

УДК 539.23

**РАЗВИТИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: ОТ МЫЛЬНЫХ ПУЗЫРЕЙ К
СОВРЕМЕННЫМ НАНОТЕХНОЛОГИЯМ**

Александр Евгеньевич Шупенев

Магистр 2 года,

кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Научные руководители: Григорьянц А.Г., Мисюров А.И.,

доктор технических наук, заведующий кафедры МТ12 МГТУ им. Н.Э. Баумана

кандидат технических наук, доцент кафедры МТ12 МГТУ им. Н.Э. Баумана

Развитие тонкопленочных технологий с начала 20 века произвело немало революционных открытий и изобретений, используемых человечеством в повседневной жизни. Еще в 1959 году Ричард Фейнман в своей известной речи сказал, что технология тонких пленок – одна из немногих технологий «наномира», которую уже успешно осваивает человечество.

В данной работе рассматривается эволюция и хронология развития тонкопленочных технологий на примерах, имевших сильный резонанс в мировом сообществе. История промышленного применения нанослоистых структур началась в 1938 году, когда Кэтрин Блоджетт, талантливая соратница Ирвинга Ленгмюра, придумала и реализовала способ осаждения многослойных тонких и моноатомных пленок на твердые подложки. Так появилась «просветляющая» оптика, без которой сегодня немислимо оптическое оборудование. На сегодняшний день индустрия многослойной оптики имеет годовой оборот сотни миллиардов долларов, оптические покрытия работают в диапазоне от теплового излучения до вакуумного ультрафиолета и находят повсеместное применение[9].

Началось бурное развитие методов формирования качественных тонкопленочных структур. С 1930-х годов использовался метод термического испарения в вакууме. В 1959 году *Radio Corporation of America* выпустила тонкопленочный полевой транзистор на сульфиде кадмия, что привело к развитию металл-оксидной-полупроводниковой (МОП) логики. В 1970-е годы МОП-микросхемы завоевали рынки микросхем памяти и микропроцессоров, а в начале XXI века доля МОП-микросхем достигла 99% от общего числа выпускаемых интегральных схем. Для создания качественных тонкопленочных транзисторов необходимо было выращивать гетероструктуры заданной толщины с моноатомно гладкими гетерограницами и с заданным профилем легирования, что привело к развитию метода молекулярно-лучевой эпитаксии в конце 1960-х годов Дж. Р. Артуром и Альфредом Чо[8].

В 1971 году благодаря использованию гетероструктур, основанных на технологии тонких пленок стало возможным создание цветных светодиодных матриц. В исследованиях гетероструктур внес немалый вклад советский ученый Алфёров Ж.И., в 2000 году став Нобелевским лауреатом.

Современные направления развития и применений тонких пленок крайне многочисленны и перспективны. В МГТУ им Н.Э.Баумана ведутся исследования по некоторым из этих направлений. В частности, на высокотехнологичном оборудовании НАНОФАБ-100 методом импульсного лазерного осаждения с использованием КгF-эксимерного лазера в высоком вакууме ведутся разработки в области энергоэффективных

термоэлементов и интегральных микромодулей, а также в области алмазоподобных покрытий[4,5].

Литература

1. *Вирт И.С.* [и др.] Осаждение тонких пленок Bi_2Te_3 и Sb_2Te_3 методом импульсной лазерной абляции. //Физика и техника полупроводников, 2010. т.44.
2. Технология тонких пленок. Справочник. Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга. Том 1. М.: Советское радио. 1977.
3. *Гетеродин А.* Невидимое стекло: как просветлялась оптика. //Популярная механика, 2007г.
4. *Григорьянц А. Г., Мисюров А. И., Шупенев А. Е.* Анализ поверхности тонких пленок Bi_2Te_3 осажденных методом импульсной лазерной абляции // Наука и образование. – 2011. - #10, 77-30569/239713
5. *Григорьянц А.Г. Мисюров А.И. Шупенев А.Е.* Особенности формирования субмикронных пленок теллурида висмута методом импульсного лазерного осаждения. //Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана: электронное научно-техническое издание, №6(6), 2012.
6. *Гольцман Б.М.* [и др.] Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3 . - М.: Наука, 1972.
7. *Дубровский В. Г.* Теория формирования эпитаксиальных наноструктур. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 350 с. : ил. — (Фундаментальная и прикладная физика).
8. *Панфилов Ю.* Нанесение тонких пленок в вакууме. "Технологии в электронной промышленности, №3'2007", С 76-80.
9. *Цыганков П.А.* Многослойные наноструктуры: производство и применение. //В кн: открытый курс лекций НОЦ «Ионно-плазменные технологии», 2012г.
10. *Morris, P. R.* A history of the world semiconductor industry. — History of technology series. — IET, 1990. — Vol. 12. — 171 p. — ISBN 9780863412271