**Управление оптическими свойствами свободностоящих наностержней золота в различных средах**

***Давиденко Н.К.1, Сотничук С.В.1, Новиков В.Б.2, Загравский А.К.2, Доценко А.А.2 Мурзина Т.В.2, Напольский К.С.1,3***

*Студент, 3 курс бакалавриата*

*1Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,   
Факультет наук о материалах, Москва, Россия*

*2Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,   
Физический факультет, Москва, Россия*

*3Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,   
Химический факультет, Москва, Россия*

*E-mail: nikolaykdvd763@gmail.com*

Гиперболические метаматериалы (ГММ) привлекают внимание исследователей по всему миру благодаря своим уникальным оптическим свойствам, которые не встречаются в природе [1]. Например, они проявляют гиперболическую дисперсию света, что используется для создания суперлинз (суперразрешающая визуализация) и усиления спонтанного излучения (квантовая оптика). Примером подобных систем могут служить массивы наностержней золота в каналах пористого анодного оксида алюминия (АОА). Управлять оптическими свойствами подобных нанокомпозитов можно за счёт изменения как геометрических параметров образцов, так и свойств среды вокруг наностержней.

Цель данной работы – формирование массивов свободностоящих наностержней золота и исследование их оптических свойств в разных средах. Важной задачей являлось обеспечение вертикального расположения наностержней после частичного или полного удаления темплата.

При помощи темплатного электроосаждения из коммерческого электролита золочения Экомет 04-ЗГ при потенциале −1,0 В были изготовлены массивы золотых наностержней диаметром 35 нм, имеющие длину от 250 до 2000 нм. Зависимость длины наностержней (*L*) от времени осаждения (*t)* имеет линейный вид и описывается следующим эмпирическим выражением: *L* = *k*∙*t*, где *k* = 2,24 нм/с. Частичное растворение АОА в 30 мМ растворе NaOH проводили, приклеив нанокомпозиты по периметру к предметным стёклам, чтобы ограничить фронт растворения. Далее, освободившееся пространство между наностержнями заполняли водой, этанолом, глицерином или нематическими жидкими кристаллами ЖК 5CB и исследовали свойства полученных материалов. Кроме того, исходя из литературных данных, были опробованы другие методики растворения темплата и статистически обработаны РЭМ-изображения полученных образцов. Дополнительно был проведён ряд экспериментов по полному растворению АОА: в этом случае нижнюю часть наностержней фиксировали в оптически прозрачном полимере OrmoComp.

Показано, что оптический отклик ГММ на основе наностержней золота в АОА можно эффективно регулировать. Освободившееся в ходе травления АОА пространство удаётся полностью заполнить полимером, что позволяет получать удобные для использования композитные ГММ, исследование которых планируется в дальнейшем. При увеличении *L* от 435 нм до 1260 нм длина волны минимума пропускания света, соответствующая возбуждению плазмонного резонанса в продольном направлении (ENZ), увеличивается на 15 нм. При увеличении показателя преломления среды, окружающей ГММ, наблюдается смещение ENZ в длинноволновую область со скоростью 86 нм/RIU. Оптические свойства ГММ были описаны в рамках модели эффективной среды (Максвелла-Гарнетта): полученные данные спектрофотометрии и моделирования согласуются друг с другом.

**Литература**

1.Herzog T. et al. Oxygen Vacancy Controlled Hyperbolic Metamaterial Based on Indium Tin Oxide (ITO) Nanotubes with Switchable Optical Properties // Adv. Funct. Mater. 2024, 34, 2407552. https://doi.org/10.1002/adfm.202407552.