

УСИЛЕНИЕ ОБРАТНОГО ЭФФЕКТА ФАРАДЕЯ В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДИФРАКЦИОННЫХ РЕШЁТКАХ С ВОЛНОВОДНЫМ СЛОЕМ

Безус Е.А.^{1,2}, Белотелов В.И.^{3,4}, Досколович Л.Л.^{1,2}, Звездин А.К.⁴

¹ Институт систем обработки изображений РАН,

² Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет),

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

⁴ Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН

Аннотация

Рассмотрено явление усиления интенсивности электромагнитного поля в ближней зоне дифракционных структур с двумерной периодичностью, состоящих из диэлектрической дифракционной решётки и волноводного слоя. Показано, что в случае падения на структуру волны с круговой поляризацией наблюдается усиление обратного эффекта Фарадея. Величина обратного эффекта Фарадея в дифракционной структуре более чем в 40 раз превышает соответствующую величину для однородного слоя. Потенциальные применения рассматриваемых структур заключаются в возможностях локального управления намагничённостью, контроля интенсивности и усиления поля.

Ключевые слова: нанофотоника, обратный эффект Фарадея, затухающая волна, дифракционная решётка.

Введение

Магнитооптический обратный эффект Фарадея (ОЭФ) имеет место, когда свет с круговой поляризацией, падающий на кристалл, индуцирует магнитный момент M . ОЭФ был впервые предсказан Л. П. Питаевским в 1961 году [1]. В последнее время данный эффект вызывает всё больший интерес для практических применений. В частности, в работе [2] была показана возможность изменения намагничённости среды короткими лазерными импульсами пикосекундной длительности. ОЭФ также может быть использован для генерации фемтосекундных импульсов тока [3].

Если среда освещается поляризованным светом, величину ОЭФ (т.е. величину индуцированного магнитного момента) можно записать в виде

$$M = \frac{\lambda V}{2\pi c} (I_R - I_L), \quad (1)$$

где V – постоянная Верде среды, λ – длина волны света, I_R и I_L – интенсивности компонент падающего света, имеющих левую и правую круговую поляризацию, соответственно. Согласно (1), в случае, когда падающая волна имеет эллиптическую (и, в частности, круговую) поляризацию, интенсивности I_R и I_L не равны и в среде возникает магнитный момент, приводящий к её намагничиванию. Разность $I_R - I_L$ пропорциональна векторному произведению напряжённости электрического поля \mathbf{E} на сопряжённую величину \mathbf{E}^* [1]. Следовательно, величина

$$m = \left| \text{Im}(\mathbf{E} \times \mathbf{E}^*) \right| \quad (2)$$

характеризует постоянное магнитное поле, возникающее в среде, освещаемой светом.

Из (1) также следует, что величина ОЭФ зависит от постоянной Верде. Для парамагнитной среды она может быть вычислена с помощью выражения $V = 4\pi^2 \chi / n\lambda$, где n – показатель преломления, χ характеризует величину обычного (прямого) эффекта Фарадея и определяется формулой $\chi = g/4\pi H$, где g – гиротропия среды, H – внешнее магнитное поле. Таким образом, для получения большого по величине обратного эффекта Фарадея необходимо использовать материалы, постоянные Верде которых имеют большие значения [4], или добиться максимально возможного усиления величины $m = \left| \text{Im}(\mathbf{E} \times \mathbf{E}^*) \right|$ за счёт использования дифракционных структур со специальным образом выбранными геометрическими и материальными параметрами. В этом отношении перфорированные плёнки обладают большим потенциалом [5].

В работе [6] исследовано усиление обратного эффекта Фарадея в металлодиэлектрических дифракционных структурах, в которых могут возбуждаться поверхностные плазмон-поляритоны. Показано, что при возбуждении поверхностных плазмон-поляритонов падающей волной с круговой поляризацией ОЭФ в таких структурах локально усиливается в 10-50 раз в областях с характерными размерами порядка нескольких десятков нанометров.

В настоящей работе на основе моделирования в рамках строгой электромагнитной теории дифракции исследуется усиление обратного эффекта Фарадея в ближнем поле диэлектрических дифракционных структур с двумерной периодичностью, состоящих из дифракционной решётки и волноводного слоя.

