

Секция 1

ИЗУЧЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ
КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 536.35

М. Ф. С. Х. АЛЬ-КАМАЛИ, Я. Т. А. АЛЬ-АДЕМИ, И. А. ВРУБЛЕВСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКРАНИРОВАНИЯ ТЕПЛОвого ПОТОКА ПОРИСТЫМ
АНОДНЫМ ОКСИДОМ АЛЮМИНИЯ

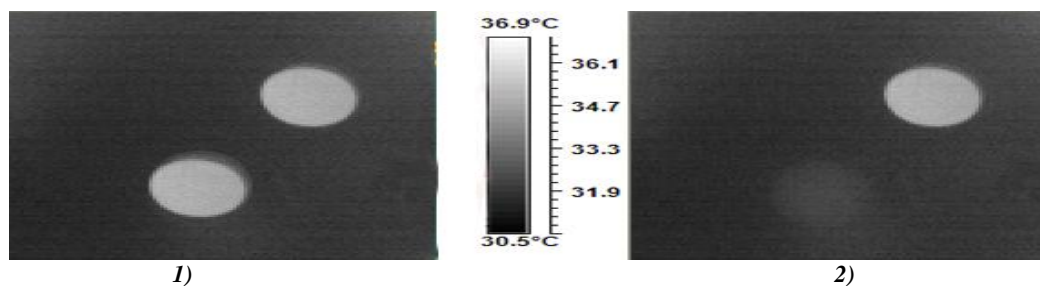
Исследованы процессы экранирования теплового потока пористым анодным оксидом алюминия с наноразмерной структурой с помощью тепловизионных измерений. Показано, что пленки нанопористого анодного оксида алюминия имеют хорошие экранирующие свойства для теплового излучения в области длин волн 6–14 мкм и могут быть использованы в качестве тепловых экранов.

Исследование оптических свойств наноматериалов представляет собой важную задачу в современной физике твердого тела. Это связано с тем, что нанокompозитные среды являются той основой, на базе которой ведутся разработки и создаются новые материалы с заданными физическими и оптическими свойствами, параметры которых определяются размерами, формой и плотностью наноразмерных объектов.

Важное значение в исследованиях занимают свойства пористых диэлектриков, например, такого как нанопористый анодный оксид алюминия, структура которого формируется путем создания в объемном материале равномерно распределенной сетки наноразмерных каналов [1]. Поэтому физические и оптические свойства таких нанопористых материалов могут сильно отличаться от свойств цельного материала. В случае нанопористого анодного оксида алюминия простота методики получения и возможность управлять свойствами пористой структуры, меняя режимы формирования, делает такой материал очень удобным объектом для изучения физических явлений в наноструктурах. Можно отметить, что к числу важных свойств пористого анодного оксида алюминия относятся меньший, чем в объемном оксиде алюминия показатель преломления и диэлектрическая проницаемость, а также упорядоченная структура наноразмерных пор. Таким образом, выбирая параметры формирования анодных пленок, можно в широких пределах управлять пористостью пленок, размером пор и диаметром пористых ячеек, а также толщиной формируемого слоя пористого анодного оксида алюминия, и, как следствие, их оптическими параметрами [2, 3].

В данной работе исследованы процессы экранирования теплового потока пористым анодным оксидом алюминия с наноразмерной структурой с помощью тепловизионных измерений.

Передача тепловой энергии к объекту за счет теплового излучения, сопровождающаяся процессами отражения или поглощения тепла в объекте, приводит к тому, что его температура изменяется относительно окружающей среды. Основной вклад в наблюдаемый тепловой контраст вносят собственные излучения объекта и фона. В настоящее время для визуализации теплового изображения объектов используются два типа тепловизоров: охлаждаемые тепловизоры, работающие в коротковолновом диапазоне (3–5 мкм), и неохлаждаемые тепловизоры в средневолновом диапазоне (8–14 мкм). Для обнаружения и идентификации тепловых объектов, таких как человек, спектральная длина волны теплового излучения которого составляет 9,3 мкм, применяются неохлаждаемые тепловизоры. Наряду с развитием технологий теплового сканирования ведется интенсивный поиск новых материалов, позволяющих рассеивать и поглощать тепловое излучение, и, таким образом, обеспечить скрытность объектов от наблюдения в ИК-диапазоне.



1)

2)

Рисунок 1 – Результаты тепловых исследований:
вид на биообъект через объектив тепловой камеры для случаев (1) прохождения теплового потока через контрольное и рабочее отверстие и (2) маскирования рабочего отверстия нанопористым анодным оксидом алюминия

Для исследования картины теплового поля при проведении экспериментов использовали неохлаждаемый тепловизор (Infrared imaging camera system MobIR 4).

