

## 26. Разработка высокоэффективной плазмонной дифракционной структуры с магнитооптическими слоями в устройствах считывания скрытой магнитной информации на документах

С. А. Барышев, С. Б. Одинокоев, А. С. Кузнецов

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия

Объектом исследования является плазмонная дифракционная магнитооптическая структура для системы визуализации и регистрации носителей информации с магнитными элементами. Изучены эффекты резонансного усиления магнитооптического эффекта Фарадея в зависимости от геометрических параметров магнитоплазмонной структуры и разработана высокоэффективная структура для работы с излучением гелий-неонового лазера.

*Ключевые слова:* Эффект Фарадея, Плазмоника, Магнитооптика, Гранат.

*Цитирование:* Барышев, С. А. Разработка высокоэффективной плазмонной дифракционной структуры с магнитооптическими слоями в устройствах считывания скрытой магнитной информации на документах / С. А. Барышев, С. Б. Одинокоев, А. С. Кузнецов // HOLOEXPO 2018 : XV международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. — С. 120–122.

Развитие экспериментальной и прикладной физики связано с увеличивающимся потенциалом технологии роста искусственных материалов. Новые технологии позволяют изготовление периодических структур с характеристическими размерами менее длин электромагнитных волн. Исследования структур такого класса дало начало теории плазмонных магнитооптических материалов.

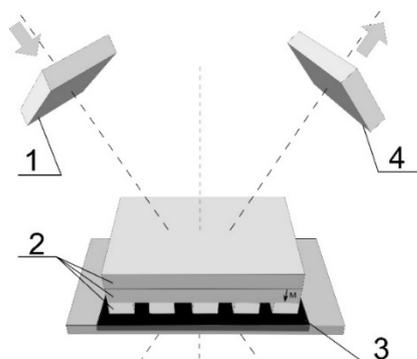
В последнее время, всё больший интерес к себе притягивает исследования резонансного усиления коэффициента пропускания и эффекта Фарадея в магнитооптических плазмонных наноструктурах [1]. В таких структурах возникают магнитооптические эффекты и усиливаются за счет возбуждения плазмонов (коллективных колебаний электронного газа) на их резонансной частоте. Эффективным методом управления оптическими свойствами сред является использование намагниченных материалов [2].

Приборы визуализации и регистрации магнитных носителей информации используют магнитооптические эффекты вращения плоскости поляризации отра-

женного и проходящего света [3]. Такие приборы применяются для подтверждения подлинности документов и считывания магнитных данных. Однако плотность записи информации, сложность магнитного защитного рисунка и толщины магнитных слоев накладывают значительные ограничения на их возможности. В данной работе были исследованы характеристики плазмонных магнитооптических структур и их возможность использования в качестве составляющих для более совершенных приборов обнаружения и регистрации слабых магнитных полей, скрытых магнитных изображений, в том числе и в защитных голограммах.

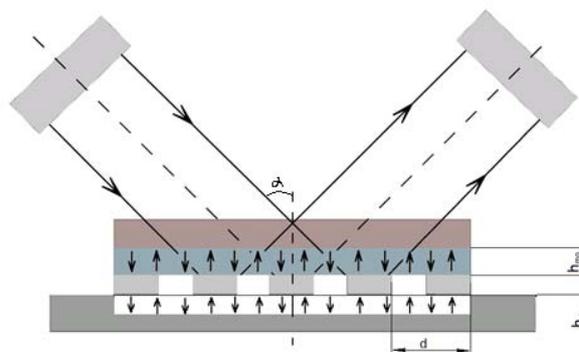
Поляризационные магнитооптические эффекты изучались в различных многослойных метало-диэлектрических системах с намагниченными металлическими или диэлектрическими слоями [4, 5].

