

(II), 3319 см⁻¹ (III), 3370 и 3180 см⁻¹ (IV), то есть наблюдается некоторое смещение полос поглощения в низкочастотную область для соединений I–III, в высокочастотную – для IV. Значения $\delta(\text{NH}_2)$ в комплексах смещаются в высокочастотную область до 1623 см⁻¹ в соединениях I–III, до 1634 см⁻¹ в комплексе IV по сравнению с $\delta(\text{NH}_2) = 1617$ см⁻¹ в НА. Частота $\nu(\text{CO})_{\text{НА}} = 1679$ см⁻¹ незначительно смещается в низкочастотную область до 1667, 1673, 1673 см⁻¹ в соединениях I–III, соответственно, а в комплексе IV (1684 см⁻¹) наблюдается ее повышение, что может свидетельствовать об отсутствии связи атома кислорода амидной группы с атомом меди. Приведенные данные, в целом, свидетельствуют, скорее, о неучастии амидной группировки в координации и отличии строения комплекса IV от других соединений. Возможно, молекула никотинамида координирована с ионами-комплексобразователями через атом азота пиридинового кольца, так как наблюдается смещение полос поглощения у кольца в интервале 1600–1030 см⁻¹

	Co	SiF6
Найдено, %	10,62	25,60
Для [Co(NA)2(H2O)4]SiF6•2H2O		
Вычислено, %	10,65	25,68
	Ni	SiF6
Найдено, %	10,58	25,60
Для [Ni(NA)2(H2O)4]SiF6•2H2O		
Вычислено, %	10,62	25,69
	Zn	SiF6
Найдено, %	11,62	25,33
Для [Zn(NA)2(H2O)4]SiF6•2H2O		
Вычислено, %	11,68	25,38
	Cu	SiF6
Найдено, %	12,12	27,14
Для [Cu(NA)2(SiF6)(H2O)2]•2H2O		
Вычислено, %	12,17	27,22

в высокочастотную область по сравнению со спектром лиганда.

Список литературы

1. Т.В. Кокшарова, И.С. Гриценко, С.В. Курандо, Т.В. Мандзий // *Вісник ОНУ*, 2009.– Т.14.– №12.– С.91.
2. Vaskova Z., Kitanovski N., Jaglicic Z. et al. // *Polyhedron*, 2014.– Vol.81.– P.555.
3. Smith N.A., Zhang P., Salassa L. et al // *Inorg. Chim. Acta*, 2017.– Vol.454.– P.240.
4. Ozbek F.E., Sertcelik M., Yuksek M. et al // *J. Mol. Struct.*, 2017.– Vol.1150.– P.112.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

В.И. Семенова

Научный руководитель – д.т.н., профессор О.В.Казьмина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, stebeneva_valeriya@mail.ru

Исследование радиоизлучения терагерцового диапазона (Т-лучи) является перспективным направлением. Благодаря особенностям данной спектральной области электромагнитные волны обладают высокой проникающей способностью. На сегодняшний день известен ряд областей применения Т-лучей, таких как медицина, системы безопасности, экология [1]. При работе с данным видом электромагнитного излучения необходимы материалы, способные препятствовать неконтролируемому распространению волн, что указывает на актуальность разработки радиопоглотителей терагерцового диапазона.

Ранее установлено, что соединения карбида кремния и арсенида галлия эффективно поглощают электромагнитное излучение в диапазоне низких Т-лучей от 20–40 ГГц [2]. С целью увеличения широкополосности радиопоглотителя и повышения его эффективности в диапазоне до 260 ГГц скорректирован состав и синтезирован новый материал. В качестве компонента рассмотрен отход полупроводникового производства, содержание которого изменяли от 10 до 30 масс. %. Основные физико-механические характеристики образцов размером 10×10 мм приведены в таблице 1. Основные электрофизические

Таблица 1. Физико-механические характеристики образцов

Основные компоненты материала	Содержание в материале отхода, масс. %	Кажущаяся плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа
вспученный перлит, жидкое стекло, отход	–	330	0,3
	10	350	1,5
	20	510	4,7
	30	560	6,0