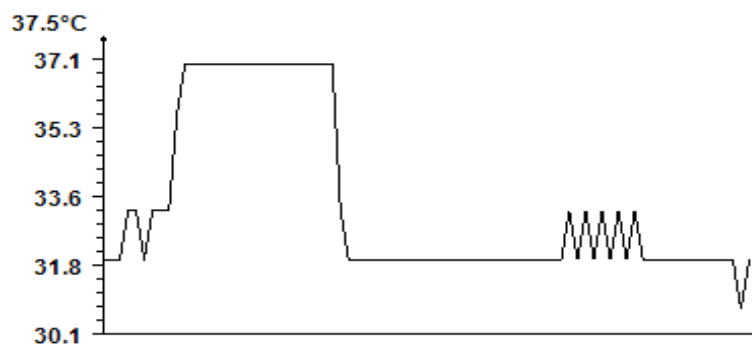


Рисунок 2 – Температурный профиль для линии, проходящей через контрольное и рабочее отверстие

В качестве биообъекта с заданным тепловым потоком использовалась ладонь человека. Над ладонью человека размещалась пластина фторопласта толщиной 5 мм с двумя одинаковыми отверстиями диаметром 14 мм, блокируя основное тепловое излучение и пропуская его только через специальные отверстия. В экспериментах пленки нанопористого анодного оксида алюминия помещали над одним из отверстий (рабочим) на пластине фторопласта (рис. 1). Второе отверстие (контрольное), через которое тепловое излучение проходило без препятствий, служило для оценки результатов теплового экранирования.

Используемые в экспериментах пленки нанопористого анодного оксида алюминия получали методом анодирования алюминия. В качестве исходного материала применяли Al-фольгу толщиной 80 мкм марки А95 (содержание алюминия 99,95 %). Окисление проводили методом одностороннего анодирования алюминия в двухэлектродной электрохимической ячейке в 0,4 М водном растворе щавелевой кислоты (СООН)₂ в гальваностатическом режиме ($j = 8,0 \text{ мА/см}^2$). В качестве катода использовали платиновую пластину. Процесс проводили при постоянной температуре (20±1) °С, электролит интенсивно перемешивали. В качестве источника тока использовали потенциостат П5827М. Анодирование продолжалось до достижения анодной пленкой толщины 60,0 мкм. Анодную оксидную пленку от остаточного слоя алюминия отделяли в 10 % растворе Br₂ в СН₃ОН, затем образцы тщательно промывали и высушивали на воздухе.

Применение пленок пористого анодного оксида алюминия для экранирования резко снижало прохождение теплового излучения от источников тепла и уменьшало температуру теплового пятна, излучаемого биообъектом (ладонь человека) с 37,1 до 32,0 °С (рис. 2). Получены профили распределения температур от биообъекта в сквозных отверстиях пластины фторопласта для случая без маски и с применением маски из пленки пористого анодного оксида алюминия.

Проведенные исследования показали, что пленки нанопористого анодного оксида алюминия имеют хорошие экранирующие свойства для теплового излучения в области длин волн 8–14 мкм и могут быть использованы в качестве теплозащитных экранов для сглаживания контраста тепловых излучений объекта и окружающего фона.

Список литературы

1. The study of the volume expansion of aluminum during porous oxide formation at galvanostatic regime / I. Vrublevsky [et al.] // Appl. Surf. Sci. – 2004. – Vol. 222. – P. 215–225.
2. Modification of alumina barrier-layer through re-anodization in an oxalic acid solution with fluoride additives / A. Jagminas [et al.] // Appl. Surf. Sci. – 2004. – Vol. 252. – P. 2360–2367.
3. Ultra-small nanopores obtained by self-organized anodization of aluminum in oxalic acid at low voltages / W. Stępniewski [et al.] // Mater Lett. – 2013. – Vol. 111. – P. 20–23.

In the present paper we investigated shielding of heat flow by porous anodic alumina with nanoscale structure using thermal measurements. It was shown that nanoporous anodic alumina films possess good shielding properties for heat irradiation in the range of wavelength of 6–14 μm and they can be applied as a heat shield.

Аль-Камали Марван Фархан Саиф Хассан, магистрант кафедры микро- и нанoeлектроники, БГУИР, Минск, Беларусь, marwan.ye2@gmail.com.

Аль-Адеми Яхия Таха Абдо, кандидат технических наук, стажер кафедры защиты информации, БГУИР, Минск, Беларусь, yahta66@yahoo.com.

Научный руководитель – Врублевский Игорь Альфонсович, кандидат технических наук, доцент, кафедра защиты информации, БГУИР, Минск, Беларусь, vrublevsky@bsuir.edu.by.