

# EFFECT OF HEAT TREATMENT OF STRUCTURES OF POROUS ANODIC ALUMINA - ALUMINUM ON THE SHIELDING CHARACTERISTICS IN THE RADIO FREQUENCY RANGE

Vrublevsky I. A., Chernyakova K. V., Gorbachov D. V., Al-Dilami Ahmed A.,  
*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics*  
6, P. Brovki St., Minsk, 220013 Belarus  
Ph.: (375) 17-2938939, e-mail: vrublevsky@bsuir.edu.by

*Abstract* — The results of research of frequency dependence of the reflection coefficient and attenuation of EMR for heat treated structures of porous anodic alumina – aluminum in the frequency range of 8-12 GHz are given. It was found that heat treatment of samples at 650 °C resulted in decrease of the reflection coefficient of EMR up to values of –4,5 dB.

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ СТРУКТУР ПОРИСТЫЙ АНОДНЫЙ ОКСИД АЛЮМИНИЯ – АЛЮМИНИЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКРАНИРОВАНИЯ В РАДИОЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ

Врублевский И. А., Чернякова К. В., Горбачев Д. В., Аль-Дилами Ахмед Али Абдуллах  
*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники*  
ул. П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь  
тел.: (375) 17-2938939, e-mail: vrublevsky@bsuir.edu.by

*Аннотация* — Приведены результаты исследования частотной зависимости коэффициента отражения и ослабления ЭМИ для термообработанных структур пористый анодный оксид алюминия – алюминий в диапазоне частот 8–12 ГГц. Обнаружено, что термическая обработка образцов при 650 °C приводила к уменьшению коэффициента отражения ЭМИ до значений –4,5 дБ.

### I. Введение

Одним из основных направлений защиты информации является электромагнитное экранирование зданий и помещений, в которых расположены системы обработки информации. Возможность создания экранированного здания и помещения, обеспечивающего защиту информации и персонала от воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ), определяется в значительной мере свойствами применяемых экранирующих материалов. Ужесточение требований экологии и пожарной безопасности ставит задачи по разработке радиопоглощающих материалов с такими свойствами, как негорючесть, отсутствие вредных выделений, высокая механическая прочность [1].

Перспективным направлением в этой области является создание экранов электромагнитного излучения (ЭМИ) на основе структур пористый анодный оксид – алюминий [2]. Для эффективного экранирования и создания систем экранирования технических средств на основе структур пористый анодный оксид алюминия - алюминий (анодированный алюминий) необходимо установить закономерности взаимодействия ЭМИ с такими неоднородными структурами.

В настоящей работе представлены результаты исследований влияния термической обработки структур пористый анодный оксид алюминия - алюминий на их характеристики экранирования ЭМИ в диапазоне частот 8-12 ГГц.

### II. Основная часть

Характеристики экранирования исследуемых структур в диапазоне частот 8...12 ГГц определяли с помощью панорамного измерителя ослабления и коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) Я2Р-67. Исследуемые образцы зажимали между фланцами волноводов и проводили измерения. Такой способ измерения ослабления ЭМИ при малой толщине образцов считали эквивалентным использованию измерительной ячейки.

Исходным материалом для изготовления образцов служил лист алюминия марки АМг3 толщиной 1,0 мм. Пленку пористого анодного оксида алюминия толщиной 20,0 мкм формировали методом анодирования алюминия в двухэлектродной электрохимической ячейке в 0,3 М водном растворе щавелевой кислоты (COOH)<sub>2</sub> в гальваностатическом режиме. В качестве катода использовали пластину из нержавеющей стали. Процесс анодирования проводили при постоянной температуре 20±1 °C с интенсивным перемешиванием электролита. Источником тока служил потенциостат П5827М. Полученные образцы анодированного алюминия подвергались термической обработке на воздухе в интервале температур 500–650 °C с шагом 50 °C в муфельной печи в течение 1 ч. Морфологию поверхности пленок пористого анодного оксида алюминия, сформированных в растворе щавелевой кислоты, исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа JOEL 840A (SEM).

Анализ SEM снимков поверхности образцов показал, что пленки анодного оксида алюминия обладают упорядоченной пористой структурой с размером пор приблизительно 42 нм и расстоянием между ними 102 нм.

На рис. 1 приведена частотная зависимость коэффициента отражения ЭМИ для структур пористый анодный оксид алюминия – алюминий, подвергнутых различной термической обработке. Как видно из рисунка, исходные структуры пористый анодный оксид алюминия - алюминий имели высокий коэффициент отражения ЭМИ (порядка –0,2...–1,0 дБ). Термический отжиг образцов до 600 °C не приводил к изменению частотной зависимости коэффициента отражения ЭМИ. После термического отжига при 650 °C для структуры пористый анодный оксид алюминия – алюминий происходило заметное уменьшение коэффициента отражения, до значений –4,5 дБ. Возможной причиной этого эффекта может быть разло-

жение и окисление присутствующих углеродсодержащих компонент, а также изменение ближнего порядка атомов в анодном оксиде алюминия за счет удаления углеродсодержащих компонентов. Как показано в работе [3], процесс перехода из аморфного в кристаллическое состояние для анодного оксида алюминия начинается не при определенной температуре, а в интервале температур.