1. Геометрия структуры и теоретическое описание

Геометрия рассматриваемой структуры, состоящей из диэлектрической дифракционной решётки с двумерной периодичностью и диэлектрического волноводного слоя, представлена на рис. 1.

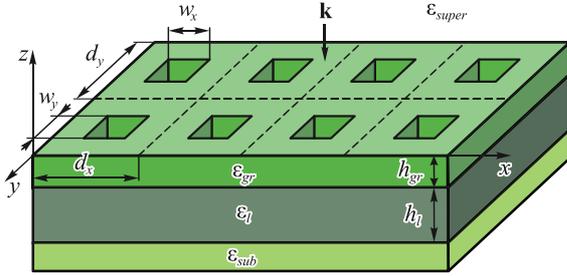


Рис. 1. Геометрия структуры

При определённых условиях, обеспечиваемых выбором геометрических и физических параметров структуры, в ней могут возбуждаться квазиволноводные моды, близкие по структуре поля к модам плоскопараллельного волновода [7-10]. В работах [9, 10] показано, что возбуждение мод может сопровождаться существенным увеличением интенсивности (квадрата модуля) электрического поля в области подложки и формированием интерференционных картин высших затухающих порядков дифракции с периодом, в 4-6 раз меньшим периода используемой дифракционной решётки. При этом для структур с двумерной периодичностью интенсивность в ближнем поле может в 20-50 раз превышать интенсивность падающей волны.

Получим приближённые выражения для величины m и интенсивности электрического поля I в области подложки, предполагая, что при нормальном падении волны с круговой поляризацией дифракционными порядками с номерами $(\pm n, 0)$, $(0, \pm n)$ в структуре возбуждаются квазиволноводные моды, близкие по структуре поля к модам плоскопараллельного волновода. Рассмотрим случай, когда эти моды имеют поляризацию, близкую к ТЕ-поляризации. Таким образом, будем учитывать только y -компоненту электрического поля для мод, распространяющихся вдоль оси Ox и x -компоненту для мод, распространяющихся вдоль оси Oy . Тогда электрическое поле, соответствующее прошедшим затухающим порядкам дифракции в случае симметричной структуры (при $d_x = d_y = d$, $w_x = w_y = w$), будет иметь вид

$$\begin{aligned} E_{y,n,0} &= T_{n,0} \exp(-i\omega t) \exp(ik_n x) \exp(\kappa_n z), \\ E_{x,0,n} &= T_{0,n} \exp(-i\omega t) \exp(ik_n y) \exp(\kappa_n z), \end{aligned} \quad (3)$$

где $k_n = 2\pi n/d$, $\kappa_n = \sqrt{k_n^2 - k_0^2 \epsilon_{sub}}$, $k_0 = 2\pi/\lambda$, λ — длина волны в свободном пространстве. В случае симметричной структуры и круговой поляризации падающей волны имеют место следующие соотношения между комплексными амплитудами поряд-

ков: $|T_{n,0}| = |T_{-n,0}| = |T_{0,n}| = |T_{0,-n}|$ [11, 12]. Кроме того, если в рассматриваемой структуре квазиволноводные моды, распространяющиеся вдоль осей Ox и Oy , возбуждаются только ТЕ- и только ТМ-компонентами падающей волны соответственно, разность фаз между возбуждаемыми модами будет равна разности фаз между компонентами падающей волны. В случае круговой поляризации разность фаз составляет $\pi/2$, таким образом, будут выполняться равенства $T_{n,0} = iT_{0,n}$, $T_{-n,0} = iT_{0,-n}$. Справедливость такого предположения была показана в работе [13] для структур, состоящих из диэлектрической дифракционной решётки и металлического слоя. С учётом приведённых выражений амплитуды порядков можно представить в виде

$$\begin{aligned} T_{n,0} &= iT_{0,n} = T_{\pm n} \exp(i\varphi), \\ T_{-n,0} &= iT_{0,-n} = T_{\pm n} \exp(-i\varphi), \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} T_{\pm n} &= |T_{n,0}| \exp\left[i\left\{\arg(T_{n,0}) + \arg(T_{-n,0})\right\}/2\right], \\ \varphi &= \left[\arg(T_{n,0}) - \arg(T_{-n,0})\right]/2 \pmod{2\pi}. \end{aligned}$$

