

УДК 536.2

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТРУКТУР $3\omega$ МЕТОДОМ

Макарова Е.С. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доцент, кандидат технических наук Новотельнова А.В.  
(Университет ИТМО)

**Аннотация:** Разработана компьютерная модель  $3\omega$  метода для исследования процесса измерения теплопроводности тонких пленок. С помощью созданной модели рассматривается влияние на неопределенность измерений толщины подложки, ширины нагревателя.

**Введение.** Тенденция развития электронной техники - миниатюризация приборов и устройств. В этой связи все чаще для достижения технических результатов применяют низкоразмерные структуры. Изготовление миниатюрных термоэлектрических преобразователей возможно на базе низкоразмерных структур, выполненных с использованием тонкопленочных технологий. И если технологические проблемы были проработаны ранее, то теплофизические свойства нанослоев термоэлектриков, необходимые для оценки их эффективности, остаются мало изученными. Классические методы, применяемые для объемных термоэлектриков, малопригодны для исследования тонкопленочных структур.

**Основная часть.** Метод  $3\omega$  зарекомендовал себя как метод измерения тепловых свойств тонких пленок. Данный метод позволяет производить измерения поперечной теплопроводности тонких пленок толщиной от 10 нм и используется для определения тензора теплопроводности анизотропных образцов. При подготовке образцов для измерения коэффициента теплопроводности  $3\omega$  методом часто возникают дополнительные сложности, связанные с выбором технологических условий измерений. Выбор ширины нагревателя, подбор толщины подложки, нанесение дополнительного диэлектрического слоя влияют на результаты измерений.

Создание компьютерной модели с помощью программного обеспечения Comsol Multiphysics позволяет выявить основные технологические факторы измерительного процесса и оценить, как они влияют на неопределенность измерений. Модель позволяет выявить, как изменения параметров образца или толщины резистивного нагревателя влияют на результаты измерений. С помощью компьютерной модели подобрана оптимальная толщина слоя тонкопленочного нагревателя, диапазон частоты переменного тока для измерения тепловых свойств образца, оптимальная толщина образца.

### Выводы.

С помощью моделирования была произведена оценка неопределенности измерений теплопроводности наноразмерных слоев термоэлектриков. Показано, что при уменьшении толщины образца до 150 мкм, неопределенность измерений теплопроводности методом  $3\omega$  может достигать 30%. Изменение материала подложки приводит к необходимости подбора диапазона частот тока, подводимого к резистивному нагревателю.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-32-90210

Макарова Е.С. (автор)

Подпись \_\_\_\_\_

Новотельнова А.В. (научный руководитель)

Подпись \_\_\_\_\_