

# СЕКЦИЯ IX ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО МУЛЬТИФЕРРОИКА И ПОЛИМЕРА

А. В. Бука

*Учреждение образования «Белорусский государственный  
технологический университет», г. Минск*

Научный руководитель Е. М. Дятлова, канд. техн. наук, доцент

Целью исследования является синтез нового композиционного материала на основе керамического мультиферроика – ортоферрита висмута и полимерного материала. В настоящее время в материалах электронной техники стали шире применяться композиционные материалы. Композиционные материалы имеют совокупность положительных свойств матрицы и наполнителя, а негативные свойства невелируются. В данной композиции матрицей служит полимерный материал, а наполнитель – феррит висмута.

Ортоферрит висмута находит свое применение в микроэлектронике, в области магнетизма, фотоэлектричества. Одной из новых ветвей электроники является спинтроника, где носитель заряда представляет собой спин электрона. Применение спинтроники поможет решить задачи, где требуется наличие большого объема информации, т. е. более высокая плотность записи информации на носитель.

Полиэфирэфиркетон в настоящее время используется в различных отраслях промышленности: атомной, машиностроении, пищевой, военной, медицинской и др. Такое широкое применение данного полимера обуславливается его свойствами: стойкость к химическим, механическим и природным воздействиям, стойкость к УФ-излучению, возможность длительной работы при относительно высокой влажности, сохранение своих свойств при повышенных температурах [1].

Для синтеза композиции выбран ряд полимеров: полиамид-6 (ПА-6), термоэластопласт (Б2-ИБ) и полиэфирэфиркетон (4 ПЭЭК); а также синтезирован ортоферрит висмута двумя методами: высокотемпературным спеканием и экзотермическим нитрат-цитратным методом.

Полимерные материалы подвергались измельчению в вибрационной мельнице. С помощью анализа ДСК изучены процессы при нагревании полимера и его смеси с  $\text{ViFeO}_3$ . Изучены основные электрофизические свойства полимеров. Для синтеза композиции на основе 4 ПЭЭК и  $\text{ViFeO}_3$  были приготовлены смеси порошков в соотношении от 25 : 75 до 75 : 25 с шагом 25 мас. %. Смесь подвергалась гомогенизации в микрошаровой мельнице. В качестве связующего выступал ПВС. Образцы получены в виде таблеток с диаметром 12 мм и толщиной 3 мм. Усилие прессования составило от 7 до 12 кН, в зависимости от количества полимера. Получено четыре состава: № 1–3 – составы с  $\text{ViFeO}_3$ , синтезированным нитрат-цитратным методом, № 4 – с  $\text{ViFeO}_3$ , синтезированным методом спекания. Композиции подвергались

термической обработке при температуре 420 °С, после чего были измерены основные физико-химические свойства, отображенные в табл. 1.

Таблица 1

Основные физико-химические свойства композиций

Номер состава	BiFeO <sub>3</sub> , мас. %	4 ПЭЖ, мас. %	В, %	Π <sub>о</sub> , %	ρ <sub>к</sub> , г/см <sup>3</sup>
1	25	75	2,6	3,2	1,206
2	50	50	2,7	4,9	1,805
3	75	25	7,9	20	2,543
4	50	50	1,5	3,1	2,047

Низкие значения водопоглощения и открытой пористости говорят о том, что полимер практически полностью расплавился и заполнил открытые поры в материале.

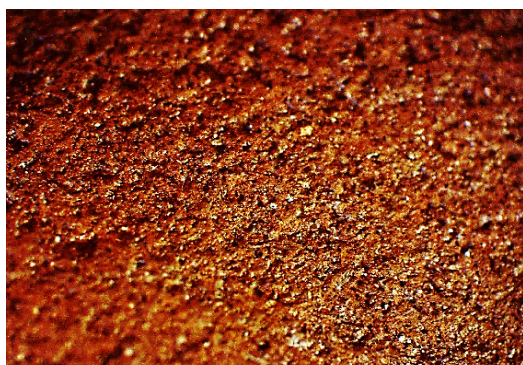
Получены снимки на оптическом микроскопе «NIKON» при 40-кратном увеличении (рис. 1).



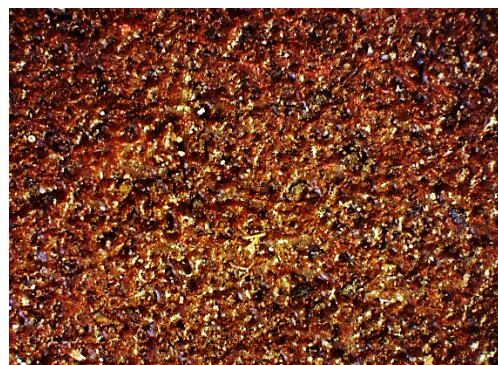
Состав № 1



Состав № 2



Состав № 3



Состав № 4

Рис. 1. Снимки поверхностей композиционного материала

Из снимков видно, что состав содержащий в себе ортоферрит висмута, синтезированный методом спекания, является более грубодисперсным в сравнении с другими, что отображает недостатки этого метода, в нитрат-цитратном методе частицы BiFeO<sub>3</sub> имеют размеры микрона.

