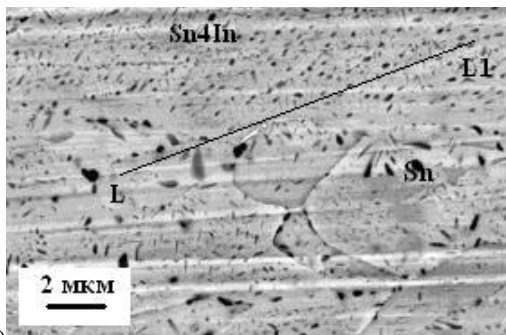
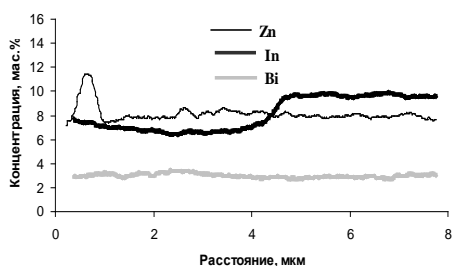


около 7 мас. %, что приводит к прерывистому механизму распада пересыщенного твердого раствора, и формированию крупных пластинчатых включений цинка (рисунок 2а). В зернах  $\gamma$ -фазы наблюдаются дисперсные равноосные включения, а также пластинчатые включения цинка с толщиной пластинок порядка 50-100 нм.



а)



б)

Рисунок 2 – Микроструктура (а) и распределение компонент вдоль линии сканирования L-L1 фольг сплава: а- Sn – 8 мас.% Zn – 3 мас.% Bi – 9,0 мас.% In

Легирование эвтектического сплава Sn-Zn-Bi индием приводит к уменьшению микротвердости (рисунок 3). При содержании In 4,5 мас % микротвердость стабилизированных фольг уменьшается на 10-15 %, что может быть связано с изменением размеров зерен. Фольги с концентрацией индия 9 мас. % имеют микротвердость практически вдвое меньшую, чем сплав без индия, что обусловлено образованием  $\gamma$ -фазы, микротвердость которой не превышает 145 МПа [3]. В исследованных стареющих сплава наиболее интенсивно микротвердость изменяется за первые несколько часов после изготовления (рис. 3). Изменение микротвердости на 10-15 %

обусловлено увеличением размеров дисперсных частиц цинка и стабилизацией границ зерен и фаз.

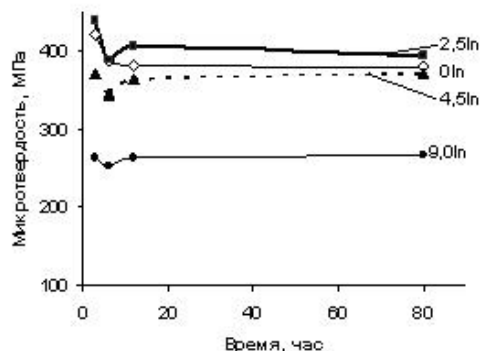


Рисунок 3 – Зависимость микротвердости фольг сплавов Sn – 8 мас.% Zn – 3 мас.%Bi – Xмас.% In (X=0; 2,5; 4,5; 9,0 мас.%) от концентрации In и времени старения

Результаты испытаний фольг на разрыв приведенные в таблице, показывают, что небольшие добавки индия повышают пластичность, однако при этом несколько уменьшается предел прочности.

Концентрация индия, мас. %	0	2,5	4,5	9,0
Относительное удлинение, %	3,5	5,0	5,00	18
Предел прочности, МПа	140	122	114	70

Таким образом, оптимальные механические свойства достигаются при легировании индием эвтектического сплава Sn-Zn-Bi индием не более чем на 2-3 массовых процента.

#### Литература

1. Пивненко В. Актуальность перехода к сплавам, используемым в бессвинцовых процессах //Радиокомпоненты. 2006.– № 3.– С.8-35.
2. Ланин В., Лаппо А. Повышение качества паяных соединений бессвинцовыми припоями // Технологии электронной промышленности. – 2016. – № 1.– С. 38-41.
3. Ван Цзинзу, Шепелевич В.Г. Быстрозатвердевшие фольги индия. – Минск: РИВШ, 2011.– 172 с.

УДК 539.2

### НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПЕНОПЛАСТА МАРКИ «АКРИМИД»

Адашкевич С.В.<sup>2</sup>, Бакаев А.Г.<sup>1</sup>, Маркевич М.И.<sup>1</sup>, Стельмах В.Ф.<sup>2</sup>, Чапланов А.М.<sup>1</sup>, Щербакова Е.Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Физико-технический институт НАН Беларуси

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет

<sup>3</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Новый термостойкий пенопласт марки «Акримид» получается технологией вспенивания на основе поли(мет)акриламида. Он

предназначен для использования в качестве вспененного наполнителя прежде всего в сфере авиационного, вагоностроения, судостроения,

приборостроения и транспортного машиностроения [1, 2].

