



II Международная научно-практическая конференция  
«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

# МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА ЧЕРЕЗ СЛОЙ НАНОНИТЕЙ КРЕМНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТАЛЛСТИМУЛИРУЮЩИМ ХИМИЧЕСКИМ ТРАВЛЕНИЕМ

Безмельницин Д.С., [dmitriy09-98@mail.ru](mailto:dmitriy09-98@mail.ru)

16-18 сентября 2020 г  
Воронеж, Россия

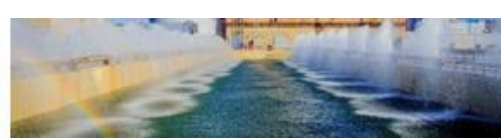




«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

# Введение

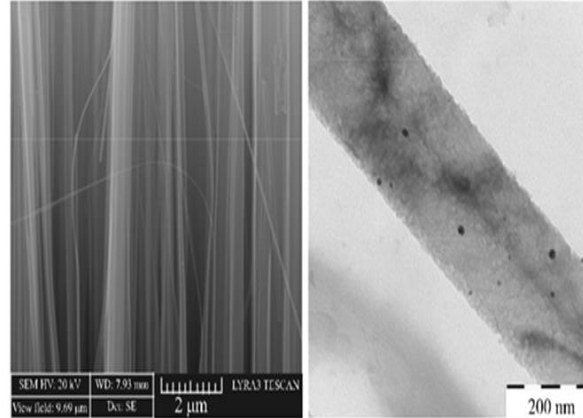
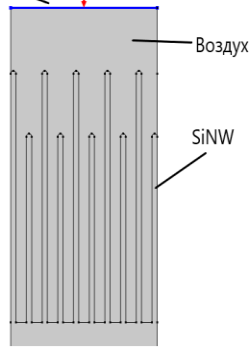
Одно из перспективных и быстроразвивающихся направлений в нанотехнологиях, разработка электронных и оптоэлектронных устройств с интегрированными наноразмерными структурами. Достаточно давно известно, что структуры, изготовленные из полупроводниковых материалов нанометровых размеров, имеют сильную корреляцию оптических и электрических свойств от геометрических параметров и окружающих объектов. Исследование, моделирование и последующее создание наноструктур открывает широкий спектр возможностей изготовления новых типов электронных и оптоэлектронных устройств, основанных на размерных эффектах, а простая интеграция в производства способствует повышению характеристик уже существующих. Это затрагивает развитие множества областей, таких как микроэлектроника, сенсорика, медицина и т.д.



# Моделирование

«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Плоскость падения  
электрического поля



Схематическое изображение моделируемой структуры и РЭМ изображение кремниевых нанонитей

Волновое уравнение на основе переменной напряженности электрического поля для двух сред

$$\nabla \times (\nabla \times E) - k_0^2 \epsilon_r E = 0$$

Граничные условия:

$$n \times E = 0$$

Плотность потока энергии падающего излучения:

$$\Pi = \frac{\int_{\partial\Omega} (E - E_1) E_1}{\int_{\partial\Omega} E_1 \cdot E_1}$$

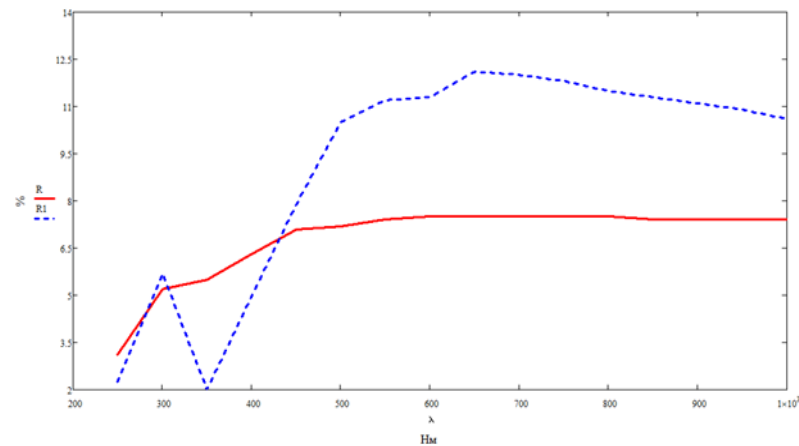
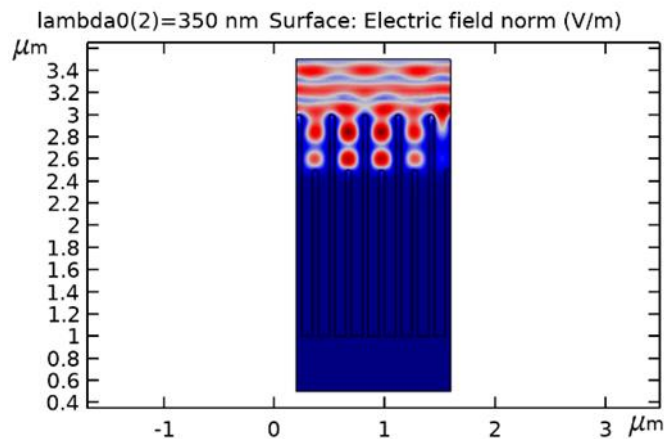
где  $\Pi$  – вектор Умова-Пойтинга

В декартовой системе координат вектор падения эл. поля

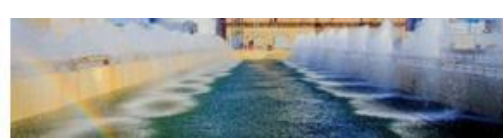
$$E_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$



# Результаты и обсуждение



2D карта распределения электрического поля оптического диапазона при длине волны 350 нм и графики зависимости  $R(\lambda)$ , где пунктирная линия – модель структуры в Comsol Multiphysics и сплошная линия – экспериментальные данные



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

# Выводы

1. Из анализа видно, что на длине волны 350 нм наблюдается минимум электрического поля в структуре, т.е. происходит минимум отражения порядка 1% (пунктирная линия). В реальном эксперименте, на длине волны 350 нм наблюдается отражение света 5%.
2. В ИК диапазоне так же имеются различия в отражении от 4 до 6%. Это объяснимо тем, что образцы, образованные в результате травления, имеют не такую упорядоченную структуру, чем в модели.
3. Контурная карта распределения электрического поля показывает глубину проникновения света в структуру данной длины волны. Разупорядоченная структура нитей хорошо захватывает излучение, что подтверждается в данной модели.



**Спасибо за внимание**