

УДК 539.23

СОЗДАНИЕ МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОПЛЁНОЧНЫХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ОСАЖДЕНИЯ

Дубровин Глеб Николаевич⁽¹⁾, Шупенёв Александр Евгеньевич⁽²⁾, Куликов Иван Валерьевич⁽²⁾

*Студент 5 курса⁽¹⁾, аспирант 2 года⁽²⁾,
кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.В. Богданов,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Лазерные технологии в машиностроении»*

Термоэлектрические явления в твердых телах находят применение в различных областях техники. Эффект Зеебека (термо-ЭДС) используется для преобразования тепловой энергии в электрическую. Перенос тепла электрическим током (эффект Пельтье) лежит в основе действия твердотельных охлаждающих и термостатирующих устройств [1].

Термоэлектрический модуль (Элемент Пельтье) представляет собой совокупность термопар, электрически соединенных, как правило, последовательно.

При прохождении через элемент Пельтье постоянного электрического тока между его сторонами образуется перепад температур - одна сторона (холодная) охлаждается, а другая (горячая) нагревается. Если с горячей стороны ТЭМ обеспечить эффективный отвод тепла, например, с помощью радиатора, то на холодной стороне можно получить температуру, которая будет на десятки градусов ниже температуры окружающей среды. Степень охлаждения будет пропорциональной величине тока. При смене полярности тока горячая и холодная стороны элемента Пельтье меняются местами [2].

Многие задачи, которые практика ставит перед разработчиками термоэлектрических устройств, могут быть успешно решены с применением пленочных термоэлементов (ПТЭ) и пленочных термобатарей (ПТБ). На основе ПТБ могут быть изготовлены малогабаритные источники питания, слаботочные микрохолодильники и термостаты, высокочувствительные и достаточно малоинерционные датчики температуры и теплового потока и т.п. [1,3,4,5]. Вакуумные технологии изготовления улучшают качество ПТБ, позволяют достичь высокой точности осаждения полупроводников на полиимидные подложки. Одной из таких технологий является импульсное лазерное осаждение (ИЛО).

Импульсное лазерное осаждение (с англ. PLD – «Pulsed Laser Deposition») – уникальный технологический процесс, позволяющий наносить на поверхность деталей обладающие специальными свойствами материалы (металлы, карбиды и т.п.), добиваясь, таким образом, восстановления геометрии, повышения поверхностной прочности, коррозионной устойчивости, снижения трения и прочих эффектов [6].

В работе [6] методом импульсного лазерного осаждения получены тонкие пленки термоэлектрического материала на основе теллурида висмута Bi_2Te_3 . Исследованы зависимости влияния технологических параметров на качественные параметры получаемых слоев, проведён анализ стехиометрии и шероховатости поверхности. Однако, для создания ПТБ необходимо решить вопрос о подключении изготавливаемого модуля к источнику постоянного тока (в случае эффекта Пельтье) или к питаемому прибору (в

случае эффекта Зеебека). Для обеспечения теплового и электрического контакта необходимо создать зону проводника на полиимиде.

Полиимид фольгированный марок ПФ-1, ПФ-2 представляет собой композиционный материал, состоящий из полиимидной пленки и клея на основе эпоксидно-каучуковой композиции, облицованный с одной или двух сторон медной электролитической фольгой с гальваностойким покрытием. Предназначен для изготовления гибких печатных плат, кабелей, шлейфов. На таком полиимиде представляется возможным создать необходимые зоны контакта проводника.

На основе анализа существующих методов получения токопроводящего рисунка на поверхности фольгированного полиимида был выбран метод химического травления с использованием пленочного фоторезиста. Этот метод, по сравнению с другими, не требует наличия специального оборудования и может быть реализован в лабораторных условиях.

Экспериментально выявлены зависимости качества поверхности и геометрической точности токопроводящего рисунка от времени экспонирования и времени травления. Время экспонирования влияет на геометрическую точность, наиболее целесообразный диапазон засветки получился равным 1 мин для ультрафиолетовой лампы мощностью 26 Вт, находящейся на расстоянии 100 мм от образца. Время травления влияет на качество поверхности будущего модуля, наличие пор недопустимо потому, что они могут повлиять на контакт полупроводника с медью и привести к разрыву цепи. Оптимальное значение времени химического травления образца из фольгированного полиимида 30-40 минут в растворе $FeCl_3$ при температуре 30-40 °С.

Литература

1. Гольцман Б.М., Дашевский З.М., Кайданов В.И., Колomoец Н.В. Пленочные термоэлементы: физика и применение. М. Наука. 1985. 233 с.
2. Устройство термоэлектрического модуля (Элемента Пельтье) // <http://kryothermtec.com> URL: <http://kryothermtec.com/ru/technology> (дата обращения: 16.03.2015)
3. H. Stachowiak, S. Lassue, A. Dubernard, E. Gaviot / A thermoelectric sensor for fluid flow measurement. principles, calibration and solution for self temperature compensation // Flow Measurement and Instrumentation – V.9. – №3. – 1998. – p 135–141.
4. F. Rettig, R. Moos / Direct thermoelectric gas sensors: Design aspects and first gas sensors // Sensors and Actuators B – V.143. – №1. – 2007. – p 413–419.
5. R. Buchner, K. Froehner, Ch. Sosna, W. Benecke, W. Lang / Toward Flexible Thermoelectric Flow Sensors: A New Technological Approach // Journal of Microelectromechanical Systems – V. 17. – № 5. – 2008. – p 1114–1119.
6. Шупенев А.Е. Особенности формирования субмикронных пленок теллурида висмута методом импульсного лазерного осаждения: магистерская диссертация. МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, 2013. 100 с.
7. Полиимид фольгированный марок ПФ-1, ПФ-2 // <http://laborant.ru> URL: <http://laborant.ru/eltech/21/2/3/07-96.htm> (дата обращения: 16.03.2015)
8. С. Маркин / Как травить платы // Химия и Жизнь. № 7. 1990. с 76-77.
9. Фоторезист // Википедия. [2015]. Дата обновления: 31.01.2015. URL: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=68290990> (дата обращения: 16.03.2015).