**Разработка композитных материалов для создания высокоэффективных теплопроводящих паст**

***Радайкин Д.Г.***

*Аспирант, 3 год обучения*

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

E-mail: dima19980219@gmail.com

Разработка высокоэффективных теплопроводящих паст является актуальной задачей в рамках концепции импортозамещения. Выполнение этой задачи становиться возможной при систематическом подходе к рассмотрению механизмов транспорта электронов и тепла внутри композита с помощью теории перколяции [1]. Так как пасты являются композиционными материалами, то при их разработке важно учитывать закономерности образования перколяционных кластеров, изменяющих проводимость и теплопроводность при превышении некоторых предельных значений [2].

Синергетический эффект, возникающий при создании композита на основе оксида цинка с добавлением наночастиц серебра, приводит к кратному возрастанию теплопроводящих характеристик паст. Имеющийся опыт [3-5] синтеза наночастиц серебра с контролируемыми плазмонными характеристиками был успешно применен для разработки модифицированных порошков оксида цинка (ZnO), допированных атомами Ag (0,2–2 масс.%) [6]. Анализ полученных композитных материалов с помощью EDS показал, что содержание оксида цинка и серебра примерно соответствует расчетным значениям. Исследование теплопроводящих паст проводилось на экспериментальной установке по методики выравнивания температур двух тел с высоким значением теплопроводности (двух медных шайб). В результате было обнаружено, что добавление 0,2-2 масс.% серебра приводит к увеличению коэффициента теплопроводности от 3 до 5 раз по сравнению с пастами на основе чистого оксида цинка (КПТ-8).

Разработанные композитные пасты ZnO-Ag демонстрируют превосходные теплопроводные характеристики, обусловленные сочетанием перколяционных кластеров серебра и электронных модификаций на межфазных границах. Использование серебряных наночастиц в составе теплопроводящих паст позволило увеличить их коэффициент теплопроводности почти в 5 раз, что является неплохим показателем по сравнению с другими пастами. Полученные результаты открывают путь к созданию материалов для высокоэффективных термоинтерфейсов в микроэлектронике, энергетике и гибридных устройствах, что важно в рамках реализации программы импортозамещения.

**Литература**

1. Тарасевич Ю. Ю. Перколяция: теория, приложения, алгоритмы. Москва: Едиториал УРСС, 2002. 112 с.

2. Максимов А. И., Мошников В. А., Таиров Ю. М., Шилова О. А. Основы золь-гель-технологии нанокомпозитов. 2-е изд. Санкт-Петербург: Элмор, 2008. 255 с.

3. Maraeva E., Radaykin D., Bobkov A., Permiakov N., Matveev V., Maximov A., Moshnikov V. «Sorption analysis of composites based on zinc oxide for catalysis and medical materials science» // Chimica Techno Acta. 2022. Vol. 9. No. 4. P. 20229422.

4. Радайкин Д. Г., Бобков А. А. «Влияние плазмонного эффекта наночастиц серебра на каталитическую активность оксида цинка» // Сенсорное Слияние - 2023: докл. IV Всесоюз. конгр. по сенсорике и экономике. Санкт-Петербург, 2023. С. 153–157.

5. Абрашова Е. В., Аникина М. А., Бобков А. А. [и др.] Наночастицы, наносистемы и их применение. Каталитические наносистемы. Санкт-Петербург, 2022.

6. Алексеев С., Лукьянов В., Радайкин Д. [и др.] «Разработка новых образцов современных теплопроводных паст для отечественной промышленности путем модифицирования нанопорошков» // Полупроводниковая светотехника. 2024. № 3. С. 42–46.