

со стороны генератора. Энергия, соответствующая этому излучению, составляет ~80 кэВ.

Литература.

1. *Абрамов А. И., Казанский Ю. А., Матусевич Е.С.* Основы экспериментальных методов ядерной физики // Москва. Атомиздат. 1977. 526 с.
2. *Кикоин И. К.* Таблицы физических величин. // Справочник. М.: Атомиздат. 1976. 1008 с.

ВЛИЯНИЕ ТРАВЛЕНИЯ И ОБЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ НЕЙТРОНАМИ НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНОК ТелЛУРИДА КАДМИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ НА КРЕМНИЕВОЙ ПОДЛОЖКЕ МЕТОДОМ ВАКУУМНОГО НАПЫЛЕНИЯ

В. И. Головчук

Приводятся результаты исследования изменения морфологии поверхности пленок теллурида кадмия, полученных на кремниевой подложке методом напыления в квазизамкнутом объеме, методами атомно-силовой и растровой электронной микроскопии. Показана возможность получения поликристаллических пленок разным размером зерна и шероховатостью, изменяющимися в интервале от 34 до 87 нм и 2.5–5 мкм соответственно, в зависимости от состояния поверхности подложки и ее обработок.

Благодаря оптимальному сочетанию электрических и оптических характеристик пленки теллурида кадмия является эффективными для изготовления фотосопротивлений, солнечных батарей, счетчиков радиоактивных излучений, элементов инфракрасной оптики [1]. Пленочные гетероструктуры кремний-теллурид кадмия активно используются при производстве солнечных элементов [2,3]. В данной работе представлены результаты исследования структурных характеристик пленок теллурида кадмия, полученных методом вакуумного напыления в квазизамкнутом объеме на кремниевой подложке и их изменения под действием облучения и травления. Толщина полученных пленок варьировалась в диапазоне 150–200 мкм.

Морфология поверхности плёнки исследовалась методом атомно-силовой микроскопии при комнатной температуре в полуконтактном резонансном режиме на частоте 145 кГц на приборе Solver P47HT-МДТ. Использовались кантеливеры серии NSG 01 с радиусом закругления 10 нм. Величина шероховатости определялась как среднее арифметическое значение высоты микронеровностей, измеренное от средней линии профиля (по модулю) в пределах заданной длины по проведенным не менее

пяти раз измерениям на одном образце диаметром 5 мм. Элементный состав приповерхностного модифицированного слоя определялся методом рентгеноспектрального микроанализа с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) LEO – 1455 VP с областью микрозондирования около 5 мкм и погрешностью определения концентрации не превышающей 10%. Пленки облучались тепловыми нейтронами, а травление проводилось в травителе: бутиловый спирт-бром в соотношении 10:1. Время травления не превышало 20 минут.

