

МАГНИТОРЕЗОНАНСНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

С. В. Адашкевич², А. Г. Бакаев¹, М. И. Маркевич¹, А. И. Гордиенко¹,
В. Ф. Стельмах², А. М. Чапланов¹

¹Физико-технический институт НАН Беларуси,

²Белорусский государственный университет, stelmach@bsu.by

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время тенденция к миниатюризации элементов СВЧ ставит задачи по разработке материалов, которые обладают высокой поглощающей способностью, хорошими клеящими, герметизирующими, термостабильными и изолирующими свойствами [1-2]. Актуальной задачей является создание композиционных материалов, позволяющих осуществлять в едином технологическом цикле сборку элементной базы и одновременно формирование локальных слоев поглотителей СВЧ-энергии, как в отдельных изделиях, так и электронных модульных устройствах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Целью данной работы является создание и диагностика композиционного материала на основе наполнителей Fe_3O_4 , Al_2O_3 , оксалона, лака в качестве связующего и исследование его магниторезонансных свойств.

Структура материала представляет собой механическую смесь рубленных волокон оксалона и порошков Fe_3O_4 , Al_2O_3 , распределенных в связующей матрице на основе лака. Для получения пористого материала затвердевание матрицы проводили без применения давления. Более плотный материал получали под избыточным давлением. Размеры частиц порошков составляют 40 мкм и менее.

Исследования морфологии образцов проводилось с помощью сканирующего электронного микроскопа SEM 515, имеющего систему энергодисперсионного (EDS) микроанализа в состав которой входят Si(Li) детектор со сверхультратонким окном, охлаждаемый жидким азотом, компьютер и пакет программного обеспечения Genesis SEM Quant ZAF software, использующий матрицу ZAF коррекции при осуществлении качественного и количественного анализа [4].

Исследования магнитного резонанса проводились на специализированном малогабаритном анализаторе ЭПР «Минск 22» при комнатной температуре. Рабочая длина волны – в диапазоне 3 см. Максимальное значение индукции магнитного поля - не менее 0,45 Тл. Частота модуляции магнитного поля 30 кГц. Для контроля добротности измерительного резонатора использовался кристалл рубина, закрепленный на боковой стенке. Особенностью резонатора являлось отсутствие электрической компоненты поля СВЧ в месте расположения образца [5].

На рисунке 1 а, б приведена морфология композиционного материала, произведенного по двум технологиям без применения давления и с использованием давления.

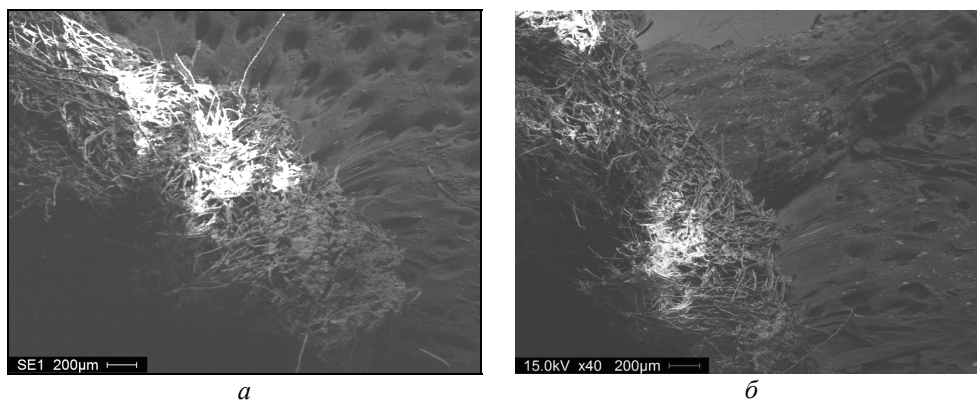


Рис. 1 Морфология синтезированного материала, полученного:
а) с применением давления (образец 1); б) без применения давления (образец 2)

Данные, приведенные на рисунке 1, показывают, что материал, полученный без применения давления, имеет более пористую структуру, чем материал с применением давления. Диаметр волокна оксалона составляет ~8 мкм (рис.1).