Проведено измерение поверхностного электрического сопротивления образцов с помощью тераомметра и рассчитано удельное электрическое сопротивление образцов при различных температурах, построены графики зависимостей логарифма удельного объемного электрического сопротивления  $\rho_v$  от температуры (рис. 2).

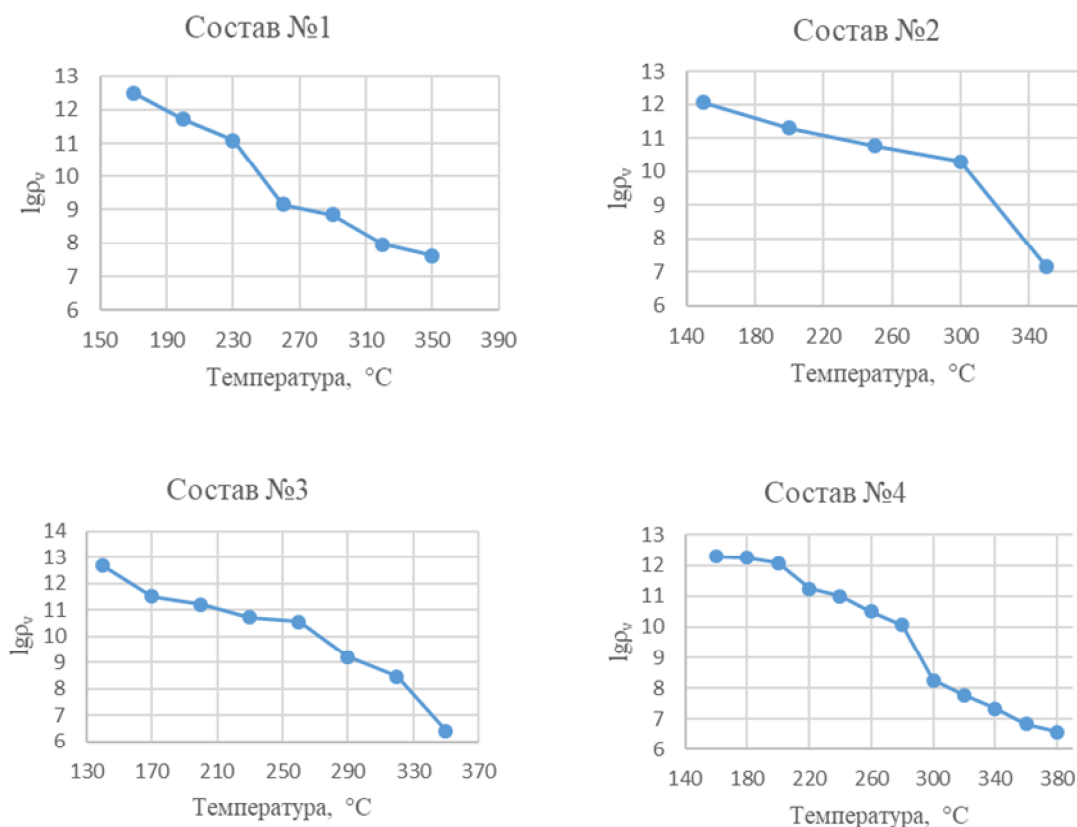


Рис. 2. Зависимость  $\lg \rho_v$  от температуры

На кривых видны сравнительно большие значения удельного объемного сопротивления, это связано с тем, что композиция в себе содержит ортоферрит висмута, который должен себя вести как полупроводник, а сопротивление у полупроводников находится в интервале от  $10^2$  до  $10^7$  Ом, а у  $\text{BiFeO}_3$ , синтезированного нитрат-цитратным методом, при комнатной температуре удельное объемное сопротивление достигает значения  $2 \cdot 10^3$  Ом · м, однако такое сопротивление перекрывается сопротивлением полиэфирэфиркетона, который себя ведет как диэлектрик и имеет удельное сопротивление от  $10^{14}$  до  $5 \cdot 10^{16}$  Ом · м. Аналогично себя ведет состав, который содержит ортоферрит висмута, синтезированный высокотемпературным спеканием. Зависимость кривых является стандартной для полупроводников, т. е. с повышением температуры уменьшается электрическое сопротивление. Температурные границы измерения выбраны с учетом температуры размягчения и плавления полимера.

Возможность применения такого композиционного материала может найти себя в широких пределах, а именно работа в агрессивных средах, при сильных электрических нагрузках, материалах электронной техники, производство изоляторов, диодов, теристоров высокой мощности. Ортоферрит висмута также обладает магнитоэлектрическим эффектом, что позволяет применять его в датчиках магнитных полей, аппаратуре, работающей в СВЧ-диапазоне, магнитной памяти и др.

## **208 Перспективные направления совершенствования материалов**

---

### Л и т е р а т у р а

1. Полимер инфо / Полимер полиэфирэфиркетон – уникальный материал химической промышленности. – М. : 2016–2019. – Режим доступа: <https://polimerinfo.com/-kompozitnye-materialy/poliefirefirketon.html>. – Дата доступа: 03.04.2020.