

16. Плазмонная дифракционная структура с магнитооптическими слоями для формирования скрытых изображений на защитных голограммах

А. С. Кузнецов, С. Б. Одинок

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

Представлены результаты численного моделирования плазмонной магнитооптической структуры, используемой для визуализации скрытой магнитной информации с защитных голограмм с целью защиты от подделки документов.

Ключевые слова: Защитная голограмма, Магнитоплазмоника, Эффект Фарадея, Магнитооптический плазмонный резонанс.

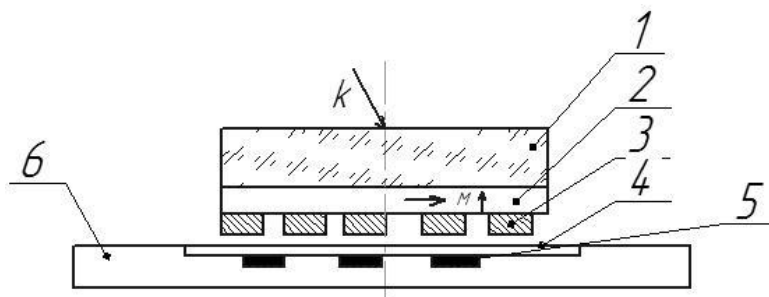
Цитирование: **Кузнецов, А. С.** Плазмонная дифракционная структура с магнитооптическими слоями для формирования скрытых изображений на защитных голограммах / А. С. Кузнецов, С. Б. Одинок // HOLOEXPO 2020 : XVII международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. — С. 108–110.

Одной из серьезных проблем, стоящей перед мировой экономикой разных стран, является подделка и фальсификация полиграфической продукции и ценных документов. В настоящее время для защиты документов от подделки успешно используются защитные голограммы (ЗГ), содержащих как видимые, так и скрытые изображения [1]. Основными типами скрытых изображений являются микро- и нанотексты, микрооптические элементы в виде линз Френеля и др. [2].

В данной работе предлагается использовать магнитные частицы как дополнительный тип скрытого изображения, находящегося под защитной голограммой и способ его визуализации с помощью магнитооптических эффектов [3]. На рисунке 1 представлен ценный документ, содержащий магнитные частицы, скрытые под защитной голограммой. В работах [4–6] основным способом регистрации и визуализации невидимых глазом магнитных частиц, является магнитооптический, основанный на эффекте Фарадея. Использование периодических решеток на основе золота или серебра в слоях феррит-граната позволяет достичь резонансного усиления магнитооптического эффекта Фарадея в магнитных плазмонных структурах, представленной на рисунке 1 [7–10].

В ходе работы исследовалось резонансное усиление магнитооптического эффекта Фарадея, и его зависимости от геометрических параметров и материалов структуры. На рисунке 2 представлен график спектральной зависимости угла фарадеевского вращения плоскости поляризации в зависимости от угла падения излучения на магнитооптическую плазмонную структуру. Моделирование проводилось с помощью программы Comsol Multiphysics, шаг сетки составлял 10 нм.

Исследования показали усиление магнитооптического эффекта Фарадея на порядок по сравнению со структурой, не имеющей плазмонной дифракционной решетки. Полученные результаты позволяют предположить об эффективном использовании таких структур с магнитными частицами как способ защиты от подделки ценных документов и создание сенсоров на их основе.



1 — подложка галлий-гадолиний-гранат ($Gd_3Ga_6O_{12}$), 2 — магнитная пленка феррит-граната $(YBi)_3(FeGa)_5O_{12}$, 3 — дифракционная решетка (золото, серебро), 4 — защитная голограмма; 5 — магнитные частицы, 6 — ценный документ