На рисунке 2 приведен элементный состав материала.

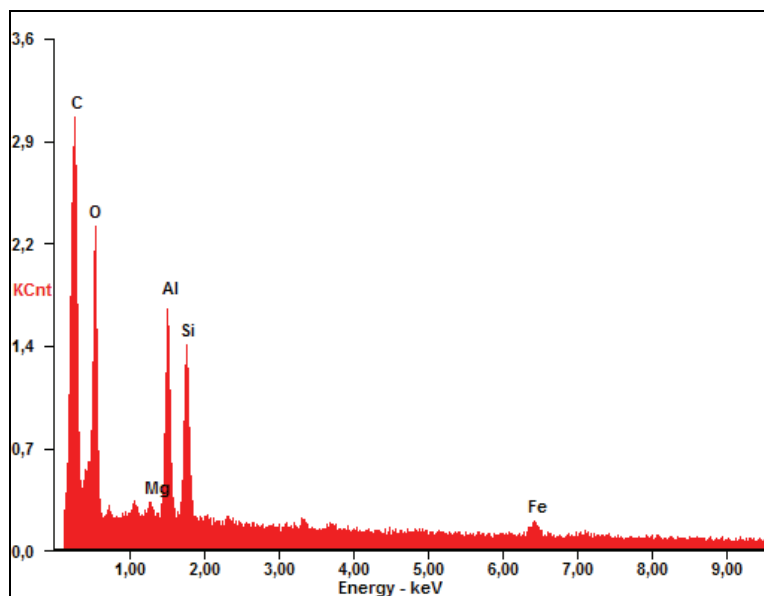


Рис. 2 Элементный состав композиционного материала

На рисунке 3 приведены магниторезонансные спектры образцов.

Узкие линии относятся к калибровочному образцу рубина, расположенному на торцевой стенке резонатора. Из соотношения интенсивностей сигналов заполненного резонатора и калибровочного образца следует, что потери, обусловленные нерезонансным поглощением, практически отсутствуют.

Кроме того, на обоих спектрах магнитного резонанса имеется широкая одиночная резонансная несимметричная линия, свидетельствующая о неоднородном взаимодействии между различными типами магниторезонансных центров. Значение эффективного g -фактора $2,5 \pm 0,1$ и ширина линии $\Delta B_1 = 127,0$ мТл (образец 1), $\Delta B_2 = 90,0$ мТл (образец 2), что свидетельствует о наличии высокой концентрации магнитных центров в обоих материалах.

Уменьшение (в 1,5 раза) ширины линии в пористом материале при близком значении эффективных g -факторов показывает существенное уменьшение концентрации магнитных центров. Это является следствием так называемого «кислородного эффекта» [3], приводящего к уменьшению суммарной концентрации магнитных центров вследствие взаимодействия подвижного кислорода в порах с неподвижными магнитными центрами в пористых образцах.

ВЫВОДЫ

Создан и диагностирован новый композиционный материал на основе волокна оксалона, частиц Fe_3O_4 , Al_2O_3 и связующего лака. Методом ЭПР установлено, что на спектре магнитного резонанса имеется широкая одиночная резонансная, несимметричная линия поглощения (вследствие разброса размеров частиц порошков) со значением эффективного g -фактора $2,5 \pm 0,1$ и ширинами $\Delta B_1 = 127,0$ мТл, $\Delta B_2 = 90,0$ мТл. В более плотном материале кислородный эффект не проявляется. С точки зрения эффективности поглощения энергии СВЧ материал, полученный с применением давления – предпочтителен.