Механизмы возбуждения поверхностных плазмон-поляритонных мод ведет к изменению поляризации ближнего поля в структуре и, следовательно, изменяет отклик в дальнем поле. Также возбуждение плазмонных или волноводных мод может усиливать



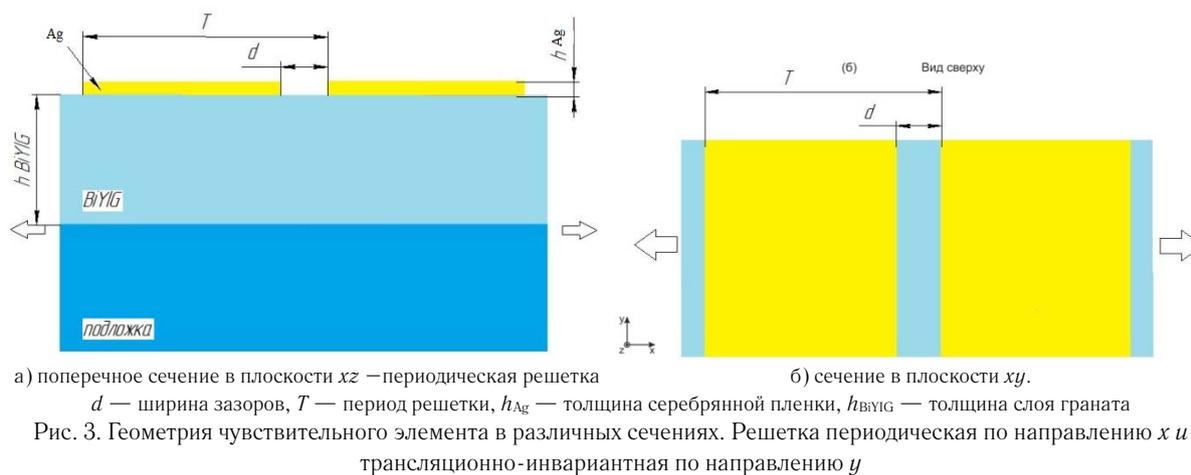
1 — поляризатор, 2 — магнитная плазмонная структура, 3 — ценный документ с носителем магнитной информации, 4 — анализатор

Рис. 1. Схема устройства регистрации и визуализации магнитной информации с использованием магнитной плазмонной структуры



$d$  — период структуры,  $\alpha$  — угол падения излучения,  $h_r$  — высота дифракционной решетки,  $h_{mo}$  — высота магнитного слоя

Рис. 2. Схема реализации считывания скрытой магнитной информации



вращение поляризации за счет увеличения эффективной длины распространения света в магнитной части структуры.

Целью данной работы являлось исследования резонансного усиления эффекта Фарадея, и его зависимости от геометрических параметров и материалов используемой магнитной плазмонной структуры. На рис. 1 представлена схема устройства регистрации и визуализации магнитной информации с ценных документов, с использованием магнитной плазмонной структуры [6–9]. На рис. 2 представлена подробная схема реализации считывания скрытой магнитной информации.

Излучение, проходящее через поляризатор, становится линейно поляризованным. Взаимодействуя с магнитооптической плазмонной структурой, в частности, с намагниченным диэлектрическим слоем, излучение меняет свою поляризацию за счет эффекта Фарадея и полярного эффекта Керра. Так как предполагается использование прозрачного в оптическом диапазоне магнитооптического материала, то вкладом эффекта Керра можно пренебречь. Далее отраженный от структуры свет проходит через анализатор. Принимая излучение после анализатора, по спаду интенсивности можно судить о состоянии намагниченности МО структуры, что в свою очередь позволит судить о внешних источниках магнитного поля.

Основываясь на полученных в ходе математического и компьютерного моделирования результатах была смоделирована структура наилучшим образом проявляющая себя при работе с излучением гелий-неонового лазера ( $\lambda = 632,8$  нм). Геометрия магнитооптической структуры с решеткой показана на рис. 3. Она состоит из следующих частей: подложка из гал-

