕРАТ	5
АВСТРАКТ	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
ГЛАВА 1 ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ.....	9
1.1 Фазы и фазовые превращения	9
1.2 Сегнетоэлектричество	11
1.3 Структура и свойства BaTiO ₃	14
1.4 Зависимость диэлектрических свойств BaTiO ₃ от размера зерен и доменов.....	16
1.5 Поляризационные свойства перовскита ABO ₃ при фазовых переходах.....	17
1.5.1 Вращение поляризации	17
1.5.2 Удлинение/сжатие поляризации	19
ГЛАВА 2 ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОТКЛИКА.....	22
2.1 Комплексная диэлектрическая проницаемость	22
2.2 Модели релаксации в сегнетоэлектриках.....	23
2.3 Экспериментальные исследования диэлектрических свойств керамических смесей и композитов на их основе.....	25
ГЛАВА 3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	28
3.1 Изготовление и характеристика образцов.....	28
3.2 Описание установки	31
3.3 Преобразование сигнала.....	33
ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	37
4.1 Анализ S-параметров при температуре 30°C.....	37
4.2 Анализ S-параметров после фазового перехода.....	39
4.3 Описание спектров S-параметров при помощи модели дисперсии Лоренца.....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	43
Список используемых источников.....	44

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 50 с., 23 рис., 80 ист.

ТИТАНАТ БАРИЯ, ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД, КОЭФФИЦИЕНТЫ ОТРАЖЕНИЯ И ПРОХОЖДЕНИЯ, ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, СВЧ ИЗЛУЧЕНИЕ.

Объект исследования – керамики на основе титаната бария.

Предмет исследования – процессы взаимодействия электромагнитного излучения микроволнового диапазона с керамиками на основе титаната бария при температурах вблизи фазового перехода.

Цель работы – экспериментальное выявление особенностей взаимодействия электромагнитного излучения СВЧ диапазона с керамическими материалами на основе титаната бария при температурах выше и ниже точки Кюри.

Характеризацию образцов и их элементный анализ проводили методом сканирующей электронной микроскопии, для изучения электромагнитных свойств полученных материалов использовали векторный анализатор цепей P4M-18/4.

Результаты работы:

- Собрана экспериментальная установка для проведения температурных измерений в СВЧ диапазоне;
- Экспериментально исследован электромагнитный отклик керамики на основе титаната бария при температурах выше и ниже критической;
- Проведен анализ полученных результатов, выявлены основные факторы, определяющие электромагнитные свойства керамик при температурах, близких к критической.

Практическая польза работы заключается в возможности использования исследуемых материалов в качестве эффективных поглотителей электромагнитного излучения СВЧ диапазона.

Автор выражает благодарность лаборатории электронной керамики НПЦ по материаловедению НАН Беларуси за предоставленные образцы, а также лаборатории электромагнитной характеристики материалов (LCEM) Университета Салерно (Италия) за возможность проведения экспериментальных исследований и характеризацию образцов керамик.

РЭФЕРАТ

Дыпломная праца: 50 стар, 23 мал., 80 крын.

ТЫТАНАТ БАРЬЮ, ФАЗАВЫ ПЕРАХОД, КАЭФІЦЫЕНТЫ АДПЛОСТРАВАННЯ І ПРАХОДЖАННЯ, ДЫЭЛЕКТРЫЧНЫЯ ЎЛАСЦІВАСЦІ, ЗВЧ ВЫПРАМЯНЕННЕ.

Аб'ект даследавання – керамікі на аснове тытанату барыю.

Прадмет даследавання – працэсы ўзаемадзеяння электрамагнітнага выпрамянення мікрахвалевага дыяпазону з керамікамі на аснове тытанату барыю пры тэмпературах паблізу фазавога пераходу.

Мэта працы – эксперыментальнае выяўленне асаблівасцяў узаемадзеяння электрамагнітнага выпрамянення ЗВЧ дыяпазону з керамічнымі матэрыяламі на аснове тытанату барыю пры тэмпературах вышэй і ніжэй за кропку Кюры.

Характарызацыю аб'ектаў даследавання і іх элементны аналіз праводзілі метадам сканавальнай электроннай мікраскапіі, для вывучэння электрамагнітных уласцівасцяў матэрыялаў выкарыстоўвалі вектарны аналізатар ланцугоў Р4М-18/4.

Вынікі працы:

- Сабрана эксперыментальная ўстаноўка для правядзення тэмпературных вымярэнняў у ЗВЧ дыяпазоне;
- Эксперыментальна даследаваны электрамагнітны водгук керамікі на аснове тытанату барыю пры тэмпературах вышэй і ніжэй за крытычную;
- Праведзены аналіз атрыманых вынікаў, выяўлены асноўныя фактары, якія вызначаюць электрамагнітныя ўласцівасці керамік пры тэмпературах, блізкіх да крытычнай.

Практычная карысць працы – выкарыстанне даследаваных матэрыялаў у якасці эфектыўных паглынальнікаў электрамагнітнага выпрамянення ЗВЧ дыяпазону.

Аўтар выказвае падзяку лабараторыі электроннай керамікі НПЦ па матэрыялазнаўстве НАН Беларусі за прадстаўленія аб'екты для даследавання, а таксама лабараторыі электрамагнітнай характарыстыкі матэрыялаў (LCEM) Універсітэта Салерна (Італія) за магчымасць правядзення эксперыментальных даследаванняў і характарызацыю керамік.

ABSTRACT

thesis: 50 pag., 23 fig., 80 ref.

BARIUM TITANATE, PHASE TRANSITION, REFLECTION AND PASSING ACTORS, DIELECTRIC PROPERTIES, MICROWAVE RADIATION.

The object of study is barium titanate-based ceramics.

The subject of study is the processes of microwave electromagnetic radiation interaction with ceramics based on barium titanate at temperatures nearby the phase transition.

The aim of the work is to identify experimentally the characteristics of the interaction of microwave electromagnetic radiation with ceramic materials based on barium titanate at temperatures above and below the Curie point.

Characterization of the samples and their elemental analysis was carried out by scanning electron microscopy; to study the electromagnetic properties of the obtained materials, a P4M-18/4 vector network analyzer was used.

Results of the study:

- An experimental setup for temperature measurements in the microwave range was assembled;
- The electromagnetic response of barium titanate-based ceramics at temperatures above and below the critical value was experimentally investigated;
- The analysis of the results was carried out, the main factors determining the electromagnetic properties of ceramics at temperatures nearby the critical value were identified.

The practical benefit of the work is the possibility of using the studied materials as effective absorbers of electromagnetic radiation in the microwave range.

The author expresses thanks and appreciation to the Laboratory of Electronic Ceramics of the Scientific and Practical Center for Materials Science of the National Academy of Sciences of Belarus for the samples provided, as well as to the Laboratory of the Electromagnetic Characterization of Materials (LCEM) of the University of Salerno (Italy) for the possibility of conducting experimental studies and characterization of ceramic samples.