Рис. 1. Магнитооптическая плазмонная структура

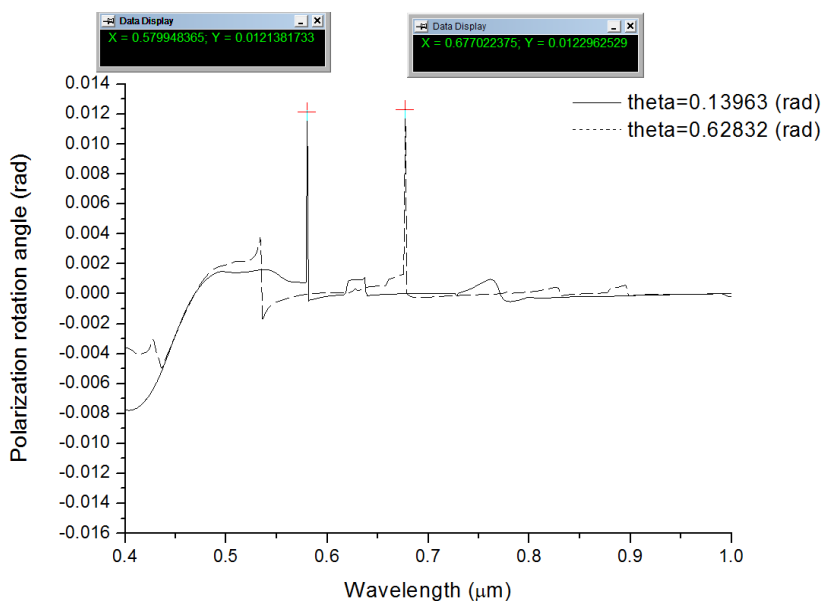


Рис. 2. График спектральной зависимости угла Фарадея $\theta_F(\lambda)$ для структур с плазмонной решеткой при разных углах падения излучения θ и без решетки (пунктирная линия)

Список источников

- [1] **Одинокоев, С. Б.** Методы и оптико-электронные приборы для автоматического контроля подлинности защитных голограмм. — М : Техносфера, 2013. — 176 с.
- [2] **Гончарский, А. В.** Компьютерная оптика. Компьютерная голография / А. В. Гончарский, А. А. Гончарский. — М. : МГУ им. М. В. Ломоносова, 2004. — 314 с.
- [3] **Губарев, А. П.** Защитные голограммы с латентными, случайно распределенными магнитными микроразмерными частицами / А. П. Губарев, А. Н. Шалыгин, А. Д. Щербина, А. С. Кузнецов, С. Б. Одинокоев // IX Международная конференция по фотонике и информационной оптике. — 2019. — С. 661–662.

- [4] **Odinokov, S.** [Optoelectronic Device for Reading of Hidden Magnetic Information from the Holograms](#) / S. Odinokov, A. Kuznetsov, A. Gubarev // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). — 2008. — Vol. 17. — №1. — P. 15–22. — DOI: 10.3103/S1060992X08010037.
- [5] **Губарев, А. П.** Магнитооптическая визуализация двухслойных магнитных структур / А. П. Губарев, А. С. Кузнецов, С. Б. Одинокоев // Вестник Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана. Серия: Приборостроение. — 2005. — №3. — С. 25–40.
- [6] **Одинокоев, С. Б.** Оценка разрешающей способности двуслойных магнитных структур / С. Б. Одинокоев, А. С. Кузнецов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. — 2012. — №2. — С. 21.
- [7] **Baryshev, A.** Peculiarities of plasmon-modified magneto-optical response of gold–garnet structures / A. Baryshev, H. Uchida, M. Inoue // Journal of the Optical Society of America B. — 2013. — Vol. 30. — №9. — P. 2371–2376.
- [8] **Belotelov, V.** Extraordinary magneto-optical effects and transmission through metal–dielectric plasmonic systems / V. Belotelov, L. Doskolovich, A. Zvezdin // Physical Review Letters. — 2007. — Vol. 98. — №7. — P. 077401.
- [9] **Досколович, Л. Л.** Резонансные магнитооптические эффекты в дифракционных решетках с намагниченным слоем / Л. Л. Досколович, Е. А. Безус, Д. А. Быков, В. А. Белотелов, А. К. Зvezdin // Компьютерная оптика. — 2007. — Том 31. — №1. — С. 4–8.
- [10] **Baryshev, S.** [Increase of the magnetic information sensing performance of magneto-optical plasmonic structures](#) / S. Baryshev, S. Odinokov, A. Kuznetsov // Digital Optical Technologies 2019 : Proc. of SPIE. — 2019. — Vol. 11062. — P. 110621T. — DOI: 10.1117/12.2526000.