

**РЕГУЛЯРНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТРИЦЫ
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОТРАЖЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ВОЛН ЗА СЧЕТ ЭФФЕКТА ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАЗМОННОГО
РЕЗОНАНСА**

В.В. Дудич, О.В. Купреева, Т.И. Ореховская, А.В. Долбик
*Учреждение образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Разработана методика формирования регулярных алюминиевых сеточных структур на стеклянных подложках. Выбор геометрических размеров упорядоченной металлической сетчатой структуры позволяет управлять ее спектром отражения. Исследованы спектры отражения сформированных структур и разработан метод уменьшения отраженного сигнала на заданной длине волны за счет использования эффекта плазмонного резонанса. и Применение регулярных металлических структур, демонстрирующих эффект плазмонного резонанса, является перспективным направлением для сферы защиты информации.

Ключевые слова: алюминий; электрохимическое анодирование; анодный оксид алюминия; локальное анодирование; плазмонный резонанс; электромагнитное излучение.

**REGULAR METAL MATRICES FOR CONTROLLING
ELECTROMAGNETIC WAVES REFLECTION
DUE TO THE EFFECT OF SURFACE PLASMON RESONANCE**

V.V. Dudich, O.V. Kupreeva, T.I. Orekhovskaya, A.V. Dolbik
*Educational Institution “Belarusian State University of Informatics and
Radioelectronics”, Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. A method for forming regular aluminum mesh structures on glass substrates has been developed. Selecting the geometric dimensions of the ordered metal mesh structure allows for control of its reflectance spectrum. The reflectance spectra of the resulting

structures have been studied, and a method for reducing the reflected signal at a given wavelength has been developed using the plasmon resonance effect. The use of regular metal structures exhibiting plasmon resonance is a promising area for information security.

Keywords: aluminum; electrochemical anodizing; anodic aluminum oxide; local anodization; plasmon resonance; electromagnetic radiation.

Поверхностный плазмонный резонанс – это физическое явление, при котором электромагнитные волны возбуждают коллективные колебания свободных электронов (плазмонов) по границе металла и диэлектрика [1, 2]. Это вызывает резонансное поглощение света на длине волны определяемой геометрическими размерами упорядоченной металлической структуры на диэлектрической поверхности. В данной работе были изготовлены регулярные алюминиевые сеточные структуры на стеклянных подложках и исследованы их спектры отражения.

Исследуемые плазмонные структуры формировали магнетронным осаждением алюминиевых пленок, толщиной 1 мкм, на стеклянные подложки с последующим локальным анодированием алюминия [3] с использованием фоторезистивной маски для формирования сетчатых структур с периодом 20 мкм при ширине алюминиевой дорожки порядка 2 мкм. Спектры отражения измерялись как в видимом, так и в инфракрасном диапазоне.

Сформированные сетчатые структуры пропускали 80-90 % светового сигнала в видимом и ближнем ИК-диапазонах [4], что подтверждает прозрачность анодного оксида алюминия в данных оптических диапазонах. В диапазоне 18-22 мкм (средний ИК диапазон) наблюдается явление плазмонного резонанса – поглощение на длине волны 19,5 мкм, а на краях вышеотмеченного диапазона наблюдалось отражение более 20 %. [5–9]

Таким образом показано, что выбор геометрических размеров упорядоченной металлической сетчатой структуры позволяет управлять ее спектром отражения, что представляет интерес для маскирования объектов при их обнаружении локацией на заданной длине волны.

Проведенные исследования позволили разработать метод уменьшения отраженного сигнала на заданной длине волны за счет использования эффекта плазмонного резонанса в упорядоченных металлических сетчатых структурах на диэлектрических подложках, что является одним из технических средств защиты охраняемой информации.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ НАН РБ (договор T26B-010).

Список использованных источников / References

1. Nguyen H.T., Hoang T.T., Nguyen X.B., Dung T.Q., Pham T.S., Le K.Q. (2022) Enhanced near-infrared fluorescent sensing using metal-dielectric-metal plasmonic array. *Plasmonics* 17 (6), 2337-2344.
2. Dolbik A.V., Sasinovich D.A., Zavadskii S.M., Golosov D.A., Meledina M.V., et. al. (2025) Optical Properties of Transparent Conducting Coatings Based on an Aluminum Grid Embedded in Anodic Aluminum Oxide. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry* 61 (3), 333-337.
3. Lazarouk S., Bondarenko V., Pershukevich P., Monica S. La, Maiello G. (1994) Visible Electroluminescence from Al-Porous Silicon Reverse Bias Diodes Formed on the Base of Degenerate n-Type Silicon. *MRS Online Proceedings Library Archive*. 358, 659–664.
4. Monica S. La, Maiello G., Ferrari A., Masini G., Lazarouk S., Jaguiro P., et. al. (1997) Progress in the field of integrated optoelectronics based on porous silicon. *Thin Solid Films*. 297 (1-2), 265-267.
5. Lazarouk S., Jaguiro P., Katsouba S., Monica S. La, Maiello G., Masini G., et. al. (1996) Visible light from aluminum-porous silicon Schottky junctions. *Thin Solid Films*. 276 (1-2), 168-170.
6. Lazarouk S.K., Leshok A.A., Kozlova T.A., Dolbik A.V., Vi L.D., Ilkov V.K., et. al. (2019) 3D Silicon Photonic Structures Based on Avalanche LED with Interconnections Through Optical Interposer. *International Journal of Nanoscience*. 18 (3-4), 1940091.
7. Lazarouk S. K., Sasinovich D. A., Katsuba, P. S., Labunov V. A., Leshok A. A., Borisenko V. E. (2007) Electroluminescence from nanostructured silicon embedded in anodic alumina. *Semiconductors*. 41 (9), 1109-1112.
8. Lazarouk S., Jaguiro P., Katsouba S., Masini G. (1996) Stable electroluminescence from reverse biased n-type porous silicon–aluminum Schottky junction device. *Appl. Phys. Lett* 68 (15), 2108.
9. Jaguiro P., Katsuba P., Lazarouk S., Moore S., Smirnov A. (2009) *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures* 41 (6), 1094-1096.

Сведения об авторах

Дудич В.В., научный сотрудник НИЛ 4.6, учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». dudich@bsuir.by

Купреева О.В., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник НИЛ 4.6, учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», kupreeva@bsuir.by.

Ореховская Т.И., ведущий инженер-технолог НИЛ 4.6, учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Долбик А.В., научный сотрудник НИЛ 4.6, учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Information about the authors

Dudich. V., Researcher of the R&D Lab. 4.6, Educational Institution “Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics”. dudich@bsuir.by

Kupreeva O., Ph.D. (Phys. and Math.), Senior Researcher of the R&D Lab. 4.6 “Integrated Micro- and Nanosystems”, Educational Institution “Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics”, kupreeva@bsuir.by.

XXIV МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ “ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ”
XXIV INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE “TECHNICAL MEANS OF INFORMATION PROTECTION”

Orekhovskaya T., Leading Technologist of the R&D Lab. 4.6, Educational Institution “Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics”.

Dolbik A., Researcher of the R&D Lab. 4.6 Educational Institution “Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics”.