

УДК 535.379

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАЗМОН-УСИЛЕННОЙ ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ МОЛЕКУЛ ЛЮМИНОЛА

Киричек К. (Университет ИТМО), Дададжанов Д.Р. (Университет ИТМО), Гладских И.А. (Университет ИТМО), Сапунова А.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – Доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник
Вартамян Т.А. (Университет ИТМО)

Исследовано усиление хемилюминесценции люминола за счет ускорения радиационного перехода вблизи серебряных наночастиц. Максимальное усиление получено при выполнении условия резонансного перекрытия полосы плазмонного поглощения серебряных наночастиц и полосы хемилюминесценции люминола. Создание оптимизированной гибридной структуры плазмон-хемилюминофор позволяет преодолеть трудности, связанные с низкой интенсивностью хемилюминесценции и открывает новые возможности для создания высокочувствительных безметочных сенсоров для применений в биомедицине.

Введение. Хемилюминесценция – это широко распространенное явление излучения света при протекании специфических химических реакций. В отличие от флуоресценции, для наблюдения хемилюминесценции не требуется внешнего источника возбуждения, что отражается в низких фоновых сигналах и позволяет существенно упростить процедуру обработки результатов. Однако, в большинстве случаев интенсивность хемилюминесценции мала из-за конкуренции излучательных и безизлучательных переходов. Это затрудняет регистрацию хемилюминесценции и требует принятия дополнительных мер для ее усиления. В отличие от трудоемких методов, требующих внесения в реакционную смесь дополнительных активаторов хемилюминесценции, в данной работе используется самоорганизованный ансамбль серебряных наночастиц на диэлектрической подложке. Хорошо известно, что под действием резонансного излучения в металлических наночастицах возбуждаются колебания свободных электронов, которые принято называть плазмонами. Помещая молекулы хемилюминофора вблизи от металлических наночастиц можно добиться взаимодействия между двумя видами возбуждения и значительного усиления хемилюминесценции. Фактически плазмонные наночастицы выполняют роль антенн, обеспечивающих более эффективное излучение возбужденных молекул хемилюминофора.

Основная часть. Гранулированные серебряные пленки на диэлектрических подложках были получены методом физического осаждения из паровой фазы при давлении остаточных газов 10^{-7} Торр. Согласно данным сканирующего электронного микроскопа MERLIN (Carl Zeiss) поверхность подложки представляла собой пленку со множеством nanoостровков неправильной формы, расположенных на различном расстоянии друг от друга. Благодаря последующему отжигу при температуре 200 °С, форма серебряных nanoостровков подверглась изменению и стала приближена к сферической. Для повышения устойчивости диэлектрических подложек с наночастицами серебра к щелочным растворам и различным механическим воздействиям, наночастицы были облучены 3-ей гармоникой Nd:YAG-лазера на длине волны 355 нм.

В качестве хемилюминофора был использован люминол. Для наблюдения хемилюминесценции были подготовлены растворы люминола, которые имели различную концентрацию гидроксида натрия и демонстрировали показатели рН в диапазоне от 8 до 12. В качестве окислителя люминола был использован раствор гипохлорита натрия, который

вступает в химическую реакцию с люминолом и позволяет наблюдать характерное синее излучение в видимом спектральном диапазоне вблизи 400 нм. Для изучения зависимости интенсивности хемилюминесценции от показателя рН был использован микрофлюидный чип μ -Slide VI 0.1 (ibidi GmbH). Спектры хемилюминесценции люминола были получены с помощью спектрофлюориметра RF5100-PC (Shimadzu) при выключенной ксеноновой лампе.

Для наблюдения плазмон-усиленной хемилюминесценции, выбранный раствор люминола (с рН = 11.55) наносился на чистое предметное стекло, а раствор гипохлорита натрия был нанесен на подложку, частично покрытую серебряными наночастицами. Хемилюминесценция возникала при совмещении двух подложек с помощью механического зажима, действие которого приводит к смешиванию двух растворов. Анализ полученных результатов показал, что интенсивность регистрируемого сигнала в той части подложки, где присутствовали серебряные наночастицы, была выше, чем в областях подложки без серебряных наночастиц. Наблюдаемое усиление хемилюминесценции можно объяснить эффектом Парселла, приводящим к увеличению скорости радиационных переходов в присутствии металлических наночастиц, обладающих плазмонным резонансом.

Выводы. В настоящей работе предложен метод усиления сигнала хемилюминесценции, основанный на использовании плазмонных металлических наночастиц. Благодаря простой и недорогой реализации, созданная платформа для увеличения интенсивности хемилюминесценции может быть использована при проведении высокочувствительных экспресс-анализов на наличие избыточной концентрации активных форм кислорода, которая, в свою очередь, приводит к возникновению таких опасных заболеваний и патологий, как оксидативный стресс организма, мужское бесплодие, отклонение эмбрионального развития и т.д.

Киричек К. (автор)

Подпись

Вартамян Т.А. (научный руководитель)

Подпись