

ИССЛЕДОВАНИЕ БЛОКИРОВАНИЯ ПРОХОЖДЕНИЯ ИК-ИЗЛУЧЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН 8-14 МКМ ПЛЕНКАМИ НАНОПОРИСТОГО АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Аль-Камали М. Ф. С. Х.

Врублевский И. А. – канд. техн. наук, доц.

В работе представлены результаты исследований по влиянию пленки из нанопористого анодного оксида алюминия на тепловую контрастность излучения от биообъекта (ладонь человека) на экране неохлаждаемого тепловизора.

В настоящее время активно развиваются методы создания наноструктурированных материалов, основанные на использовании процессов шаблонного формирования и самоформирования. Одним из материалов, вызывающих практический интерес, является пористый анодный оксид алюминия. Мембраны на основе нанопористого оксида алюминия востребованы в нанотехнологии, микробиологии и ядерной физике, поскольку они обладают рядом уникальных физических и оптических свойств, а также механической прочностью, термической стабильностью и химической стойкостью [1-3].

Для формирования оксидных структур на основе Si, Al, Ti и других материалов наиболее часто используется электрохимическое анодирование, которое характеризуется технологической доступностью и совместимостью с традиционными технологическими процессами микро- и наноэлектроники. Разработанные технологии позволяют проводить процессы отделения пористых анодных пленок от подложки, что расширяет перспективы их использования в качестве свободных мембран, масок и матриц с требуемыми тополого-геометрическими параметрами пор.

Тепловой контроль основан на измерении, мониторинге и анализе температуры контролируемых объектов. Основным условием применения теплового контроля является наличие в контролируемом объекте тепловых потоков. Процесс передачи тепловой энергии, выделение или поглощение тепла в объекте приводит к тому, что его температура изменяется относительно окружающей среды. Распределение температуры по поверхности объекта является основным параметром в тепловом контроле, так как несет информацию об особенностях процесса теплопередачи, режиме работы объекта, его внутренней структуре и наличии скрытых внутренних дефектов. Тепловые потоки в контролируемом объекте могут возникать по различным причинам. Следует отметить, что основной вклад в наблюдаемый тепловой контраст вносят собственные излучения наблюдаемого объекта и фона. В ряде случаев существенные изменения контрастов объектов обуславливаются не только собственным излучением тел, но и отраженными от объектов (по законам оптики) нагретыми слоями атмосферы при пригоризонтном наблюдении и холодными излучениями зенитных областей заатмосферных излучений при наблюдении объектов с авиационных и космических носителей. В некоторых задачах тепловых измерений необходимо селективно отраженные составляющие тепловых потоков от контролируемого объекта собственной температуры объектива наблюдательного прибора и даже собственной температуры приёмника излучения. Подобные ситуации учитываются в прецизионных измерениях, при использовании тепловизора в режиме термографических исследований.

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 таких тепловых объектов, 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.

В данной работе представлены результаты исследований по влиянию маски из нанопористого анодного оксида алюминия на тепловую контрастность излучения человека (ладонь человека) на экране неохлаждаемого тепловизора.

Для исследования картины теплового поля при проведении экспериментов использовали неохлаждаемый тепловизор (Infrared imaging camera system MobIR M4) (рис. 1). Для создания тепловых пятен с температурой человека мы использовали фторопластовую пластину с двумя отверстиями размером 14 мм. Фторопластовая пластина размещалась над ладонью человека, пропуская тепловое излучение только в сквозные отверстия. Используемые в качестве маски пленки нанопористого анодного оксида алюминия получали методом анодирования алюминиевой фольги толщиной 100 мкм в 0,4 М водном растворе щавелевой кислоты в потенциостатическом режиме при 60 В.

В экспериментах пленки нанопористого анодного оксида алюминия помещались на фторопластовой пластине над одним из отверстий. Фторопластовая пластина располагалась таким образом, чтобы маска из нанопористого анодного оксида алюминия была удалена на расстоянии 3–5 мм от биообъекта. В наших экспериментах второе отверстие, через которое тепловое излучение проходило без препятствий, являлось контрольным, чтобы можно было оценить эффект маскирования. Один из результатов исследований представлен на рисунке 2.