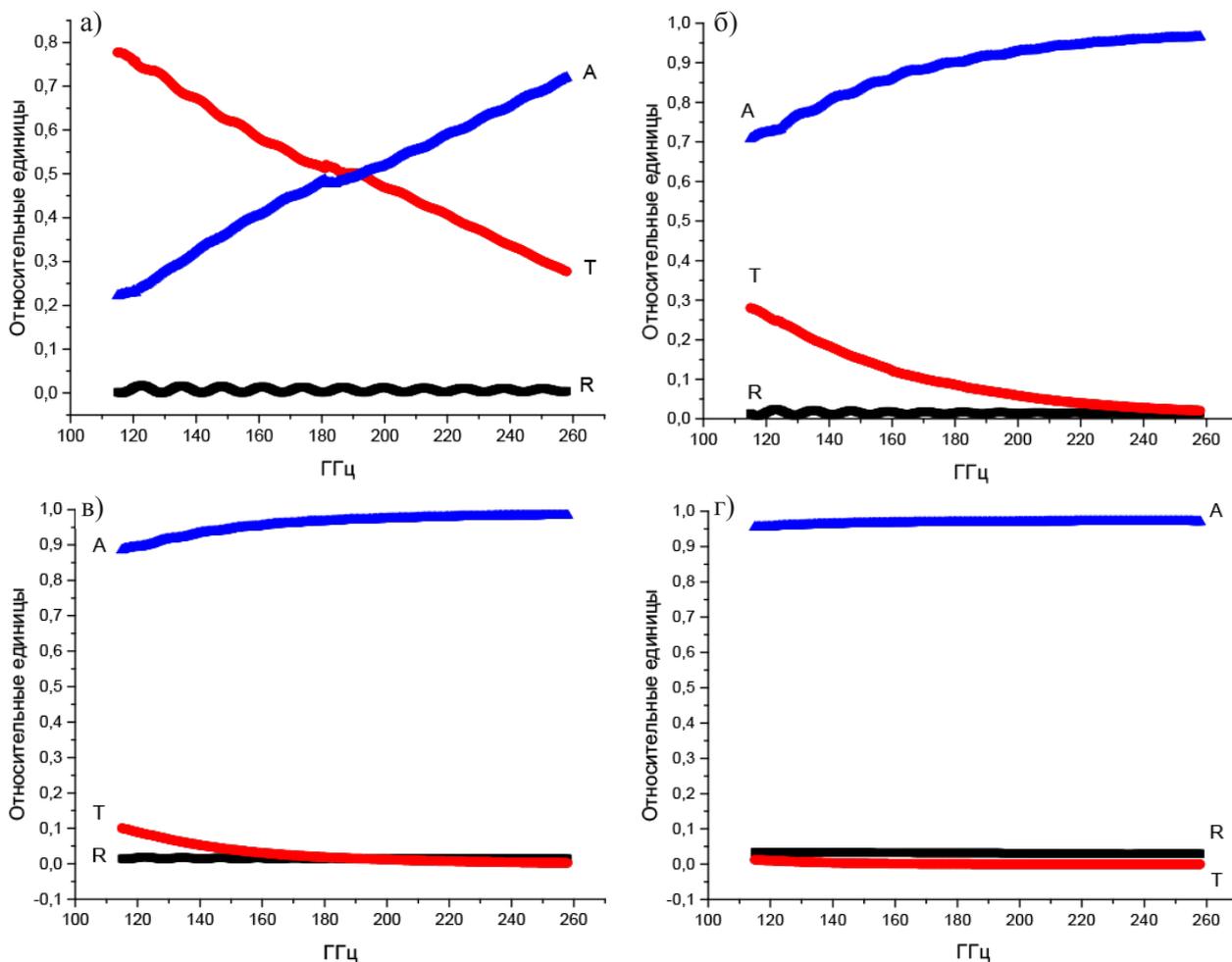


Рис. 1. Параметры электромагнитного отклика композита, содержащего отход, в диапазоне частот от 120–260 ГГц: а) 0%; б) 10%; в) 20%; г) 30%. Коэффициенты, отн. ед.: Т – прохождения; R – отражения; А – поглощения

характеристики определены с применением радиоспектроскопа типа E8363B в диапазоне частот 120–260 ГГц на базе Центра радиофизических измерений ТГУ (г. Томск)

Результаты измерения электромагнитных свойств представлены на рисунке 1. Для образца с содержанием 30% отхода, по сравнению с образцом без отхода, коэффициент поглощения увеличивается в 4,4 раза на частоте 120 ГГц и в 1,4 раза на частоте 260 ГГц. Коэффициент прохождения при этом закономерно снижается до

минимального значения (в 27 раз на 120 ГГц и в 10 раз на частоте 40 ГГц).

Таким образом, установлено, что полученный композиционный материал эффективно поглощает в терагерцовом диапазоне частот, причем наибольшие значения коэффициентов поглощения имеют образцы с содержанием отхода 20–30 % масс. Следовательно, данный композит может быть рассмотрен как радиопоглощающий материал.

