Наноплазмоника

В.В. Климов

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия, klimov256@gmail.com

В настоящее время, благодаря успехам в фабрикации и визуализации наноразмерных кластеров и других металлических наночастиц, быстро развивается важная область нанотехнологий и нанооптики - наноплазмоника. Наноплазмоника изучает явления, связанные с колебаниями электронов проводимости в металлических наноструктурах и наночастицах и взаимодействием этих колебаний со светом, атомами и молекулами c целью создания сложных оптических наноустройств. Плазмонные колебания в наночастицах существенно отличаются от поверхностных плазмонов, и поэтому их называют локализованными плазмонами.

Важнейшей чертой явлений в наноплазмонике является комбинация сильной пространственной локализации электронных колебаний с высокой их частотой (в диапазоне от ультрафиолетового до инфракрасного). В свою очередь, сильная локализация приводит к гигантскому увеличению локальных оптических и электрических полей. И, наконец, свойства локализованных плазмонов критически зависят от формы наночастиц, что позволяет "настраивать" их систему резонансов на эффективное взаимодействие со светом или элементарными квантовыми системами (молекулы, квантовые точки).

Эти важнейшие свойства плазмонных наночастиц уже позволили обнаружить целый ряд новых эффектов. Прежде всего, гигантские локальные поля вблизи наночастиц приводят к увеличению сечения комбинационного рассеяния на 10-14 порядков, что позволяет говорить об обнаружении отдельных молекул. Эти же локальные поля могут привести к разработке методов определения структуры ДНК без прикрепления к ним маркеров. Используя сложную структуру спектров плазмонных наночастиц можно одновременно усиливать как поглощение, так и испускание ими света и, таким образом, создавать эффективные флюорофоры и наноразмерные источники света. С другой стороны, имеются предложения по использованию плазмонных наночастиц для стимулированного усиления в наночастицах плазмонных колебаний оптическим излучением (SPASER). Помимо этих новых приложений, основанных на физике плазмонных наночастиц, использование достижений наноплазмоники позволяет существенно увеличить отношение эффективность-стоимость, например, в солнечных батареях и светоизлучающих диодах. И, наконец, считается, что наноплазмоника позволит создать новую элементную базу (для компьютеров и устройств обработки данных) за счет использования малых размеров металлических наноструктур и оптического быстродействия происходящих в них процессов.

В лекции обсуждаются эти и ряд других основных направлений наноплазмоники (в том числе - предложенных автором) и их применение к разработке принципов функционирования наноустройств и наноприборов различного назначения. В докладе также рассматриваются эффекты и применения не только наночастиц и наноструктур из обычных материалов (металлов) с отрицательной диэлектрической проницаемостью, но и структуры, сделанные из метаматериалов, в которых отрицательны не только диэлектрическая, но и магнитная проницаемости.

Автор выражает благодарность Российскому Фонду Фундаментальных исследований (гранты №№ 11-02-91065, 11-02-92002, 11-02-01272, 12-02-90014), Президиуму РАН , фонду Сколково и Российскому Квантовому Центру за финансовую поддержку настоящей работы.