Подставляя полученные представления в (3), запишем выражения для компонент электрического поля суперпозиции порядков дифракции:

$$\begin{aligned} E_{y,\pm n,0} &= E_{y,n,0} + E_{y,-n,0} = \\ &= 2T_{\pm n} \exp(-i\omega t) \cos(k_n x + \varphi) \exp(\kappa_n z), \\ E_{x,0,\pm n} &= E_{x,0,n} + E_{x,0,-n} = \\ &= -2iT_{\pm n} \exp(-i\omega t) \cos(k_n y + \varphi) \exp(\kappa_n z). \end{aligned} \quad (4)$$

Подставляя (4) в (2), получим выражение для величины m :

$$m(x, z) = 8|T_{\pm n}|^2 \left| \cos(k_n x + \varphi) \cos(k_n y + \varphi) \right| \times \exp(2\kappa_n z). \quad (5)$$

Интенсивность электрического поля при этом будет иметь вид

$$I(x, z) = 4|T_{\pm n}|^2 \left[\cos^2(k_n x + \varphi) + \cos^2(k_n y + \varphi) \right] \times \exp(2\kappa_n z). \quad (6)$$

Из выражений (5), (6) следует, что распределения величин m и I периодичны по x и y с периодом $d/2n$. Найдём положения максимумов интенсивности электрического поля и величины m . Полагая $\varphi = 0$, легко показать, что максимумы обеих величин совпадают и находятся в точках

$$\begin{cases} x_l = \frac{d}{2n} l, \quad l \in \mathbb{Z}, \\ y_k = \frac{d}{2n} k, \quad k \in \mathbb{Z}. \end{cases} \quad (7)$$

На рис. 2 показаны теоретические распределения (5), (6) в пределах одного периода решётки при $z = 0$ и $n = 3$.

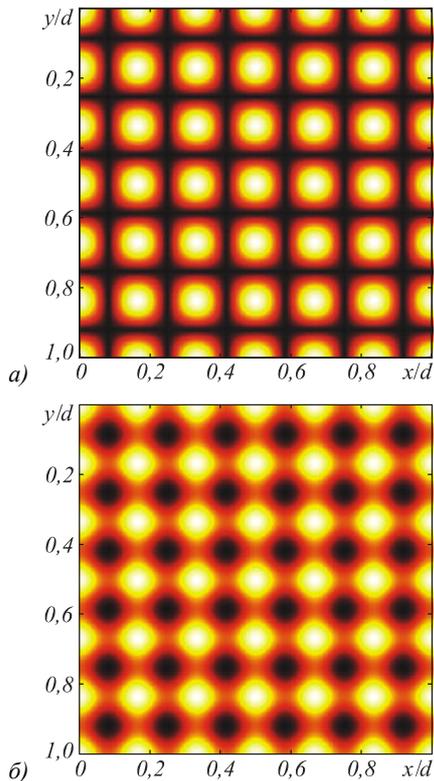


Рис. 2. Теоретические оценки вида распределений величины m (а) и интенсивности электрического поля I (б) в подложке на границе раздела волноводный слой/подложка на одном периоде решётки при возбуждении в структуре квазиволноводных мод ТЕ-типа при $n = 3$

Ещё раз отметим, что полученные выражения являются оценками, не учитывающими вклад дифракционных порядков с номерами, отличными от $(\pm n, 0)$, $(0, \pm n)$ и предполагающими ТЕ-поляризацию возбуждаемых мод. Для их проверки необходимо на основе электромагнитной теории дифракции рассчитать распределения интенсивности поля и величины m , формируемые рассматриваемой структурой.

2. Результаты моделирования

Для моделирования дифракции света и построения распределений электромагнитного поля в периодических дифракционных структурах необходимо использование специальных численных методов решения уравнений Максвелла. В настоящей работе результаты численного моделирования дифракции в структуре на рис. 1 получены с помощью метода Фурье-мод (в англоязычной литературе – rigorous coupled-wave analysis) [14].

При численном моделировании предполагалось, что на структуру падает нормально волна с круговой поляризацией и длиной волны 442 нм. Для моделирования выбраны следующие значения материальных параметров структуры: $\epsilon_{super} = 1,69$, $\epsilon_{gr} = \epsilon_l = 4,41$, $\epsilon_{sub} = 2,56$ (рис. 1). Период дифракционной решётки был выбран равным 660 нм. Ос-

тальные геометрические параметры структуры, приведённые в подписи к рис. 3, найдены с помощью оптимизационной процедуры из условия минимизации критерия, представляющего отличие расчётной интенсивности электрического поля от теоретической оценки интенсивности (6) при $n = 3$ [9, 10]. Отметим, что минимизация указанного критерия также обеспечивает близость распределения величины m к теоретической оценке (5).