- 1 – видеокамера камера; 2 – наружный экран; 3 – многофункциональная кнопка «Влево»;
4 – многофункциональная кнопка «Вправо»; 5 – разъем для звукового устройства;
6 – лазерный дальномер

Рисунок 1 – Тепловизионная камера MobIR M4

Проведенные тепловые исследования показали, что температура ладони, измеренная снаружи, и через отверстие на фторопластовой пластине практически одинаковая ($\Delta T \sim 0,6^\circ\text{C}$). Небольшая разница в значениях объясняется неоднородностью распределения тепла по все ладони.



а



б

- а – фотография фторопластовой пластины с двумя отверстиями; б – тепловизионная картина фторопластовой пластины с тепловыми пятнами от биообъекта с маскированием одного отверстия пленкой нанопористого анодного оксида алюминия

Рисунок 2 – Тепловизионные исследования

Температура на поверхности фторопластовой пластине составляла около 30,3 °С, а в отверстиях с тепловым излучением от ладони 34,5 °С. Представленные результаты тепловизионных исследований показали, что пленка нанопористого оксида алюминия, расположенная на фторопластовой пластине толщиной 5 мм, обеспечивает эффективное экранирование теплового излучения тела человека. При этом регистрируемое изменение разницы температур от биообъекта при наличии и отсутствии анодной пленки составляет не менее 4–5 градусов. Несмотря на оптическую прозрачность в видимом диапазоне, пленки нанопористого анодного оксида алюминия заметно ослабляют пропускание излучения в среднем ИК диапазоне ($\lambda = 8\text{--}14$ мкм), что может позволить использовать их в качестве фильтров для поглощения излучения биообъектов.

Проведенные исследования показали, что пленки нанопористого анодного оксида алюминия имеют хорошие теплоизоляционные и экранирующие свойства для ИК 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 и для повышения эффективности тепловой маскировки объектов. В результате нагретый объект на тепловом фоне теряет контрастность и становится малозаметным.

Список использованных источников

1. Masuda H., Abe A., Nakao M., et. Al. Ordered mosaic nanocomposites in anodic porous alumina // Journal of Advanced Materials. 2003. № 15(2). P.161–164.
2. Напольский К.С. Синтез пространственно-упорядоченных металл-оксидных нанокмозитов на основе пористого оксида алюминия. Описание задач спецпрактикума «Методы получения и анализа неорганических материалов. М.: МГУ, 2011, 31 с.
3. Врублевский, И.А. Структура пленок пористого оксида алюминия, формируемых в электролитах на основе органических кислот / И.А. Врублевский, С.К. Дик, А.С. Терех и др. // Проблемы физики, математики и техники. – 2012. – Т. 12, № 3. – С. 101–105.

МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОСТРУКТУР

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Сергеенко В. С.

Данилюк А. Л. – канд. физ.-мат. наук, доц.

Эффект гигантского магнитосопротивления, наблюдаемый в большом числе магнитных многослойных структур, состоящих из чередующихся ферромагнитных и проводящих немагнитных слоёв, привлек значительный интерес в течение последних лет в сферах фундаментальных и прикладных исследований. Данный эффект наблюдается во многих многослойных магнитных структурах, в которых магнитные слои разделены немагнитными металлическими слоями толщиной порядка 10-20 ангстрем (Fe/Cr/Fe, Co/Cu/Co, Fe/Cu/Fe, NiFe/Cu/NiFe и др.). В настоящее время широко признано, что основным механизмом этого эффекта является когерентное спин-зависимое рассеяние электронов. С теоретической точки зрения природа магнитосопротивления анализировалась с помощью квазиклассических подходов и квантово-статистического формализма Кубо. Магнитосопротивление обычно больше в антиферромагнитной конфигурации, т. е. когда направления намагниченностей соседних слоёв антипараллельны, и уменьшается под действием магнитного поля, индуцирующего переход в параллельную конфигурацию.

Физической основой рассматриваемых эффектов является явление спин-зависимого рассеяния электронов (spin-depend scattering). При этом существенно то, что длина свободного пробега электрона без изменения спина в многослойной структуре много больше толщины каждого из слоёв.

Существуют несколько подходов к теоретическому описанию магнитосопротивления многослойных наноструктур. Основные существенные детали могут быть учтены в модели, в рамках которой принимается, что при антипараллельной ориентации намагниченностей в соседних магнитных слоях электроны с фиксированными спинами имеет различные химические потенциалы в зависимости от того, параллелен или антипараллелен спин по отношению к намагниченности данного слоя с учетом шероховатость возникающих потенциальных барьеров.