

Оптические свойства композита с сегнетоэлектрической фазой BaTiO_3 в терагерцовой полосе спектра

Л.В. Григорьев¹, А.А. Семенов²

¹Санкт-Петербургский государственный университет

²Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация: в данной работе исследовались тонкие пленки из полимерного композита, содержащего сегнетоэлектрическую фазу титаната бария. Матрица композита из негативного фоторезиста SU-8. Исследовались оптические свойства слоя композита в субмиллиметровой полосе спектра. По результатам исследований дана оценка применимости толстых пленок композита, содержащего титанат бария для создания неохлаждаемых фотоприемников, работающих в терагерцовой полосе спектра.

Ключевые слова: толстопленочная технология, лазерно-стимулированное 3D формирование, титанат бария, негативный фоторезист SU-8, микроболометры, радиофотоника.

1. Введение

В настоящее время активным образом происходит изучение взаимодействия излучения субмиллиметровой полосы спектра (терагерцового излучения) с различными органическими веществами и биологическими объектами в целях создания систем эффективного онкомониторинга и систем для дистанционного обнаружения биологически активных веществ [1-3]. В этой связи весьма актуальна задача создания неохлаждаемого фотоприемного устройства для терагерцовой области спектра. Такого рода приемники могут быть как одноэлементными, и многоэлементными (линейки и матрицы). Их использование позволит создавать на их основе системы идентификации и системы видения, работающие в субмиллиметровой полосе спектра. Для этого необходимо создать материал приемной площадки фотосенсора, эффективно поглощающий падающее излучение в терагерцовом диапазоне спектра. Возможным материалом для приемных площадок неохлаждаемых приемников субмиллиметрового диапазона являются гетерокомпозиты, содержащие металлические или сегнетоэлектрические фазы [2,4,5].

Целью данной работы являлось изготовление слоя гетерокомпозита, поглощающего излучение в субмиллиметровой полосе спектра и создание на его основе неохлаждаемого одноэлементного фотоприемника по технологии лазерно-стимулированного 3D формирования.

В работе проведено совместное исследование оптических свойств в полосе спектра 0.1-1.2 ТГц толстых пленок полимерного композита, содержащего сегнетоэлектрическую фазу титаната бария.

2. Подготовка образцов и экспериментальные результаты

Полимерный гетерокомпозит (полимерная матрица, содержащая мелкодисперсный порошок титаната бария) создавался на основе широко используемого в микроэлектронике и микросистемной технике негативного фоторезиста марки SU-8. Выбор этого УФ отверждаемого фоторезиста был обусловлен его отличной адгезией к керамическим материалам и к монокристаллическому кремнию используемым в микроэлектронике.

Мелкодисперсный порошок титаната бария был чистоты ОСЧ и согласно микроскопическим измерениям его гранулы не превышали размера 1.5 мкм. На подложку из полированного кварца марки КВ методом полива и центрифугирования, наносилась пленка из гетерокомпозиата. После задубливания композиата, его поверхность облучалась УФ излучением лазера в многопроходном режиме. Таким образом, были сформированы фотоприемные площадки 10 x 3 мм. Толщина слоя из гетерокомпозиата была оценена из прямых микроскопических измерений. Слой из гетерокомпозиата составил за один цикл нанесения 18 мкм. Было проведено четыре цикла нанесения. На концах площадок были нанесены металлические электроды из серебряной пасты.

Были проведены исследования спектров поглощения структур в субмиллиметровой полосе спектра 0.1 – 1.2 ТГц. На рисунке 1 приведена спектральная зависимость коэффициента поглощения в этой области для гетерокомпозиата толщиной 72 мкм.

На рисунке 1 приведена спектральная зависимость коэффициента поглощения слоя гетерокомпозиата, содержащего сегнетоэлектрическую фазу, в субмиллиметровой области.