Список литературы

1. Гибин И.С., Котляр П.Е. // *Успехи прикладной физики*, 2018. – Т.6. – №2. – С.117–128.
2. Стебенева В.И., Казьмина О.В. // *Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды: сб. материалов VII Всерос. конф. с междунар. участием*, 2018. – С.78.

СТРУКТУРНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ НИОБАТА ЛИТИЯ, ВЫРАЩЕННЫХ ИЗ ШИХТЫ ЛЕГИРОВАННОЙ БОРОМ

Н.В. Сидоров, Р.А. Титов

Научный руководитель – д.ф.-м.н., г.н.с., профессор Н.В. Сидоров

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева
ФИЦ КНЦ РАН

184209, Россия, г. Апатиты, Мурманской обл., ул. Академгородок 26а, romantitrov@mail.ru

Уникальные физические характеристики нелинейно-оптического монокристалла ниобата лития (LiNbO_3) обуславливают его широкое применение в качестве функционального материала в различных устройствах электронной техники. С целью повышения стойкости к повреждению оптическим излучением и снижения концентрации основных структурных дефектов (NbLi) путём направленного структурирования расплава конгруэнтного состава неметаллическим элементом бором нами были получены номинально чистые кристаллы $\text{LiNbO}_3:\text{B}$ (содержание бора в кристалле $\sim 10^{-4}$ вес. %).

Кристаллы выращивались в воздушной атмосфере методом Чохральского на установке «Кристалл-2». Номинально чистые кристаллы $\text{LiNbO}_{3\text{конг}}$ и $\text{LiNbO}_{3\text{стех}}$ были выращены из расплавов конгруэнтного состава и с содержанием Li_2O равным 58,6 мол.%, соответственно. Содержание следовых количеств примесей в кристаллах не превышало $0,5\text{--}1,0 \cdot 10^{-4}$ мас.%. Легирование шихты бором выполнено методом прямого твердофазного легирования, который заключается в твердофазном синтезе смеси Li_2CO_3 , Nb_2O_5 и H_3BO_3 с последующим получением гранулированной шихты $\text{LiNbO}_3:\text{B}$.

Показано, что кристаллы $\text{LiNbO}_3:\text{B}$ (0,55 и 0,83 мол. % B_2O_3 в шихте) характеризуются такой же высокой композиционной однородностью, как и номинально чистые конгруэнтные кристаллы ($\text{LiNbO}_{3\text{конг}}$), но отличаются от конгруэнтных кристаллов существенно меньшим количеством дефектов NbLi , являющихся наиболее глубокими электронными ловушками. Кроме

глубоких ловушек электронов, создаваемых точечными фоторефрактивными центрами (NbLi), в кристалле LiNbO_3 существует множество мелких ловушек электронов, влияющих на эффект фоторефракции и особенности спекл-картин фотоиндуцированного рассеяния света ФИРС [4].

По параметрам индикатрисы ФИРС, используя подходы, предложенные в работах [2, 3], в исследованных кристаллах были определены значения напряженностей диффузионного (E_D) и фотовольтаического (E_{pv}) электрических полей. Преимущественным механизмом фоторефракции в кристалле LiNbO_3 является фотовольтаический механизм, т.е. значение величины фотовольтаического поля (E_{pv}) больше значения величины диффузионного поля (E_D) [4]. Для кристаллов LiNbO_3 , выращенных из шихты с содержанием бора 0,55 и 0,83 мол. % B_2O_3 , значение E_{pv} близки: 5458 и 5554 V/cm, соответственно. При этом значение диффузионного поля для кристалла $\text{LiNbO}_3:\text{B}$ (0,55 мол. % B_2O_3 в шихте) немного выше значения E_D для $\text{LiNbO}_3:\text{B}$ (0,83 мол. % B_2O_3 в шихте) и $\text{LiNbO}_{3\text{конг}}$ (572, 25 и 52 V/cm, соответственно), что указывает на большее количество мелких ловушек электронов в первом кристалле. Для кристалла $\text{LiNbO}_{3\text{стех}}$ значения E_{pv} и E_D равны 4055 и 1749 V/cm, соответственно. Это свидетельствует о росте концентрации мелких электронных ловушек в $\text{LiNbO}_{3\text{стех}}$ (проявляется диффузионный механизм фоторефракции), по сравнению с остальными кристаллами. Показано, что величина диффузионного поля, отвечающего за диффузионный механизм переноса заряда в кристаллах $\text{LiNbO}_3:\text{B}$ имеет