

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЛАЗМОННЫХ СТРУКТУР И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ
ПРИЛОЖЕНИЯ

И.А. Нечепуренко^{1,2} А.В. Дорофеенко^{1,2,3}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Духова

³Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН

Основные тенденции в развитии прикладной оптики определяются необходимостью миниатюризации оптических устройств. Для этого разрабатываются новые искусственные гетерогенные материалы (метаматериалы, фотонные кристаллы и т.п.), которые обладают свойствами, не характерными для встречающихся в природе веществ. Например, они могут обладать отрицательными значениями диэлектрической и/или магнитной проницаемостями. Возникновение таких свойств определяется резонансным взаимодействием излучения с неоднородностями. Это может быть плазмонный резонанс или брэгговское резонансное рассеяние.

Использование таких материалов позволило управлять ближними полями и конвертировать их в дальние. В частности, использование таких материалов позволило преодолеть критерий Рэлея разрешающей способности оптических приборов. Одним из возможных вариантов создания оптической среды с отрицательной эффективной диэлектрической проницаемостью является система периодически чередующихся слоев металла и диэлектрика (плазмонный фотонный кристалл). Отличительной особенностью фотонных кристаллов является наличие запрещенных зон в спектре пропускания электромагнитных волн, которые в некотором смысле аналогичны запрещенным зонам электронного спектра в твердом теле.

Наряду с миниатюризацией приборов, возникает задача повышения скорости работы вычислительных устройств, для чего предлагается использовать плазмонные системы (системы, где используются материалы с отрицательной диэлектрической проницаемостью). В частности, можно создавать новую элементную базу, поскольку переход от оптических элементов к плазмонным приводит к существенному уменьшению характерного размера системы. Основным препятствием для использования плазмонных структур являются высокие омические потери. Поэтому в первую очередь современные исследования направлены на компенсацию омических потерь, возникающих в средах с отрицательной диэлектрической проницаемостью.

Помимо перечисленных областей, плазмонные явления используются при создании сенсоров. Одной из основных сенсорных плазмонных схем является схема Кречманна [1], в которой плазмонный резонанс возбуждается на металлической пленке, нанесенной на основание призмы. В настоящее время ведется активная работа по замене достаточно громоздкой схемы Кречманна на схемы с оптическими световодами, поскольку такие схемы обладают большей помехоустойчивостью, а также просты в использовании.

Наряду с методом Кречманна, для измерения оптических свойств материалов используют метод внутрирезонаторной лазерной спектроскопии. Замена в этом методе фотонов на плазмоны, позволяет перейти от исследований макроскопических количеств анализируемого вещества к исследованию отдельных кластеров или нанослоев.

Одной из наиболее перспективных систем для сенсорных применений плазмоники является графен. Графен – это планарный материал, обеспечивающий высокую подвижность носителей. Высокая подвижность носителей в графене приводит к низким потерям плазмонов на частотах от терагерц до инфракрасных частот. Таким образом, графен является перспективным плазмонным материалом.

Широко используемым методом спектроскопии является метод спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния света (SERS). В этом методе использование плазмонных наночастиц приводит к гигантским коэффициентам усиления. Нанесение плазмонных наночастиц на поверхность фотонного кристалла может привести к дополнительному усилению сигнала комбинационного рассеяния. По аналогии с таммовскими состояниями электронов, на границе фотонного кристалла возникают локализованные состояния электромагнитного поля. Такие состояния приводят к локальному увеличению интенсивности электромагнитного поля, что может быть использовано для усиления взаимодействия излучения с веществом.

Литература

1. *Kretschmann E., Raether H.* Radiative Decay of Non Radiative Surface Plasmons Excited by Light // *Zeitschrift für Naturforschung A.* – 1968. – V. 23, N 12. – P. 2135–2136.