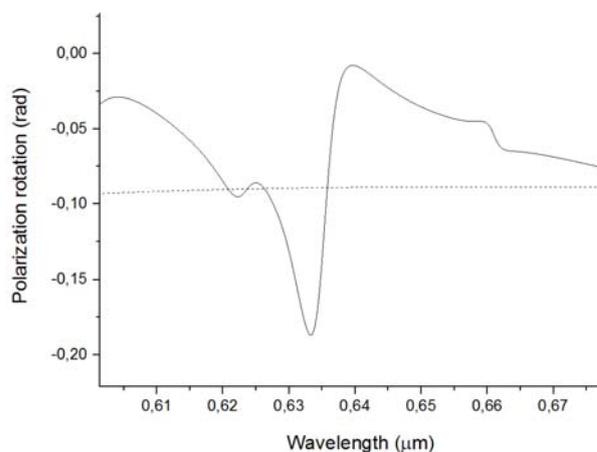


Рис. 4. График спектральной зависимости вращения плоскости поляризации излучения

Табл. 1. Параметры геометрии предложенной структуры

Параметр	Значение, допуск
$T$	$310 \text{ нм} \pm 20 \text{ нм}$
$d$	$60 \text{ нм} \pm 10 \text{ нм}$
$h_{BiYIG}$	$500 \text{ нм} \pm 10 \text{ нм}$
$h_{Ag}$	$40 \text{ нм} \pm 5 \text{ нм}$
Подложка	ГГГ

лий-гадолиниевого граната (ГГГ); намагниченный магнитооптический слой феррит-граната и одномерная решетка из серебра. В направлении, перпендикулярном направлению периодичности, геометрия сенсора трансляционно-инвариантна. Геометрические характеристики приведены в табл. 1, а график спектральной зависимости угла Фарадея на рис. 4.

#### Список источников

- [1] Калиш, А. Н. Магнитооптические эффекты в периодических наноструктурированных средах: дис. канд. физ-мат. наук. — М., 2013. — 167 с.
- [2] Odínokov, S. B. Optoelectronic device for reading of hidden magnetic information from the holograms / S. B. Odínokov, A. S. Kuznetsov, A. P. Gubarev // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). — 2008. — Vol. 17. — № 1. — P. 15–22.

- [3] **Одинок, С. Б.** Исследование возможности магнитооптической регистрации магнитных сигналов формата записи типа VHS / С. Б. Одинок, А. С. Кузнецов, А. В. Карев // *Естественные и технические науки*. — 2014. — № 4. — С. 122–124.
- [4] **Kochergin, V. E.** Polariton enhancement of the Faraday magneto-optic effect / V. E. Kochergin, A. Yu. Toporov, M. V. Valeiko // *JETP Lett.* — 1998. — Vol. 68. — P. 400–403.
- [5] **Safarov, V. I.** Magneto-optical Effects Enhanced by Surface Plasmons in Metallic Multilayer Films / V. I. Safarov, V. A. Kosobukin, C. Hermann, G. Lampel, J. Peretti, C. Marlière // *Phys. Rev. Lett.* — 1994. — Vol. 73. — P. 3584–3587.
- [6] **Одинок, С. Б.** Использование магнитоплазмонных структур в устройствах считывания магнитной информации с ценных документов. / С. Б. Одинок, А. С. Кузнецов, Л. А. Найден, А. Ю. Жердев // В сборнике: *Лазеры в науке, технике, медицине*. — 2016. — с. 126–129.
- [7] **Zherdev, A. Y.** Detection of thin ferromagnetic layers based on Faraday effect / A. Y. Zherdev, S. A. Baryshev, S. B. Odinokov, A. S. Kuznetsov // В сборнике: *Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2017)*. — 2017. — С. 325–327.
- [8] **Baryshev, S. A.** Plasmonic magneto-optical structure for visualization of magnetic information holders / S. A. Baryshev, S. B. Odinokov, A. S. Kuznetsov // *Optical Sensing and Detection V: SPIE Proc.* — 2018. — Vol. 10680. — P. 106802I — DOI:10.1117/12.2306908.
- [9] **Baryshev, S. A.** Plasmonic Magneto-optic Structures for Visualization of Magnetic Information / S. A. Baryshev, S. B. Odinokov, A. S. Kuznetsov // VII International Conference on Photonics and Information Optics, *КнЕ Energy & Physics*. — 2018. — P. 437–449. — DOI:10.18502/ken.v3i3.2058.

## Development of a highly efficient plasmon diffraction structure with magneto-optical layers in devices for reading hidden magnetic information on documents

*S. A. Baryshev, S. B. Odinokov, A. S. Kuznetsov*  
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

The object of investigation is the plasmon diffraction magneto-optical structure for the system of visualization and registration of information carriers with magnetic materials. The effects of resonance enhancement of the magneto optical Faraday effect were studied and a highly efficient structure for working with the helium-neon laser radiation was developed.

*Keywords:* Faraday rotation, Plasmonics, Magneto-optics, Garnet.