На рис. 3 показаны распределения величины m (а) и интенсивности электрического поля I (б) в подложке на границе раздела волноводный слой/подложка (при $z = 0$) на одном периоде дифракционной решётки, нормированные на значения без дифракционной структуры. Согласно рис. 3, использование предложенной дифракционной структуры позволяет достичь локального усиления интенсивности электрического поля и величины ОЭФ на порядок в областях с размером порядка 100 нм (период распределений на рис. 3 составляет $d/6 = 110$ нм), при этом вид распределений хорошо совпадает с теоретическими оценками (5), (6).

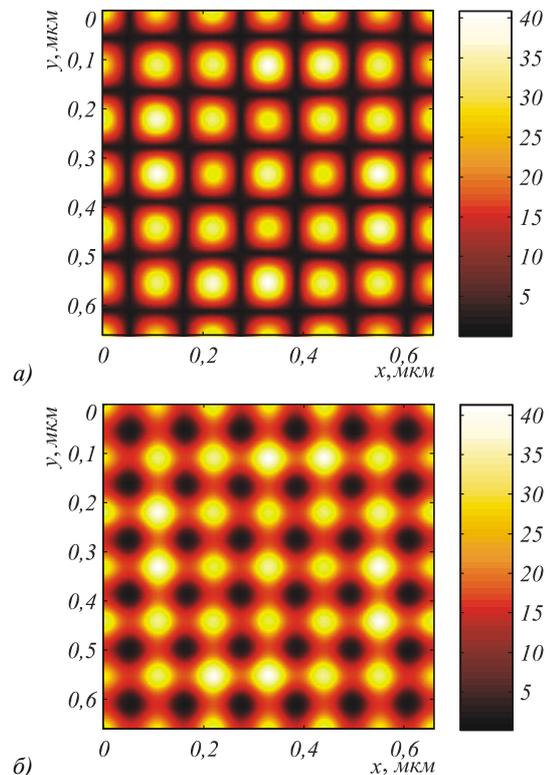


Рис. 3. Распределения величины m (а) и интенсивности электрического поля I (б) в подложке на границе раздела волноводный слой/подложка на одном периоде дифракционной решётки, нормированные на значения без дифракционной структуры. Параметры структуры: $w = 413$ нм, $h_{gr} = 153$ нм, $h_l = 963$ нм. При указанных параметрах дифракционными порядками с номерами $(\pm 3, 0)$, $(0, \pm 3)$ в структуре возбуждаются квазиволноводные моды ТЕ-типа. Отверстие решётки находится в середине периода

Заключение

В работе исследовано распределение ближнего поля диэлектрических дифракционных структур, состоящих из дифракционной решётки с двумерной периодичностью и однородного волноводного слоя. Показано, что обратный эффект Фарадея в таких структурах локально усиливается на порядок в областях с характерными размерами порядка 100 нм при длине волны падающего излучения 441,6 нм. При этом интенсивность электрического поля также локально усиливается и максимумы интенсивности электрического поля совпадают с максимумами индуцированного магнитного поля. Вид распределений совпадает с полученными теоретическими оценками.

Усиление ОЭФ и интенсивности электрического поля приводит к усилению взаимодействия света с веществом, таким образом, возможно локальное переманчивание вещества при освещении рассматриваемых структур светом с круговой поляризацией. Последний факт важен для потенциальных применений исследуемого эффекта в устройствах быстрой магнитной записи информации с высокой плотностью. Потенциальные применения рассмотренных структур также включают устройства контроля интенсивности электромагнитного поля и, в частности, оптический транзистор.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке государственных контрактов 07.514.11.4060, 07.514.11.4055, 16.740.11.0577, грантов РФФИ 11-07-12036, 10-02-01391, 10-07-00553, 11-07-00153 и грантов Президента РФ НШ-7414.2010.9, МК-3123.2011.2.

