

**РАДИОПОГЛОЩАЮЩИЕ СВОЙСТВА ПЕНОСТЕКЛА С ДОБАВЛЕНИЕМ АРСЕНИДА  
ГАЛЛИЯ**

В.И.Стебенева, К.В.Дорожкин

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [stebeneva\\_valeriya@mail.ru](mailto:stebeneva_valeriya@mail.ru)

**RADAR-ABSORBENT PROPERTIES OF A FOAM GLASS WITH GALLIUM ARSENIDE ADDITION**

V.I.Stebeneva, K.V.Dorozhkin

Scientific Supervisor: Prof., Dr.Tech.Sc. O.V. Kazmina

National Research Tomsk Polytechnic University

Russian, Tomsk, Lenin Avenue, 30, 634050

E-mail: [stebeneva\\_valeriya@mail.ru](mailto:stebeneva_valeriya@mail.ru)

**Abstract.** *The principal possibility of using wastes of semiconductor devices production containing gallium arsenide as a component of radio-absorbing material was established. The composition formulation including perlite, liquid glass, complex blowing agent and waste is developed. It is shown that with increase the waste amount in the composition from 10 to 30 wt. % the absorption coefficient increases from 80 to 98%, the transmission coefficient decreases to zero. The obtained results indicate a high absorbing capacity of composite in the frequency range of 120 - 260 GHz that refers to ultrasonic waves.*

**Введение:** Арсенид галлия занимает третье место в полупроводниковой промышленности по объемам потребления. Технологический процесс производства полупроводников приборов включает ряд технологических операций с образованием отходов, содержащих GaAs. С учетом высокой стоимости исходного сырья и опасности GaAs, вопрос рециклинга получаемых отходов весьма актуален. Также согласно современным исследованиям [1], перспективным направлением является введение в состав материалов, используемых в качестве радиопоглотителей, полупроводников.

Основное назначение радиопоглощающих материалов – защита от вредного или нежелательного электромагнитного влияния в широком спектре частотного диапазона. Существуют нормативные информационные базы (МЭК, СИСПР) в области учета и контроля электромагнитной совместимости (ЭМС) [2]. Согласно которым, в зависимости от практического применения и специфики излучения вид радиопоглощающих конструкций варьируется. На данный момент производство композиционных материалов с радиопоглощающими свойствами является не только научно-востребованным, но и соответствует стратегическому направлению развития страны [3].

**Целью работы** – установить возможность использования отходов арсенида галлия в качестве компонента неорганического композиционного радиопоглощающего материала.

**Материалы и методы исследования.** Для получения композиционного материала использован вспученный перлит, отход производства полупроводниковых приборов GaAs и связующее в виде жидкого стекла, характеристики которых приведены в табл. 1. Образцы синтезировали по разработанной технологии,

исключающей высокотемпературную обработку. Измерения электрофизических характеристик полученных образцов проводились на базе «Центра радиоизмерений» ТГУ. Для исследуемого диапазона частот 120 - 260 ГГц измерительным прибором выбран радиоспектроскоп типа E8363B.

Каждый компонент, используемый для получения композита, выполняет определённую функцию. Вспученный перлит понижает вес и теплопроводность готового изделия. Жидкая фаза выступает в качестве смачивателя и с добавлением комплексного газообразователя формирует пористую структуру готового материала. Учитывая растворимость щелочных силикатов в композицию введены добавки, переводящий силикаты натрия в нерастворимые соединения, что в конечном итоге сказывается на химической устойчивости радиопоглотителя.

Таблица 1

Физические характеристики основных компонентов композиции

Показатель	Значение, ед. измерения	Показатель	Значение, ед. измерения
Перлит		Натриевое жидкое стекло	
насыпная плотность	930 – 1100 кг/м <sup>3</sup>	плотность	1.485 г/см <sup>3</sup>
истинная плотность	2,36 кг/м <sup>3</sup>	pH	11,83
содержание воды	20 – 30 %	силикатный модуль	2,67

Технология приготовления композиционного материала представляет собой отдельное смешение сухих и жидких материалов, с последующим введением на последней стадии отхода арсенида галлия в виде суспензии и полного перемешивания всех композиции. Полученная пастообразная масса заливается в формы и высушивается при комнатной температуре до твердого пористого состояния. Содержание отходов в композите изменяли от 10 до 30 мас. %. Более высокое количество отхода приводит к снижению «холодного» вспенивания и формированию мало пористой структуры, что утяжеляет готовый материал.

**Результаты.** Измерения проводились на образцах в виде плоских шайб со средней толщиной  $14 \pm 0,5$  мм в диапазоне частот 120 - 260 ГГц, который на данный момент мало изучен с точки зрения радиопоглощающих материалов. Полученные результаты представлены на рисунке 1 в виде зависимостей коэффициентов поглощения, отражения и пропускания от частоты излучения.