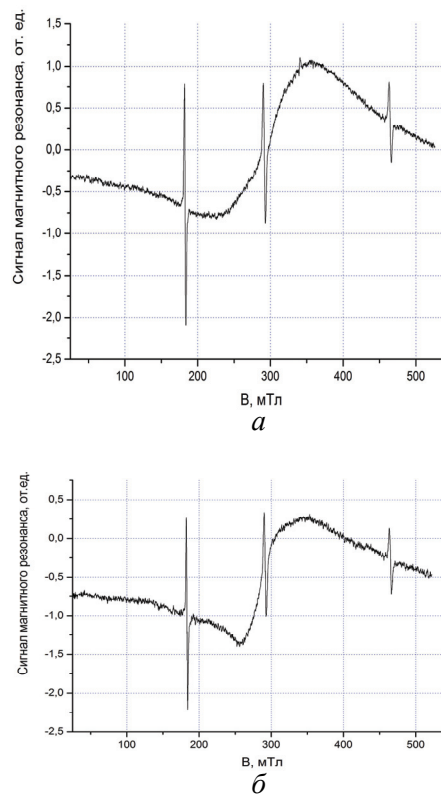


Рис. 3. Спектр магнитного резонанса образцов, полученных: а) с применением давления (образец 1); б) без применения давления (образец 2)

ЛИТЕРАТУРА

1. Казанцева, Н.Е. Перспективные материалы для поглотителей электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона / Н.Е. Казанцева, Н.Г. Рывкина, И.А. Чмутин // Радиотехника и электроника.-2003.-Т.48.-№2.-С.196-209.
2. Лыньков, Л.М. Конструкции гибких поглотителей электромагнитной энергии СВЧ диапазона/Л.М. Лыньков, Т.В. Борботько, В.А. Богуш, Н. В. Колбун, Н.В. //Доклады БГУИР.- 2003.- Т.1.-№1.-92-102 с.
3. Stelmakh, V. Oxygen influence on EPR spectra of carbon materials /V. Stelmakh [et. all] // Polish Journal of applied chemistry. 2000. XLIV, N 4. P. 227-234.
4. Гоулдстейн, Д. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ/ Д. Гоулдстейн – М.: Мир, 1984. – 303 с.
5. Акунец В.В. Анализатор электронного парамагнитного резонанса: Учебно-справочное пособие / В.В. Акунец, В.Ф. Стельмах, Л.В. Цвирко // Мн.: УП «Технопринт». 2002. 102 с.

ЭПР И ФОТОПРОВОДИМОСТЬ В КРИСТАЛЛАХ СТМ АЛМАЗОТ

**И. И. Азарко, С. В. Григорьев, Н. М. Казючиц,
И. А. Карпович, О. Н. Янковский**

Белорусский государственный университет, azarko@bsu.by

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь на протяжении нескольких десятков лет производятся синтетические алмазы, причем как крупные монокристаллы, так микро- и нанопорошки. ЭПР является экспрессным и в тоже время эффективным методом выявления точечных дефектов или кластерных ассоциатов в кристаллах алмаза. Явление фотопроводимости наиболее близко моделирует процессы, происходящие в детекторах ионизирующих излучений, и используется для отбора алмазов «детекторного качества». В данной работе продолжено исследование кристаллов СТМ Алмазот, выращенных по стандартной технологии на РУП Адамас БГУ[1]. Ранее [2] было показано, что кристаллы алмаза характеризуются неоднородным распределением примесей азота и никеля, максимальное содержание которых наблюдается в центральной области кристалла в окрестности затравки.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Целью данной работы является выявление закономерностей распределения примеси азота и никеля в парамагнитном состоянии в -кристаллах СТМ Алмазот.

Исследования исходных кристаллов и вырезанных из них пластин проводились методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и с помощью спектроскопии поглощения в ИК области. Спектры поглощения измеряли в центральной области и на краю пластин. Диаметр области зондирования составлял 1,1 мм. Фоточувствительность пластин к излучению дейтериевой лампы оценивалась по измерениям величины фотопроводимости в окрестности локальных «точечных» контактов из серебряной пасты, нанесенных на освещаемую поверхность пластины. Напряжение смещения прикладывалось между точечным контактом на освещаемой поверхности и сплошным контактом на неосвещаемой поверхности. С использованием спектро-