Литература

1. **Pitaevskii, L.P.** Electric forces in a transparent dispersive medium / L.P. Pitaevskii // *Sov. Phys. JETP*. – 1961. – Vol. 12. – P. 1008-1013.
2. **Stanciu, C.D.** All-Optical Magnetic Recording with Circularly Polarized Light / C.D. Stanciu, F. Hansteen, A.V. Kimmel, A. Kirilyuk, A. Tsukamoto, A. Itoh, Th. Rasing // *Phys. Rev. Lett.* – 2007. – Vol. 99(4). – P. 047601 (4 p).
3. **Кругляк, В.В.** Использование обратного магнитооптического эффекта Фарадея для генерации фемтосекундных импульсов тока / В.В. Кругляк, М.Е. Портной // *Письма в ЖТФ*. – 2005. – Т. 31, № 24. – С. 20-23.
4. **Hasegawa, Y.** Remarkable Magneto-Optical Properties of Europium Selenide Nanoparticles with Wide Energy Gaps / Y. Hasegawa, T. Adachi, A. Tanaka, M. Afzaal, P. O'Brien, T. Doi, Y. Hinatsu, K. Fujita, K. Tanaka, T. Kawai // *J. Am. Chem. Soc.* – 2008. – Vol. 130(17). – P. 5710-5715.
5. **Belotelov, V.I.** Magneto-optical properties of perforated metallic films / V.I. Belotelov, L.L. Doskolovich, V.A. Kotov, A.K. Zvezdin // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2007. – Vol. 310(2). – P. e843-e845.
6. **Belotelov, V.I.** Inverse Faraday effect in plasmonic heterostructures / V.I. Belotelov, E.A. Bezus, L.L. Doskolovich, A.N. Kalish, A.K. Zvezdin // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2010. – Vol. 200. – P. 092003 (4p).
7. **Tamir, T.** Resonant scattering by multilayered dielectric gratings / T. Tamir, S. Zhang // *J. Opt. Soc. Am. A*. – 1997. – Vol. 14(7). – P. 1607-1616.

8. **Wei, C.** Electric field enhancement in guided-mode resonance filters / C. Wei, S. Liu, D. Deng, J. Shen, J. Shao, Z. Fan // *Opt. Lett.* – 2006. – Vol. 31(9). – P. 1223-1225.
9. **Bezus, E.A.** Evanescent-wave interferometric nanoscale photolithography using guided-mode resonant gratings / E.A. Bezus, L.L. Doskolovich, N.L. Kazanskiy // *Microelectronic Engineering*. – 2011. – Vol. 88(2). – P. 170-174.
10. **Безус, Е.А.** Формирование интерференционных картин затухающих электромагнитных волн для наноразмерной литографии с помощью волноводных дифракционных решёток / Е.А. Безус, Л.Л. Досколович, Н.Л. Казанский // *Квантовая электроника*. – 2011. – Т. 41, № 8. – С. 759-764.
11. **Bai, B.** Reduction of computation time for crossed-grating problems: a group-theoretic approach / B. Bai, L. Li // *J. Opt. Soc. Am. A*. – 2004. – Vol. 21(10). – P. 1886-1894.
12. **Bai, B.** Group-theoretic approach to enhancing the Fourier modal method for crossed gratings with square symmetry / B. Bai, L. Li // *J. Opt. Soc. Am. A*. – 2006. – Vol. 23(3). – P. 572-580.
13. **Bezus, E.A.** Grating-assisted generation of 2D surface plasmon interference patterns for nanoscale photolithography / E.A. Bezus, L.L. Doskolovich // *Optics Communications*. – 2010. – Vol. 283(10). – P. 2020-2025.
14. **Li, L.** Fourier modal method for crossed anisotropic gratings with arbitrary permittivity and permeability tensors / L. Li // *J. Opt. A: Pure Appl. Opt.* – 2003. – Vol. 5(4). – P. 345-355.

