

УДК 53.096, 530.182

**СОЗДАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ  
ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ПОЛИМЕРА**

**Михайлова Л.В.** (Университет ИТМО), **Герасимова Е.Н.** (Университет ИТМО)

**Научный руководитель – к.ф.-м.н. Зюзин М.В.**

(Университет ИТМО)

Работа посвящена разработке платформы на основе термочувствительного полимера пНИПАМ. Преимуществом такого материала является “переключаемость” оптического отклика вследствие изменения температуры. При покрытии полимерных частиц в двух конфигурациях: Si@пНИПАМ и Si-Au@пНИПАМ – возможно добиться изменения интенсивности генерируемой второй оптической гармоники (ГВГ) на наночастицах кремния и её усиления в присутствии плазмонных частиц золота.

**Введение.** Перестраиваемые поверхности являются в последние годы перспективной темой для исследований. Так называемые “умные” поверхности способны “переключать” свои оптические свойства (поглощение, пропускание и т.п.) под воздействием таких внешних факторов, как температура, pH среды, электрическое или магнитное поля. Наиболее перспективным материалом для этих целей можно считать термочувствительный полимер поли(N-изопропилакриламид) (пНИПАМ) за счёт своей доступности, дешевизны и способности изменять свою конфигурацию вследствие температурного фазового перехода. При температуре выше 32 градусов Цельсия он переходит из гидрофильного состояния в гидрофобное, вытесняя около 90 процентов содержащейся в нём жидкости. Важно отметить, что этот переход является обратимым. При модификации полимера наночастицами появляется возможность варьировать оптические свойства и отклик получаемой структуры, что позволяет использовать подобные термочувствительные материалы для изготовления сенсоров, датчиков и интерфейсов в биологических, медицинских и других междисциплинарных областях.

**Основная часть.**

Настоящая работа посвящена созданию двух конфигураций термочувствительной платформы и изучению их свойств: 1) частицы пНИПАМа, покрытые кремниевыми наночастицами (Si@пНИПАМ), 2) частицы пНИПАМа, покрытые наночастицами кремния и золота (Si-Au@пНИПАМ).

Первая система позволяет управлять интенсивностью второй оптической гармоники путём варьирования расстояния между ними. Вследствие облучения образцов лазерным излучением генерируется сигнал от второй гармоники (ГВГ) на наночастицах кремния. Этот эффект возможен из-за поликристаллической структуры частиц, полученных методом лазерной абляции под слоем жидкости. За счет наличия большого количества кристаллитов внутри таких наночастиц вблизи границы раздела происходит локальное снятие инверсной симметрии кристаллической решетки, что приводит к генерации сигнала второй гармоники. Из-за изменения объема полимерной частицы изменяется и площадь её поверхности. Вследствие этого меняется расстояние между частицами на поверхности и сигнал от второй гармоники усиливается. Это происходит по двум причинам: из-за нелинейного отклика от границ и поверхностей наночастиц, а также из-за резонансов Ми типа в кремниевых частицах (вклад локального усиления электрического поля на частоте накачки).

Вторая система за счёт наличия золотых наночастиц позволяет усиливать сигнал второй гармоники из-за возбуждения локализованного плазмонного резонанса частицами и локального усиления поля между ними.

Для характеристики микрогелевых частиц, использовались метод динамического рассеяния света (Photocor compact, ООО «Фотокор», Россия) и сканирующая электронная микроскопия

(Inspect SEM FEI, Thermo Fisher Scientific, США). Было выяснено, что диаметр частиц пНИПАМа в гидрофильном состоянии -  $465 \pm 20$  нм, а в гидрофобном -  $266 \pm 13$  нм. Нагрев структуры ( $25-40^\circ\text{C}$ ) производился с помощью самодельной платформы на основе элемента Пельтье. Измерение зависимости интенсивности сигнала второй гармоники (ГВГ) проводилось в матрице агарозы для имитации водной среды. Облучение образца производилось с помощью фемтосекундного лазера LightConversion Pharos (1030 нм). Экспериментально было получено, что для конфигурации Si@пНИПАМ сигнал ГВГ был усилен в 7 раз, тогда как для конфигурации Si-Au@пНИПАМ наблюдалось 32-кратное усиление. Также было исследовано изменение интенсивности сигнала в течение времени при многократном нагреве и охлаждении термочувствительной платформы.

**Выводы.** В ходе проделанной работы были созданы две модификации на основе термочувствительного полимера пНИПАМ: Si@пНИПАМ и Si-Au@пНИПАМ. Преимуществом такого материала является «переключаемость» оптического отклика вследствие изменения температуры. В результате была доказана применимость этих систем для изменения интенсивности генерации второй оптической гармоники. Исследуемый эффект возможен не только из-за температурной вариации расстояния между используемыми наночастицами, но и вследствие локальных эффектов, определяемых материальными свойствами наночастиц.

Михайлова Л.В. (автор)

Подпись

Зюзин М.В. (научный руководитель)

Подпись