

УДК 53.043

ВЛИЯНИЕ ГИБРИДНЫХ ПОРИСТЫХ СТРУКТУР НА ИЗЛУЧЕНИЕ КРАСИТЕЛЕЙ

Никитин И.Ю. (ИТМО), Бородина Л.Н. (ИТМО), Болтенко А.В. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Гладских И.А. (ИТМО)

Введение. Гибридные пористые структуры – широкий класс материалов на основе плазмонных наноструктур и нанопористых оксид-алюминиевых матриц, применяемых в сенсорике [1]. В большей части, представленных в литературе, гибридных структур аналит непосредственно контактирует с плазмонными наноструктурами, что ведет к тушению люминесценции вследствие плазмонного связывания [2]. Если для SERS структур люминесценция – паразитное явление, то в сенсорах с люминесцентным откликом, применяемых в диагностике аллергии это – основной сигнал. В этом свете гибридные структуры на основе нанопористых матриц с плазмонными наночастицами в основании приобретают большое практическое значение, так как матрица оксида алюминия в данном случае не только изолирует аналит, но может дополнительно усиливать его люминесцентный сигнал за счёт процессов переноса энергии от кислородных вакансий матрицы [3]. Люминесцентные характеристики описанной выше гибридной структуры с аналитами в виде двух красителей исследуются в данной работе.

Основная часть. Гибридные структуры создавались в несколько этапов. Стеклянные подложки 76x26 мм² очищались в смеси «Пиранья» (H₂O₂:3H₂SO₄) в течение 30 минут. Затем, подложки помещались в вакуумную камеру PVD-75 (Kurt J. Lesker, США) и при вакууме порядка 10⁻⁶Торр на них напылялась пленка серебра толщиной 15 нм. Затем пленки серебра были отожжены на воздухе при 250⁰С. В результате образовывались островковые пленки с наночастицами серебра, которые помещались в вакуумную камеру вместе с чистыми подложками, где на них наносилась пленка алюминия эквивалентной толщиной 160 нм, испаряемый при помощи пучка электронов с энергией 10 кэВ. Затем подложка анодировалась в 0.3М щавелевой кислоте при 40⁰С. Напряжение и плотность тока анодирования равны 40В и 5.5 мА/см². В результате получилась гибридная структура с плазмонным резонансом и собственной люминесценцией с максимумом между 450 нм и 500 нм. Спектры люминесценции регистрировались с помощью сканирующего конфокального микроскопа LSM-710 (Zeiss, Германия). В спектрах наблюдалось увеличение интенсивности люминесценции анодного оксида алюминия с наночастицами в основании в сравнении с одной пленкой оксида алюминия, что может быть связано с эффектом Парселла между плазмонными наночастицами и F-центрами анодного оксида алюминия. Наличие эффекта Парселла подтверждается и уменьшением времени распада возбужденных состояний оксида алюминия с серебряными наночастицами в основании на гистограммах распада возбужденных состояний, зарегистрированных при помощи сканирующего лазерного микроскопа (PicoQuant, Германия). При добавлении органических красителей (родамин 6Ж и псевдоизоцианин) в пористые матрицы, наблюдается падение интенсивности их собственной люминесценции и увеличение интенсивности люминесценции красителей в сравнении с аналогичной характеристикой красителей на чистой стеклянной подложке. Люминесценция красителей также лучше усиливается в гибридной структуре, чем в матрице анодного оксида алюминия предположительно вследствие воздействия ближних полей плазмонных наночастиц на процесс переноса энергии в оксиде алюминия.

Выводы. Исследованы люминесцентные характеристики гибридных пористых структур и тонких пленок анодного оксида алюминия. Установлено, что люминесценция красителей усиливается в анодном оксиде алюминия из-за процессов переноса энергии. Плазмонные наночастицы увеличивают интенсивность люминесценции анодного оксида алюминия, а также влияют на процесс переноса энергии между кислородными вакансиями анодного оксида

алюминия и органическими красителями.

Список использованных источников:

1. Malinovskis U. et al. High-density plasmonic nanoparticle arrays deposited on nanoporous anodic alumina templates for optical sensor applications // *Nanomaterials*. 2019. Vol. 9, № 4.
2. Simovski C.R., Mollaei M.S.M., Voroshilov P.M. Fluorescence quenching by plasmonic nanoantennas // *Phys. Rev. B. American Physical Society*, 2020. Vol. 101, № 24. P. 1–10.
3. Gao T., Meng G.W., Zhang L. De. Origin of the blue luminescence in porous anodic alumina films formed in oxalic acid solutions // *Chinese Phys. Lett.* 2003. Vol. 20, № 5. P. 713–716.
4. Ruiz-Clavijo A., Caballero-Calero O., Martín-González M. Revisiting anodic alumina templates: From fabrication to applications // *Nanoscale. Royal Society of Chemistry*, 2021. Vol. 13, № 4. P. 2227–2265.