Данный материал хорошо зарекомендовал себя при использовании в качестве наполнителя лопастей, перегородок, изоляции корпусов, укрытий и других аналогичных изделий [1–3]. Уникальность нового полимера заключается в высокой температурной стойкости, он способен выдерживать тепловую нагрузку до 220 °С, что делает его конкурентоспособным относительно вспененного полиуретана, полистирола, поливинилхлорида, полистирол - акрилонитрила и др.

Плотность материала составляет до 140 кг/м<sup>3</sup>, благодаря высоким температурно-прочностным параметрам упрощается технологический процесс изготовления сэндвич-конструкций [3, 4].

В числе ценных свойств материала, которые делают данный пенопласт весьма перспективным в промышленном производстве, такие параметры нового материала, как:

- высокая термостойкость относительно имеющихся вспененных и экструдированных полимеров,
- стабильная прочность при большом давлении и высокой температуре,
- широкий диапазон плотностей,
- возможность термоформирования,
- применимость материала в разных технологиях склейки,
- отличные теплоизоляционные характеристики.

Однако следует отметить, что многие свойства таких пенопластов, которые могут представлять интерес для расширения сферы его использования, не достаточно изучены. Целью данной работы являлось установление возможности применения данного материала в радиоэлектронике.

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]. Измерения проводились при значениях ускоряющего напряжения от 6,4 до 30 кВ.

Формирование контраста определяется разностью детектируемых сигналов от соседних участков образца: чем она больше, тем выше контраст изображения. Контраст зависит от нескольких факторов: топографии поверхности, химического состава объекта, поверхностных локальных магнитных и электрических полей, кристаллографической ориентации элементов структуры. Важнейшими из них являются топографический, зависящий от неровностей

поверхности образца, и контраст, зависящий от атомного состава образца.

Исследования магнитного резонанса проводились на специализированном малогабаритном анализаторе электронного парамагнитного резонанса ЭПР «Минск 22» при комнатной температуре. Рабочая длина волны – 3 см. Максимальное значение индукции магнитного поля – 450 мТл, частота модуляции – 30 кГц.

Для калибровки интенсивности сигналов объектов исследования использовался образец из монокристалла рубина ( $Al_2O_3:Cr^{3+}$ ). В процессе измерений дополнительный контроль стабильности работы спектрометра осуществлялся путем измерения калибровочного материала двухвалентного марганца ( $MgO:Mn^{2+}$ ).

На рисунке 1а и 1б представлены морфология и рентгеновские спектры пенопласта.

Из рисунка следует, что данный материал имеет однородную закрытую мелкоячеистую структуру. По всей поверхности материала видны ячейки различного размера – от 40 до 200 мкм.

Из результатов проведенного микроанализа следует, что в материале имеются следы технологической примеси Na.

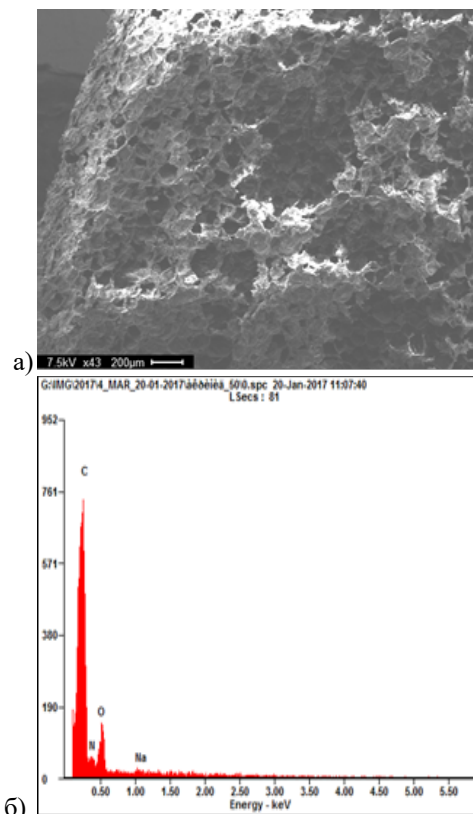


Рисунок 1 – Морфология (а) и элементный состав (б) поверхности пенопласта марки «Акримид»

На рисунке 2 приведен спектр электронного парамагнитного резонанса, полученный от исследуемого пенопласта.

