

УДК 621.375.826

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ТЕЛЛУРИДА ВИСМУТА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИЛО

Светлана Леонидовна Пономаренко ⁽¹⁾, Александр Валерьевич Кривошеев ⁽²⁾

студент 5 курса ⁽¹⁾, студент 5 курса ⁽²⁾

кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.Е. Шупенев,

ассистент кафедры «Лазерные технологии в машиностроении»

Теллурид висмута, Bi_2Te_3 – широко известный термоэлектрический материал, обладающий выраженными термоэлектрическими свойствами. Одна из основных областей применения термоэлектриков – преобразование тепла в электричество, термоэлектродвигатель. Тема термоэлектричества как источника энергии, в связи с растущим энергопотреблением и проблемой рационального использования ресурсов, стала чрезвычайно актуальной. Термоэлектрические генераторы могут стать серьезным конкурентом для других способов получения электроэнергии. Для этого необходимо поднять КПД термоэлектрических генераторов с 5-10 % до 15-25%, что возможно при помощи разработки полупроводниковых термоэлектрических материалов нового поколения, а также за счет конструктивных решений, повышающих удельно-весовые и мощностные характеристики. Одно из решений – пленочные ТЭГ. Их конструкция предусматривает большее количество термопар на единицу объема, чем в классических объемных ТЭГ.

Нанесение тонкопленочных полупроводниковых покрытий, необходимых для создания тонкопленочных ТЭГ возможно различными способами, такими как термовакуумное напыление, молекулярно-лучевая эпитаксия, магнетронное распыление, импульсное лазерное осаждение. В связи с тем, что термоэлектрические параметры пленки существенно зависят от соотношения химических элементов в материале, при выборе метода их получения особое внимание должно уделяться возможности переноса требуемого соотношения с мишени на подложку. Метод ИЛО тонкопленочных слоев основан на абляции (процесс мгновенного перевода материала из твердого/жидкого состояния в плазму) материала мишени короткими импульсами лазерного излучения высокой плотности мощности ($P \sim 5 \cdot 10^8 \text{ Вт/см}^2$), и конденсации испаренного с поверхности мишени материала на подложке.

Конструкция гибких термоэлектрических генераторов представляет собой 2 гибких подложки, между которыми находится гибкая волнообразной формы подложка с осажденными р- и n полупроводниками, заключенными в единую электрическую цепь.

Было проведено структурное исследование готовых р- и n-слоев пленочного ТЭГ с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ). На изображениях наблюдается некоторая несплошная структура. Более контрастное изображение в отраженных электронах, поэтому именно по нему по формуле рассчитывается средний размер кристаллита. На изображении в отраженных электронах наблюдается картину размытия полупроводниковых дорожек, что может быть связано с плохим прилеганием маски к подложке. Величина переходной пограничной области дорожек полупроводников с изображения составила: для n-полупроводника 0,96 мкм, для р-полупроводника 0,78 мкм.

Для качественного покрытия требуется максимальная сплошность кристаллитов, в связи с чем был сделан вывод, что для получения лучших результатов нужно увеличить количество импульсов. Что бы уменьшить величину переходной области дорожек

следует обеспечить более точное расположение масок, исключить механические колебания мишени, если таковые есть, а также скорректировать режимы обработки, что планируется делать в дальнейшем.

Литература

1. *Новодворский Олег Алексеевич* «Импульсное лазерное напыление тонких пленок и наноразмерных структур для активных сред лазеров» автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
2. «Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3 ». Гольцман Б.М., Кудинов В.А., Смирнов И.А. Изд-во «Наука», Москва, 1972 г.
3. *Богданов Евгений Анатольевич* «Получение, свойства и области применения функциональных тонкопленочных оксидных покрытий» диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук
4. *Шенгуров В.Г., Денисов С.А., Чалков В.Ю.* Молекулярно-лучевая эпитаксия кремния и кремний-германия (Учебно-методический комплекс)
5. Методы нанесения вакуумных PVD-покрытий. Курс лекций. А.В. Жданов, Владимир, 2014.
6. *Ю.А. Быков, С.Д. Карпунин, Е.И. Газукина* О некоторых особенностях структуры и свойств металлических "тонких" плёнок. МиТОМ, 2000. №6. С. 45-47.