Исследования показали, что коэффициент отражения для всех образцов одинаков и близок к нулю, в то время как для коэффициентов поглощения и прохождения наблюдается корреляция от содержания в композите отхода. С увеличением количества отхода с 10 до 30 мас. %, коэффициент поглощения увеличивается с 0,8 до 0,98 от. ед., коэффициент прохождения снижается с 0,2 до 0 от. ед. Наблюдается также зависимость коэффициентов электромагнитного отклика от излучаемой частоты. При увеличении частоты с 120 до 260 ГГц и содержания в композите отхода можно отметить спад экспоненциальной зависимости коэффициента прохождения. Полученные результаты свидетельствуют о высокой поглощающей способности композита в рассматриваемом диапазоне частот.

В ходе эксперимента проведены измерения величины действительной и мнимой диэлектрической проницаемости образцов. Установлено, что при переходе от образца, не содержащего отход, к образцу с максимальным содержанием добавки (30 мас. %) значение мнимой диэлектрической проницаемости снижается с 0,1 отн. ед. до нуля, значение действительной составляющей уменьшается с 2 отн. ед. до 1,4 отн. ед.

Следовательно, введение в состав композиции отхода арсенида галлия снижает уровень поляризуемости материала, так как арсенид галлия проявляет свойства полупроводников. При этом поведение композита, полученного с отходом, позволяет рассматривать его в качестве эффективного поглотителя электромагнитного излучения на высоких частотах.

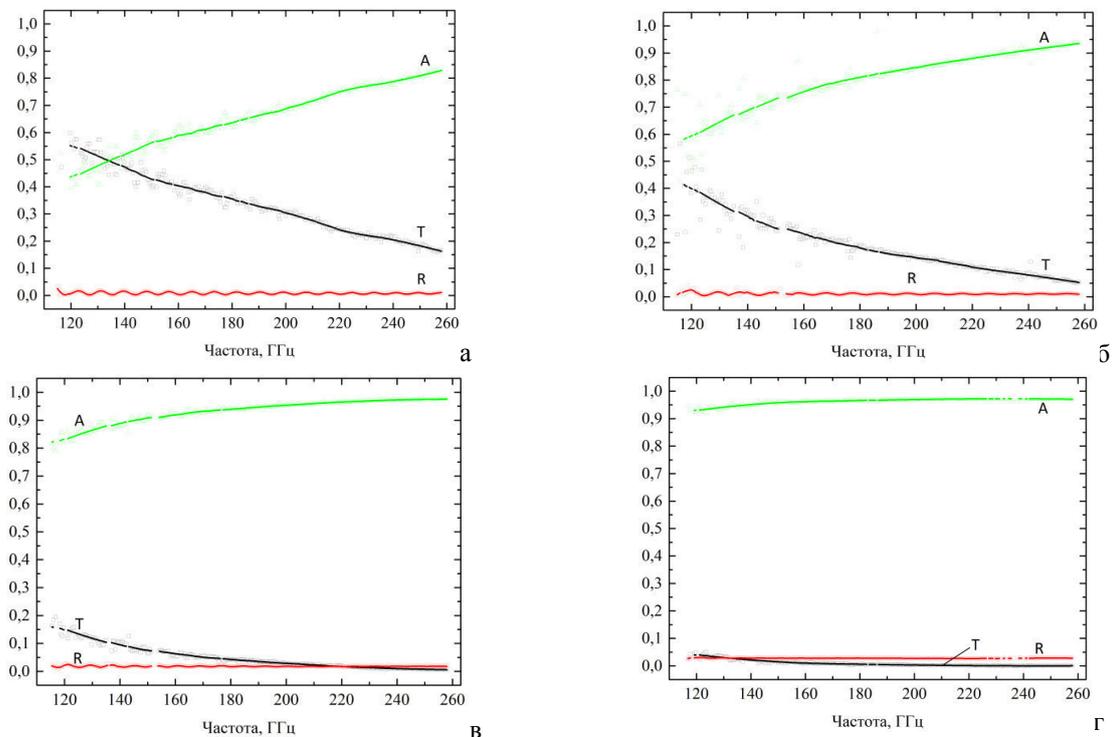


Рис. 1. Параметры электромагнитного отклика композита, содержащего отход: а) 0 %; б) 10 %; в) 20 %; г) 30 %. Коэффициенты, отн. ед.: Т – прохождения; R – отражения; А – поглощения

**Закключение.** Установлена принципиальная возможность использования отходов арсенида галлия, образующихся на производстве полупроводниковых приборов, в качестве компонента композиции для получения радиопоглощающего материала, эффективно работающего в диапазоне частот 120 – 260 ГГц. Дальнейшие исследования будут направлены на измерения материала в других частотных диапазонах электромагнитного излучения и установление безопасности полученного композита за счет процесса остекловывания отхода GaAs с целью его рекомендации в качестве эффективного, безопасного материала для устройства безэховых камер.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Латыпова А.Ф. , Калинин Ю.Е. Анализ перспективных радиопоглощающих материалов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – Т. 8. – № 6. – С. 70–76.
2. International Electrotechnical Commission [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iec.ch/>. – 20.02.18.
3. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. –2012. –№5. С. 7–17.