Из соотношения интенсивностей сигналов заполненного резонатора и калибровочного образца следует, что нерезонансное поглощение электрической компоненты электромагнитного поля СВЧ в пенопласте незначительно. Измерения магнитного резонанса показывают, что материал относится к радиопрозрачному и не вносит магнитных и электрических потерь.

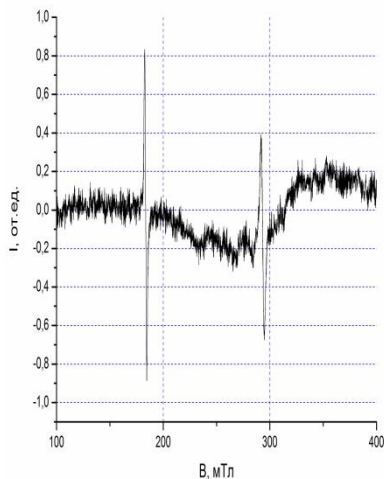


Рисунок 2 – Спектр ЭПР, полученный от пенопласта марки «Акримид»

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что пенопласт марки «Акримид», получаемый технологией вспенивания на основе поли(мет)акриламида пригоден для создания радиопрозрачных диэлектрических покрытий.

#### Литература

1. Зильберман, Е.Н., Новолокина, Р.А. Примеры и задачи по химии ВМС./ Е.Н. Зильберман, Р.А. Новолокина. – Москва: Высшая школа. – 1984. – 224 с.
2. Дорофеев, С.П., Окунев, П.А., Тараканов, О.Г. Пенопласты из сополимеров акрилонитрила / С.П. Дорофеев, П.А. Окунев, О.Г. Тараканов // Пластмассы. – 1972. – №8. – С.25-26.
3. Бессонов, М.И., Котон, М.М., Кудрявцев, В.В., Лайус, Л.А. Полиимиды – класс термостойких соединений/ М.И. Бессонов, М.М. Котон, В.В. Кудрявцев, Л.А. Лайус. – Л.:Наука. – 1983. – 328 с.
4. Iyer, B., Mathakiya, I., Shah, A., Rakshit, A. Terpolymers of acrylamide, acrylic acid and acrylonitrile: further characterization and biodegradation studies / B.Iyer, I. Mathakiya, A. Shah, A. Rakshit // Pol. International. – 2000. – V.49. – P.685-690.

УДК 539.2

### МАГНИТОРЕЗОНАНСНАЯ ДИАГНОСТИКА ПОРОШКА Y-Ba-Cu-O

Адашкевич С.В.<sup>2</sup>, Бакаев А.Г.<sup>1</sup>, Маркевич М.И.<sup>1</sup>, Стельмах В.Ф.<sup>2</sup>, Чапланов А.М.<sup>1</sup>, Щербакова Е.Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Физико-технический институт НАН Беларуси

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет

<sup>3</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Практическое применение эффекта сверхпроводимости ограничено вследствие необходимости низких температур, существования критических полей и критического тока [1–3]. Однако в некоторых областях физики сверхпроводники получили распространение, с использованием сверхпроводников создаются сильные магнитные поля для удержания плазмы в установках по управляемому термоядерному синтезу [1, 2].

В течение длительного времени усилия работающих в области сверхпроводимости, были направлены на поиск материалов с высокой критической температурой (высокотемпературная сверхпроводимость - ВТСП). Следует отметить, что открытия ВТСП материалов стало мощным стимулом разработки элементов сверхпроводниковой электроники и их использования в телекоммуникационной, приборной, компьютерной и медицинской технике [1–3]. В настоящее время разработаны, изготовлены и испытаны макеты ячейки памяти, сверхчувствительный элемент считывания на

ВТСП пленках с существенным снижением энерговыделения по сравнению с полупроводниковыми усилителями считывания, сверхскоростные линии связи, которые позволяют увеличить производительность систем в 10–100 раз. Внедрение ВТСП в вычислительную технику приводит к увеличению ее быстродействия и степени интеграции.

Широкие перспективы использования ВТСП открываются в СВЧ-технике и в создании датчиков видимого и ИК диапазона с высокой чувствительностью. Таким образом, возможности практического использования ВТСП-материалов в целом, и в частности керамики Y-Ba-Cu-O остаются многообещающими для микроэлектроники, медицины, эффективных систем производства, накопления и передачи энергии.

Целью данной работы является установление особенностей магниторезонансного поглощения СВЧ энергии керамикой Y-Ba-Cu-O.

Исследования морфологии образцов проводилось с помощью сканирующего