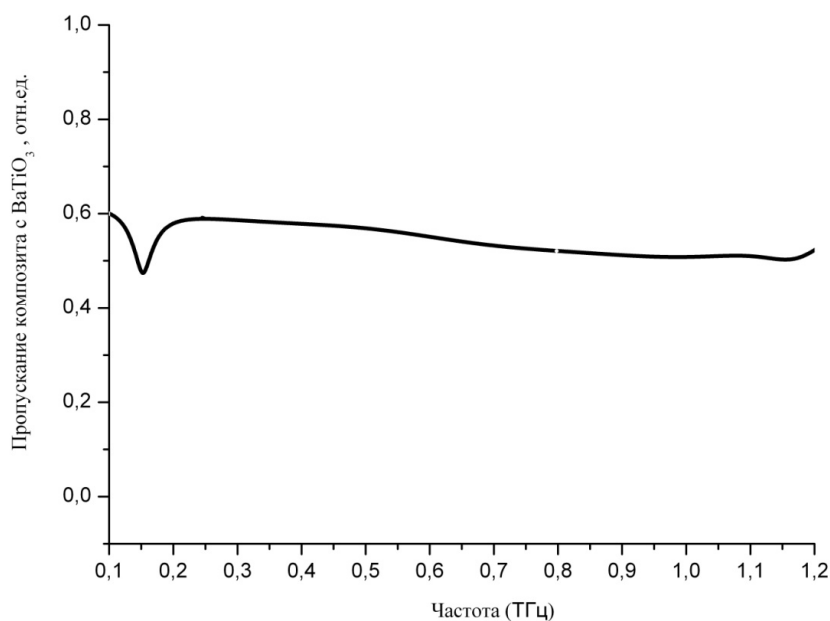


Рисунок 1. Коэффициент поглощения пленки гетерокомпозиата в субмиллиметровой области.

Исследование спектров поглощения в терагерцовой области проводилось на установке, описанной в работе [6]. Генерация излучения в терагерцовой области осуществлялась оптическим способом: методом смешения двух оптических сигналов в нелинейно-оптическом кристалле. Диапазон генерируемого излучения находился от 0.1 - 1.2 ТГц. Регистрация субмиллиметрового излучения происходила при помощи опто-акустического приемника, который помещался на место экрана. Величина падающей мощности ТГц излучения в диапазоне 0,1 – 1,2 ТГц не превышала 4.0 мкВт. Регистрировались импульсные спектральные зависимости на основе Фурье преобразований и метода регуляризации Тихонова-Лаврентьева восстанавливались спектральные зависимости коэффициента пропускания.

Приведенная на рисунке 1 спектральная зависимость коэффициента поглощения толстой пленки гетерокомпозиата, содержащего сегнетоэлектрическую

фазу BaTiO_3 , позволяет применять данный материал для построения на его основе неохлаждаемых болометров субмиллиметрового диапазона спектра. Относительная равномерность в коэффициенте пропускания может быть использована для построения приемных площадок неохлаждаемых терагерцового излучения в различных приборах радиофотоники.

3. Заключение

Полимерный гетерокомпозит на основе матрицы из УФ отверждаемого негативного фоторезиста SU-8 и функционального наполнителя (сегнетоэлектрика титаната бария) пригоден для создания приборов терагерцовой фотоэлектроники по модифицированной толсто пленочной технологии. В этой технологии отдельные технологические операции формирования топологии прибора на поверхности подложки и последующего вжигания пасты заменены одной операцией лазерного 3D-формирования на поверхности подложки.

Спектральная зависимость коэффициента поглощения толстой пленки исследуемого гетерокомпозита в терагерцовой полосе спектра 0.1-1.2 ТГц, позволяет применять данный материал для создания на его основе неохлаждаемых микро болометров субмиллиметрового диапазона спектра. Относительная равномерность в коэффициенте пропускания может быть использована для построения как приемных площадок неохлаждаемых фотоприемников терагерцового излучения, так и приборов радиофотоники.

Список литературы

1. R. Amantea; C. M. Knoedler; F. P. Pantuso; V. Patel; D. J. Sauer; J. R. Tower. Uncooled IR imager with 5mK NEDT, Proceedings of SPIE, Vol. 3061. pp. 210-220, 1997.
2. Л.В. Григорьев, А.А. Горбачев, Е.А. Седых, С.О.Соломин. Эффект плазмонного излучения терагерцового излучения в кремниевом композите с силикатом эрбия // Оптика и Спектроскопия, 2016. Т.121, №4, с. 95-99.
3. Garahan, Anna; Pilon, Laurent; Yin, Juan; & Saxena, Indu. Effective Optical Properties of Absorbing Nanoporous and Nanocomposite Thin-Films // Journal of Applied Physics, 101, 014320 (2007).
4. О. Г. Вендик, Н. Ю. Медведева, С. П. Зубко. Размерный эффект в наноструктурированных сегнетоэлектрических пленках // Письма в журнал технической физики. - 2007. - Т. 33, N 6, с. 8-14.
5. В. П. Курбацкий, А. В. Коротун, В. В. Погосов. О влиянии квантования электронного спектра малых металлических частиц на оптическое поглощение в композитах // Журнал технической физики. 2012, с. 130-134
6. Ионина Н.В., Орлов В.В., Рохмин А.С., Ходзицкий М.К., Козлов С.А. Система накачки инфракрасного излучения для источника непрерывного терагерцового излучения. - Санкт-Петербург: Научно-технический вестник ИТМО, 2012. - № 4. - С. 23-28.