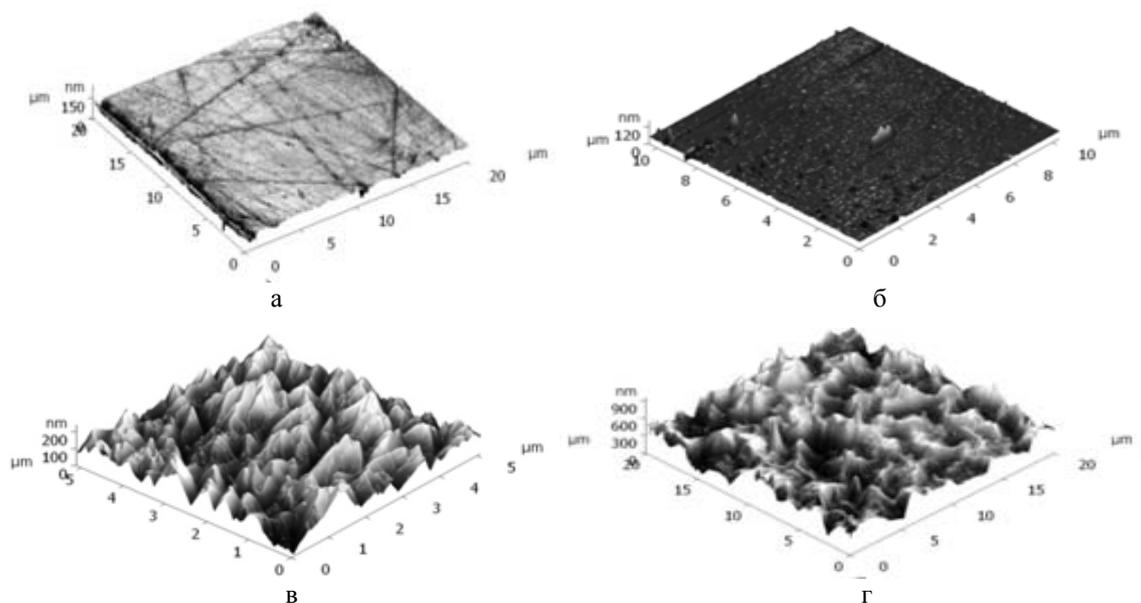


Рис. 1. Трехмерное АСМ изображение поверхности: шлифованной (а) и полированной (б)- кремниевой подложки и выращенных на них пленок теллурида кадмия (в), (г)

На рис.1 показаны трехмерные АСМ изображения шлифованной (а) и полированной (б) подложки кремния и выращенной на них пленок (в) и (г). На шлифованной подложке наблюдаются царапины с глубиной до 140 нм, которые могут являться результатом шлифовки. Средняя шероховатость подложки составляет 8.6 нм. На АСМ изображении выращенной на ней пленки теллурида кадмия отчетливо наблюдаются кристаллиты размером 2–2.5 мкм. Высота их достигает 300 нм, а средняя шероховатость полученной пленки составляет 34.07 нм. Можно отметить наличие темных пятен, размер которых составляет до 1 мкм в длину и 0.2 мкм в ширину, которые могут представлять собой поры.

На рис.1 (в) показаны трехмерные АСМ изображения полированной подложки кремния и выращенной на ней пленки (г). Как видно, она не содержит царапин и ее шероховатость 2.7, что много меньше шероховатости первой подложки. Пленка имеет крупные кристаллиты, чистые, и,

в отличие от первой пленки, размер их изменяется в диапазоне от 3.5 до 4 мкм.

Однако в отличие от пленки на шлифованной поверхности, шероховатость значительно выросла и составляет 87.5 нм. Увеличилась также и величина максимального пика до 962.7 нм. Поры в виде пятен темного цвета на рисунке 1 (г) имеют значительно большую глубину – до 500 нм, а размер их изменяется от 1.5 мкм в длину и 0.4 мкм в ширину.

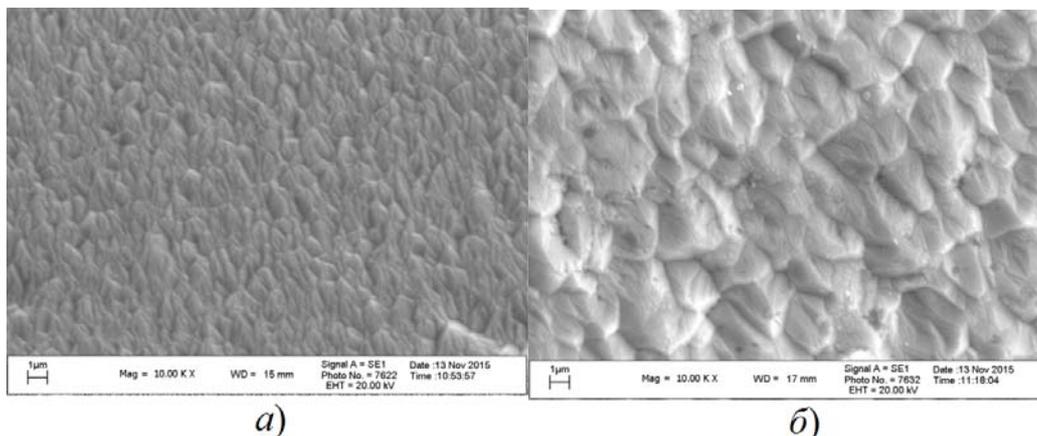


Рис. 2. РЭМ изображение пленки на шлифованной (а) и полированной (б) подложках

РЭМ изображение пленок на шлифованной и полированной подложках показаны на рис. 2. Хорошо видны крупные кристаллиты, и, кроме того, на рисунке 2(б) отчетливо наблюдаются ступеньки роста кристаллов. Сравнивая изображения АСМ и РЭМ можно видеть, что в обоих случаях они достаточно хорошо коррелируют. Анализ композиционного состава показал, что он приблизительно одинаков и составляет: Cd – 50.44 атом. % и Те – 48.75 атом. %. Кроме того, исследуемые пленки содержали 0.82 атом. % алюминия.