References

1. **Pitaevskii, L.P.** Electric forces in a transparent dispersive medium / L.P. Pitaevskii // *Sov. Phys. JETP*. – 1961. – Vol. 12. – P. 1008-1013.
2. **Stanciu, C.D.** All-Optical Magnetic Recording with Circularly Polarized Light / C.D. Stanciu, F. Hansteen, A.V. Kimmel, A. Kirilyuk, A. Tsukamoto, A. Itoh, Th. Rasing // *Phys. Rev. Lett.* – 2007. – Vol. 99(4). – P. 047601 (4 p).
3. **Kruglyak, V.V.** Generation of femtosecond current pulses using the inverse magneto-optical Faraday effect / V.V. Kruglyak, M.E. Portnoi // *Technical Physics Letters*. – 2005. – Vol. 31(12). – P. 1047-1048. – (In Russian).
4. **Hasegawa, Y.** Remarkable Magneto-Optical Properties of Europium Selenide Nanoparticles with Wide Energy Gaps / Y. Hasegawa, T. Adachi, A. Tanaka, M. Afzaal, P. O'Brien, T. Doi, Y. Hinatsu, K. Fujita, K. Tanaka, T. Kawai // *J. Am. Chem. Soc.* – 2008. – Vol. 130(17). – P. 5710-5715.
5. **Belotelov, V.I.** Magneto-optical properties of perforated metallic films / V.I. Belotelov, L.L. Doskolovich, V.A. Kotov, A.K. Zvezdin // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2007. – Vol. 310(2). – P. e843-e845.
6. **Belotelov, V.I.** Inverse Faraday effect in plasmonic heterostructures / V.I. Belotelov, E.A. Bezus, L.L. Doskolovich, A.N. Kalish, A.K. Zvezdin // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2010. – Vol. 200. – P. 092003 (4p).
7. **Tamir, T.** Resonant scattering by multilayered dielectric gratings / T. Tamir, S. Zhang // *J. Opt. Soc. Am. A*. – 1997. – Vol. 14(7). – P. 1607-1616.
8. **Wei, C.** Electric field enhancement in guided-mode resonance filters / C. Wei, S. Liu, D. Deng, J. Shen, J. Shao, Z. Fan // *Opt. Lett.* – 2006. – Vol. 31(9). – P. 1223-1225.
9. **Bezus, E.A.** Evanescent-wave interferometric nanoscale photolithography using guided-mode resonant gratings / E.A. Bezus, L.L. Doskolovich, N.L. Kazanskiy // *Microelectronic Engineering*. – 2011. – Vol. 88(2). – P. 170-174.
10. **Bezus, E.A.** Interference pattern generation in evanescent electromagnetic waves for nanoscale lithography using waveguide diffraction gratings / E.A. Bezus, L.L. Dosko-

- lovich, N.L. Kazanskiy // Quantum Electron. – 2011. – Vol. 41(8). – P. 759-764.
11. **Bai, B.** Reduction of computation time for crossed-grating problems: a group-theoretic approach / B. Bai, L. Li // J. Opt. Soc. Am. A. – 2004. – Vol. 21(10). – P. 1886-1894.
12. **Bai, B.** Group-theoretic approach to enhancing the Fourier modal method for crossed gratings with square symmetry / B. Bai, L. Li // J. Opt. Soc. Am. A. – 2006. – Vol. 23(3). – P. 572-580.
13. **Bezus, E.A.** Grating-assisted generation of 2D surface plasmon interference patterns for nanoscale photolithography / E.A. Bezus, L.L. Doskolovich // Optics Communications. – 2010. – Vol. 283(10). – P. 2020-2025.
14. **Li, L.** Fourier modal method for crossed anisotropic gratings with arbitrary permittivity and permeability tensors / L. Li // J. Opt. A: Pure Appl. Opt. – 2003. – Vol. 5(4). – P. 345-355.

INVERSE FARADAY EFFECT ENHANCEMENT IN DIELECTRIC DIFFRACTION GRATINGS WITH A WAVEGUIDING LAYER

E.A. Bezus^{1,2}, V.I. Belotelov^{3,4}, L.L. Doskolovich^{1,2}, A.K. Zvezdin⁴

¹ *Image Processing Systems Institute of the RAS,*

² *S.P. Korolyov Samara State Aerospace University,*

³ *M.V. Lomonosov Moscow State University,*

⁴ *A.M. Prokhorov General Physics Institute RAS*

Abstract

The phenomenon of the electromagnetic field concentration in the near-field of the diffraction structures with two-dimensional periodicity consisting of a dielectric diffraction grating and a waveguiding layer is considered. It is shown that in the case of circular polarization of the incident wave the inverse Faraday effect can be significantly increased. The value of the inverse Faraday effect in the diffraction structure is more than 40 times higher than that for a homogeneous layer. Potential applications of the studied structures are connected with the possibility of local control of the magnetization and the field enhancement.

