

## МОДИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СРЕДЕ ИЗ ПРОВОДОВ

Корешин Е.А., Ильин Д.И., Матчена И.А.

Научный руководитель – д.ф.м.н., профессор, Белов П.А.  
(Университет ИТМО)

**Введение.** Широко известно, что экранирование электростатического поля приводит к существенной модификации потенциала кулоновского взаимодействия в наноструктурных и низкоразмерных средах. Вероятно, одним из самых известных примеров является знаменитый потенциал Келдыша-Рытовой [1, 2], возникающий из-за статического диэлектрического экранирования в тонкой полупроводниковой пленке, который резко влияет на электронный транспорт и оптические свойства в низкоразмерных материалах, таких как графен [3]. Помимо этого, электростатическое экранирование также играет решающую роль в наноструктурированных средах, таких как растворы, гели и коллоидные кристаллы.

В этой работе мы рассмотрим электростатический отклик парадигматического ММ - так называемой среды из проводов (СП) [4]. Это искусственный материал, образованный длинными параллельными металлическими проволоками, периодически расположенными в квадратной решетке.

В литературе было найдено только одно теоретическое исследование [5] метаматериалов, посвященное анализу электромагнитных свойств на нулевой частоте. В частости было установлено, что точечный заряд, находящийся внутри неограниченной СП, создаёт центрально симметричное распределение электростатического потенциала, величина которого зависит только от радиус-вектора, несмотря на анизотропность ММ в целом. Целью настоящей работы является теоретическое и экспериментальное исследование электростатического взаимодействия в СП конечных размеров.

**Основная часть.** В данной работе был предложен теоретический подход решения электростатической задачи для слоя ММ на основе метода сшивки парциальных волн на границах СП-воздух. Значительным результатом является дополненная аналитическая модель, в частности было найдено, что конечные размеры слоя среды приводят к локальным максимумам электростатического потенциала на границах.

На следующем этапе был изготовлен образец и проведены экспериментальные измерения величины электростатического поля. Образец представлял собой массив длинных металлических проводов (длина 1 м, радиус 2 мм), равноудаленных на 60 мм друг от друга. Для измерения электростатического поля был использован прибор Экофизика 110а, закрепленный на трехкоординатном сканере.

Экспериментальные исследования подтвердили теоретические предсказания о том, что распределение потенциала (и электрического поля, как его производной) является изотропным вблизи пробного заряда, а также имеется локальный максимум потенциала на границе СП. Для количественной оценки соответствия теории, численного моделирования и эксперимента в каждом случае была найдена величина «плазменный волновой вектор», определяющий скорость затухания электростатического потенциала вблизи источника. С другой стороны, эта величина пропорциональна динамическому параметру «плазменной частоте». Таким образом, было установлено, что экспериментально определенная величина на 3 % меньше теоретической, и на 1 % численно полученной.

**Выводы.** Данная работа исследует искусственный материал, геометрические параметры которого определяют силу электростатического взаимодействия между заряженными частицами, находящимися внутри такого искусственного материала, а именно между проводами и без непосредственного контакта. Проведен литературный обзор физических систем, свойства которых в значительной степени определяются характером электростатического взаимодействия.

Список использованных источников:

1. Rytova N. S. Screened potential of a point charge in a thin film //arXiv preprint arXiv:1806.00976. – 2018.
2. Keldysh L. V. Coulomb interaction in thin semiconductor and semimetal films //Soviet Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters. – 1979. – Т. 29. – С. 658.
3. Cudazzo P., Tokatly I. V., Rubio A. Dielectric screening in two-dimensional insulators: Implications for excitonic and impurity states in graphane //Physical Review B. – 2011. – Т. 84. – №. 8. – С. 085406.
4. Belov P. A. et al. Strong spatial dispersion in wire media in the very large wavelength limit //Physical Review B. – 2003. – Т. 67. – №. 11. – С. 113103.
5. Karakasoglu I., Fan S. Controlling the electrostatic Coulomb interaction using metamaterials //Physical Review B. – 2016. – Т. 93. – №. 7. – С. 075433.

Корешин Е.А. (автор)

Подпись

Белов П.А. (научный руководитель)

Подпись