

УДК 621.372.542.4

ФЕРРОМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ПЛАЗМОННОМ КРИСТАЛЛЕ ИЗ ПЕРМАЛЛОЯ

Губанова Ю.А. (Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского), **Губанов В.А.** (Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского)

Научный руководитель – к.ф-м.н., доцент Садовников А.В.

(Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского)

Пленки пермаллоя с одномерной модуляцией профиля субмикронной периодичности, изготовленные на основе коммерчески доступных дисков DVD-R были исследованы методом микромагнитного численного моделирования.

Положение основного резонанса описывает угловую зависимость в плоскости, которая сильно напоминает таковую в ферромагнитных пленках с одноосной магнитной анизотропией. Основной резонанс и дополнительные низкополевые линии объясняются множественными стоячими спин-волновыми резонансами, определяемыми периодом решетки. Полученные результаты могут представлять интерес для применения в магнитных метаматериалах, фотонике и магнотонике.

Введение.

Устройства, связывающие магнитные и плазмонные эффекты, могут способствовать новым разработкам в области плазмоники, фотоники и магнотоники. В рамках данной работы были исследованы структуры с одномерной модуляцией профиля и различными параметрами модуляции из пермаллоя. Основываясь на оптических характеристиках, ферромагнитном резонансе, бриллюэновском рассеянии света и численных методах, было показано, что такие метаповерхности демонстрируют магнитную анизотропию в плоскости, определяемую геометрией структуры, и поддерживают спин-волновой и поверхностный плазмон-поляритонный резонансы, определяемые параметрами модуляции и ориентацией образца. Сочетание плазмонных и магнитных свойств позволяет рассматривать эти структуры в качестве перспективных объектов для применения в магнитоуправляемой плазмонике и фотонике.

Основная часть.

Нановключения из плазмонных металлов (серебро, золото, алюминий) широко используются в оптических метаматериалах благодаря их сильному отклику на освещение в диапазоне плазмонных резонансов. Использование магнитных включений, реагирующих на магнитную составляющую электромагнитного излучения, позволяет также управлять магнитными свойствами и распространением электромагнитных волн в материале. По аналогии с оптическими метаматериалами, такие системы могут быть описаны в терминах приближения эффективной среды с константами материала: диэлектрической проницаемостью и магнитной проницаемостью. Использование магнитных компонентов позволяет легко настраивать данные системы с помощью внешнего магнитного поля. Эффективная проницаемость композитных материалов с однодоменными магнитными наночастицами малого размера в полимерных матрицах может быть настроена от отрицательных до положительных значений, что открывает новые возможности для временного и пространственного управления распространением волн. Благодаря взаимному расположению магнитных наноструктур и их формы можно создавать материалы с заданной анизотропией магнитных и микроволновых свойств.

В данной работе были использованы тонкие пленки пермаллоя с периодом модуляции 740нм и толщиной 50нм на основе подложек, получаемые из коммерчески доступных дисков DVD-R.

Кривые ферромагнитного резонанса (ФМР) получают на ЭПР-спектрометре Bruker на микроволновой частоте 10 ГГц. Направление внешнего магнитного поля направлено вдоль плоскости структуры и изменяется на угол θ вращения структуры относительно канавок. Положение пиков ФМР зависит от угла θ , при направлении поля вдоль канавок $\theta=0$ градусов наблюдается один пик ФМР, при увеличении θ до 90 градусов происходит разделение на два пика и сильная угловая зависимость. Методом микромагнитного моделирования, было получено, что угловые зависимости для основных пиков ФМР соответствуют экспериментальным зависимостям основного и дополнительных пиков.

Угловая зависимость основного сигнала ФМР в Ru/DVD сильно напоминает угловую зависимость в ферромагнитных пленках с обусловленной ростом одноосной анизотропией в плоскости. Такого результата можно ожидать, учитывая, что структура геометрии предлагаемых решеток сравнима с геометрией кристаллических пленок, но с субмикронными размерами элементов вместо межатомных расстояний. Отметим, что пленки с таким типом магнитной анизотропии демонстрируют резкую переориентацию намагниченности при небольшом увеличении магнитного поля, и представляют особый интерес для оптического индуцированного переключения намагниченности посредством передачи углового момента от света к веществу.

Выводы.

1D профильно-модулированные пермаллоевые пленки (непрерывные решетки) изучены методом микромагнитного моделирования. Обнаружено, что положение основного резонанса сильно зависит от угла между направлением канавок и внешним магнитным полем (которое поддерживается в плоскости). Угловая зависимость очень похожа на ту, которая наблюдается в кристаллических пленках с одноосной магнитной анизотропией и легкой осью. Дополнительные резонансы меньшей величины наблюдаются при более низких полях, которые также демонстрируют аналогичную угловую зависимость. Полученные результаты обсуждаются в терминах МСВ-резонансов и подтверждаются микромагнитным моделированием.

Работа поддержана проектом РНФ (№20-79-10191)

Губанова Ю.А. (автор)

Подпись

Садовников А.В. (научный руководитель)

Подпись