

УДК 535.34:546.28

РАЗРАБОТКА ПЛАЗМОННЫХ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ ИК-ИЗЛУЧЕНИЯ ТИПА ДИЭЛЕКТРИК/МЕТАЛЛ/ДИЭЛЕКТРИК ДЛЯ МИКРОБОЛОМЕТРОВ

Козодоев С. В., Мухаммад А. И., Гайдук П. И.

ОАО «Интеграл»,

Институт математики НАН Беларуси,

Белорусский государственный университет

e-mail: serikoz12345@gmail.com

Summary. The spectra of infrared radiation separation by plasmonic dielectric/metal/dielectric structures were calculated using the finite difference method in the time domain. It was found that modification of the dielectric/metal/dielectric structure design can affect the type and magnitude of conductivity in the 8–13 μm range.

Одной из ключевых характеристик инфракрасных датчиков является его чувствительность, которая связана с поглощательной способностью. [1]. Микро- и наноразмерные слои металла, находящиеся в непосредственном контакте с диэлектрическими слоями, могут значительно усилить поглощение падающего на них излучения [2]. В структурах типа диэлектрик/металл/диэлектрик могут возникать плазмонные колебания, способствующие усилению поглощения в инфракрасном диапазоне [3]. Формируя такие структуры с различной конструкцией металлического слоя, можно изменять вид и интенсивность кривых поглощения.

Моделирование взаимодействия оптического излучения со структурами диэлектрик/металл/диэлектрик проводилось методом конечных разностей во временной области с использованием программного обеспечения FDTD Solutions [4]. Толщины и топологические размеры профилированных металлических слоев в исследованных структурах определялись с учётом возможности их интеграции в конструкцию микроболометров размером не более 25 мкм. При моделировании исследуемые структуры располагались на высоте 2,5 мкм над отражающим металлическим слоем.

На рис. 1 приведён спектр поглощения оптического излучения структурой $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Ti}/\text{Si}_3\text{N}_4$ с толщинами слоев 50/5/50 нм соответственно. Топология металлического слоя представляла собой квадратную рамку размером 6 мкм. На вставке на рис 1. приведено распределение интенсивности электрического поля на длине волны 9 мкм. Значительная концентрация поля наблюдается на границе раздела металл/диэлектрик в области много меньшей чем длина волны, что может свидетельствовать о возникновении плазмонного резонанса в структурах. Аналогичная картина наблюдается для других вариантов топологии (перекрестье, рамка с перекрестьем), однако области локализации электромагнитного поля могут отличаться, как и его максимальная эффективность. Установлено, что благодаря плазмонным эф-

фактам, возникающим в слое Ti, а также собственному поглощению излучения в диэлектрике интенсивность поглощения структуры Si₃N₄/Ti/Si₃N₄ превышает 80 % в диапазоне 8–13 мкм.

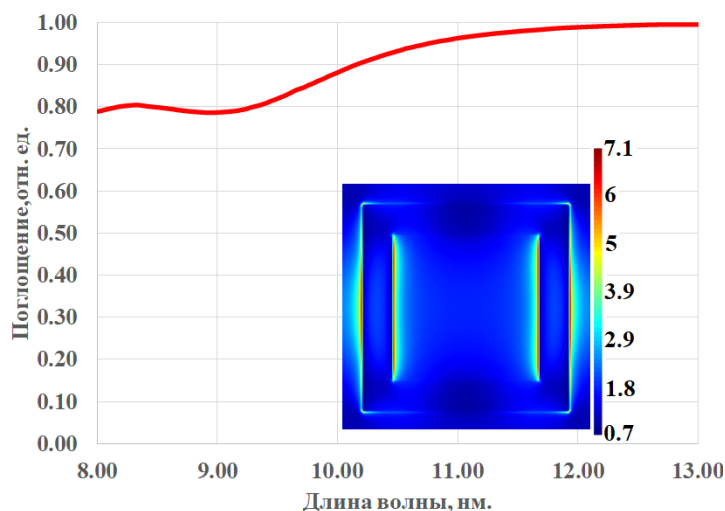


Рисунок 1 – Спектр поглощения структуры Si₃N₄/Ti/Si₃N₄

Установлено, что спектр поглощения структур Si₃N₄/Ti/Si₃N₄ существенно зависит от топологии металлического слоя [5]. Показано, что структуры с квадратными рамками и перекрестиями размером 6 мкм могут обеспечивать высокое поглощение в широком диапазоне. В то же время, в спектрах поглощения оптического излучения структурами рамочного типа с квадратной решеткой размером 3 мкм наблюдаются высокий уровень поглощения в ограниченном спектральном диапазоне. Возможность изменять интенсивность поглощения при варьировании топологии металлического слоя позволяет судить о перспективности интеграции подобных структур в микроболометрические пиксели.

Список использованных источников

1. Lyu, Xiaochuan. (2022). Recent Progress on Infrared Detectors: Materials and Applications. – Highlights in Science, Engineering and Technology. – 27. – P. 191–200.
2. Kebapci, Basak & Dervisoglu, Ozgecan & Battal, Enes & Okyay, Ali & Akin, Tayfun. (2014). Broadband absorption enhancement in an uncooled microbolometer infrared detector. Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering.
3. Erturk, O., Battal, E., Kucuk, S. E., Okyay, A. K. and Akin, T. A plasmonically enhanced pixel structure for uncooled microbolometer detectors. Proc. of SPIE 8704, 87041E (2013).
4. Nanophotonic FDTD Simulation Software [Electronic resource], Lumerical FDTD – Mode of access: <https://www.lumerical.com/products/fdtd>. – Date of access: 09.2024.
5. Козодоев С.В. Поглощение ИК-излучения профилированными структурами Si₃N₄/Ti/Si₃N₄. / Козодоев С.В., Мухаммад А.И., Гайдук П.И./ Фуллерены и наноструктуры в конденсированных средах : сб. науч. ст. / НАН Беларуси, Ин-т тепло- и массообмена ; редкол.: О. Г. Пенязьков [и др.]. – Минск : Ин-т тепло- и массообмена, 2024. – С. 82–86.