Key words: nanophotonics, inverse Faraday effect, evanescent wave, diffraction grating.

Сведения об авторах



Безус Евгений Анатольевич, 1986 года рождения, в 2009 году с отличием окончил Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (СГАУ) по специальности «Прикладная математика и информатика». Аспирант кафедры технической кибернетики СГАУ, инженер лаборатории дифракционной оптики Института систем обработки изображений РАН (ИСОИ РАН). Области научных интересов: нанофотоника, плазмоника, электромагнитная теория дифракции.

Страница в интернете: <http://www.ipsi.smr.ru/staff/Bezus.htm>.

E-mail: evgeni.bezus@gmail.com.

Evgeni Anatolievich Bezus graduated with honors (2009) from the Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (SSAU), majoring in Applied Mathematics and Computer Science. Currently he is a postgraduate student at the Technical Cybernetics Department at SSAU and a research engineer at the Diffractive Optics Laboratory of the Image Processing Systems Institute of the RAS. His current research interests include nanophotonics, plasmonics and electromagnetic diffraction theory.

Homepage: <http://www.ipsi.smr.ru/staff/Bezus.htm>.



Белотелов Владимир Игоревич, 1978 года рождения, в 2001 году окончил с отличием Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Кандидат физико-математических наук (2004г.), доцент кафедры фотоники и физики микроволн физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Специалист в области магнитооптики, плазмоники и нанофотоники.

Страница в интернете: <http://photonics.phys.msu.ru/grp-magnopt.html>.

E-mail: belotelovvi@gmail.com.

Vladimir Igorevich Belotelov (b. 1978) received the PhD degree in 2004 from M.V. Lomonosov Moscow State University, Russia. He is currently an associate professor of the same University, Faculty of Physics. His primary research interest is related to magnetic photonic crystals, plasmonics, magneto-optics of nanostructured materials, and nanophotonics.

Homepage: <http://photonics.phys.msu.ru/grp-magnopt.html>.



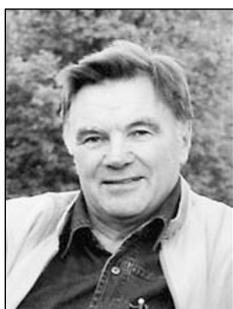
Досколович Леонид Леонидович, 1966 года рождения, в 1989 году с отличием окончил Куйбышевский авиационный институт (КуАИ, ныне – Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва – СГАУ) по специальности «Прикладная математика». Доктор физико-математических наук (2001 год), профессор, работает ведущим научным сотрудником лаборатории дифракционной оптики Института систем обработки изображений РАН (ИСОИ РАН), профессором кафедры технической кибернетики СГАУ. Специалист в области дифракционной оптики, лазерных информационных технологий, нанофотоники.

Страница в интернете: <http://www.ipsi.smr.ru/staff/Doskolovich.htm> .

E-mail: leonid@smr.ru .

Leonid Leonidovich Doskolovich (b. 1966) graduated with honours (1989) from the S.P. Korolyov Kuibyshev Aviation Institute (presently, Samara State Aerospace University named after S.P. Korolyov (SSAU)), majoring in Applied Mathematics. He received his Doctor in Physics & Maths (2001) degrees from Samara State Aerospace University. Leading researcher of the Image Processing Systems Institute of the RAS, professor at SSAU's Technical Cybernetics sub-department. Current research interests include diffractive optics, laser information technologies, nanophotonics.

Homepage: <http://www.ipsi.smr.ru/staff/Doskolovich.htm> .



Звездин Анатолий Константинович, 1938 года рождения, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник теоретического отдела Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН. Специалист в области физики конденсированного состояния, магнетизма, нанофотоники и наноэлектроники. Лауреат Государственной премии СССР за выдающийся вклад в науку и технологию в 1984 г.

E-mail: zvezdin@gmail.com .

Anatoly Konstantinovich Zvezdin (D.Sc. in physics and mathematics) is a Professor and a Principal Researcher with the Theoretical Department at the A. M. Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences. His research interests include the physics of condensed matter, magnetism, nanophysics, and nanoelectronics. Prof. Zvezdin received the prestigious USSR State Award for his contributions to science and technology in 1984.

Поступила в редакцию 2 ноября 2011 г.