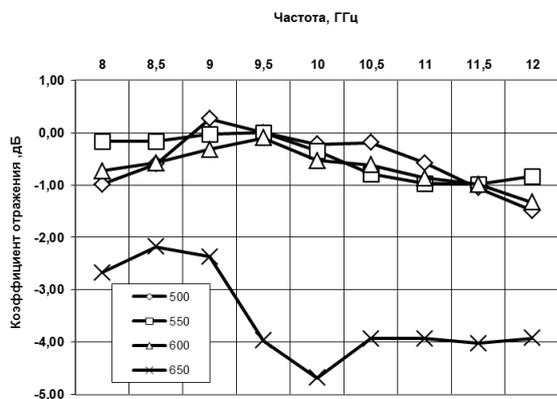


Рис. 1. Частотная зависимость коэффициента отражения ЭМИ для образцов анодированного алюминия, подвергнутых термической обработке в интервале температур 500-650 °С.

Fig. 1. The frequency dependence of the EMR reflection coefficient for samples of anodized aluminum heat treated in the temperature range 500-650 °C

На рис. 2 приведена частотная зависимость ослабления ЭМИ для структур пористый анодный оксид алюминия – алюминий, подвергнутых различной термической обработке.

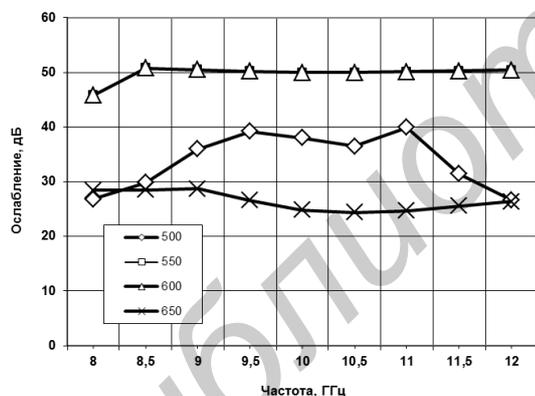


Рис. 2. Частотная зависимость ослабления ЭМИ для образцов анодированного алюминия, подвергнутых термической обработке в интервале температур 500-650 °С.

Fig. 2. The frequency dependence of attenuation of the EMR for samples of anodized aluminum heat treated in the temperature range of 500-650 °C

Как видно из рисунка, образцы с температурой термической обработки 500 °С имели ослабление 30...40 дБ, с температурой 550 °С и 600 °С – ослабление 50 дБ. Термическая обработка образцов при температуре 650 °С приводила к уменьшению ослабления ЭМИ до 25 дБ. С повышением температуры термической обработки ослабление ЭМИ для структур пористый анодный оксид алюминия – алюминий возрастало до значения 50 дБ при 550 и 600 °С. После термической обработки при температуре 650 °С ослабление ЭМИ уменьшалось до значения 25 дБ. Полученные результаты по влиянию температуры обработки на ослабление ЭМИ могут быть объяснены тем, что при термической обработке с температурой 650 °С возможно происходит окисление углеродсодержащих компонент в пленке пористого анодного оксида алюминия и начинаются изменения в ближнем порядке атомов алюминия и кислорода. Следует однако отметить, что анодный оксид алюминия, полученный в растворе щавелевой кислоты, остается аморфным до 840 °С, а процесс удаления углеродсодержащих компонентов не заканчивается даже после кристаллизации  $Al_2O_3$  [3].

Основным применением для разрабатываемых стеновых панелей на основе анодированного алюминия могут являться такие задачи, как создание модульных помещений (по принципу «комната в комнате») для систем обработки информации, помещений для переговоров (выделенных и защищаемых помещений), экранированных полостей и боксов для средств обработки информации и средств обеспечения объекта информатизации.

### III. Заключение

Термическая обработка до 600 °С структур пористый анодный оксид алюминия – алюминий не приводила к изменению частотной зависимости коэффициента отражения ЭМИ. Однако после термической обработки при 650 °С происходило заметное уменьшение коэффициента отражения, до значений –4,5 дБ.

Достигнутые значения коэффициента отражения позволяют рассматривать структуры пористый анодный оксид алюминия – алюминий с пористым оксидом алюминия, полученным в растворе щавелевой кислоты, как перспективный материал для создания многослойных стеновых панелей для экранирования электромагнитного излучения.

### IV. References

- [1] Lynkov L.M., Borbotko T.V., Bogush V.A., Kolbun T.V. Constructions of flexible electromagnetic power absorbers of microwave range. *Doklady BSUIR*, 2003, pp. 92–101.
- [2] Al-Dilami Ahmed A., Vrublevsky I.A., Pykhir G.A., Chernyakova K.V. Electromagnetic shielding properties of the porous alumina arrays. *Francisk Scorina Gomel State University Proceedings*, 2014, No.3, pp. 156–159.
- [3] Mardilovich P.P., Govyadinov A.N., Mukhurov N.I., Rzhnevskii A.M., Paterson R. New and modified anodic alumina membranes. Part I. Thermotreatment of anodic alumina membranes. *J. Membr. Sci.*, 1995, vol. 98, pp. 131–142.