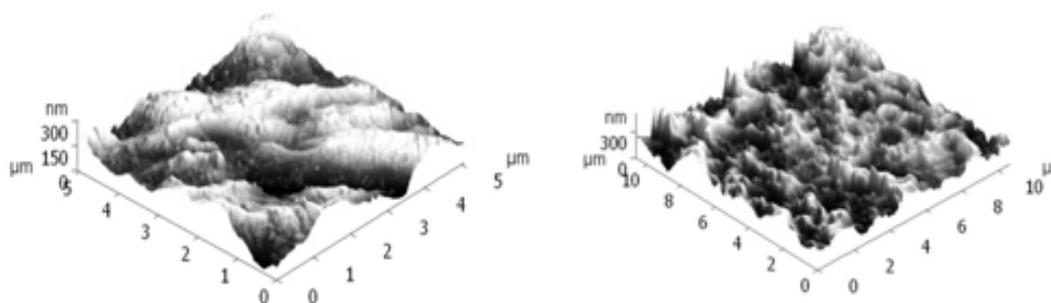


Рис. 4. Трехмерное изображение АСМ поверхности пленок теллурида кадмия а после облучения тепловыми нейтронами на шлифованной (а) и полированной подложках (б)

После облучения тепловыми нейтронами средняя шероховатость пленок значительно уменьшилась и составляла для первого образца 43 нм., второго – 58 нм. На АСМ изображении видны “переплавленные”

кристаллиты размером до 3 мкм. Причем после облучения размеры кристаллов уменьшился с 5 мкм до 3 мкм и они имеют вид “оплавленных”. Таким образом облучение тепловыми нейтронами приводит к значительному уменьшению шероховатости пленок теллурида кадмия.

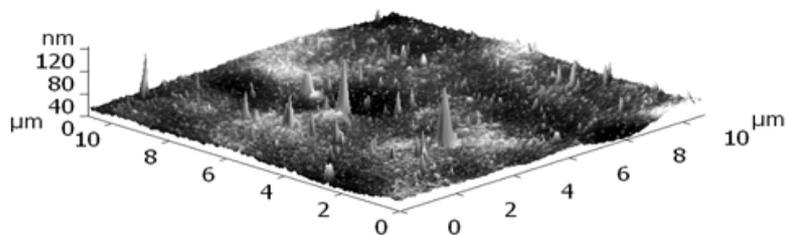


Рис. 4. Трехмерное АСМ изображение поверхности пленки теллурида кадмия после травления

После травления шероховатость пленки теллурида кадмия также значительно уменьшилась и составляла 17,96 нм. такое уменьшение можно связать с удалением образовавшегося оксида на поверхности. Наблюдается несколько пиков с максимальной высотой до 125,1 нм, которая также уменьшилась после травления. Кристаллиты наблюдаются менее отчетливо, и их размер также стал меньше – до 0,1 мкм. Видно несколько круглых пятен темного цвета, диаметр которых достигает 1,5 мкм, что может быть связано с растравливанием пор.

Таким образом, анализ изображений АСМ и РЭМ пленок теллурида кадмия, полученного на кремниевых подложках разного совершенства поверхности, позволяет сделать заключение, что методом напыления в квазизамкнутом объеме возможно получение пленок с разной морфологией поверхности, а именно поликристаллических пленок с размером зерна от 2.5 до 5 мкм и шероховатостью от 34.07 нм до 87.49 нм. Композиционный состав таких пленок включает: Cd – 50.44 атом. % , Te – 48.75 атом. % и они содержат до 0.82 ат. % алюминия. Облучение тепловыми нейтронами и травление позволяет варьировать морфологию поверхности в широком интервале. После облучения тепловыми нейтронами можно говорить об эффекте «оплавления» и «рекристаллизации» с изменением шероховатости с 87 до 43 нм, а после травления шероховатость уменьшается до 18 нм.

Литература

1. Бовина Л. А. Физика соединений A_2B_6 // М.: Наука, 1986. 319 с.
2. Хамрокулов Р. Б. Структура и электрические свойства пленок CdTe // Вестник таджикского национального университета. 2011. Т. 70. №6. С. 26–31.
3. Султанов Н. С. Исследование структуры пленок CdTe полученных в квазизамкнутом объеме на различных подложках // Вестник ТНУ. 2013. №2. С. 91–95.