

Исследование отжига тонких пленок CdTe во внеэлектродной плазме для фотовольтаики

В.В. Подлипов^{1,2}, В.А. Колпаков^{1,2}

¹Институт систем обработки изображений РАН – филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Молодогвардейская 151, Самара, Россия, 443001

²Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

Аннотация. В работе изучалось влияние различных режимов работы источника внеэлектродной плазмы на свойства тонких пленок CdTe. В результате экспериментального исследования получены оптимальные режимы отжига, позволяющие минимально воздействуя на состав пленок, улучшать структурные свойства, микрорельеф, повышать степень кристаллического совершенства пленок CdTe.

1. Введение

Теллурид Кадмия (CdTe) продолжает оставаться одним из лидирующих материалов для создания на его основе экономически эффективных фотогальванических элементов благодаря практически идеальной ширине запрещенной зоны. Благодаря широкому спектральному диапазону фотодетектирование устройств на основе CdTe возможно от ближнего ИК диапазона, во всем видимом диапазоне и ультрафиолет, а высокий атомный номер CdTe (48/50) делает возможным преобразование гамма излучения и рентгеновского диапазона. Однако, способность поглощения света в значительной степени зависит от условий формирования и стехиометрического состава пленок CdTe. Обычно для формирования тонких пленок CdTe используется дешевый метод физического вакуумного распыления, который требует дополнительной пост обработки после нанесения, а именно выдерживание в вакууме при температуре 300-400°C [1]. Этот метод занимает значительное количество времени. Другим возможным методом является обработка при высокой температуре в среде газа CdCl₂ [2], которая позволяет избавиться от излишков атомов Te, внедренного в структуру пленки, улучшить кристаллическое строение, повысить степень поглощения излучения поверхностью. Однако оба эти метода имеют своим недостатком сильное увеличение размеров кристаллитов, длительность процесса, воздействие высоких температур и др. Ранее в работах Казанского Н.Л. и Колпакова В.А. были исследованы возможности обработки различных материалов во внеэлектродной плазме [3]

В связи с чем в данной работе проводится исследование обработки пленок CdTe во внеэлектродной плазме высоковольтного газового разряда в среде аргона.

2. Экспериментальное исследование отжига тонких пленок CdTe

Пленки CdTe формировались на подложках диоксида кремния физическим вакуумным распылением с помощью резистивного динамического испарителя [4]. Во время испарения температура подложек поддерживалась на уровне 280°C. Полученные образцы разделялись на 6 равных частей, каждая из которых подвергалась обработке во внеэлектродной плазме с использованием источника с плоским катодом [5]. Изменение режима обработки осуществлялось варьированием режима работы источника внеэлектродной плазмы, а именно напряжения и тока в диапазонах $U=500-2000\text{В}$ и $I = 10-30\text{мА}$.

Время обработки во всех случаях составляло 3 мин.

До и после облучения образцов осуществлялся контроль толщины и оптических свойств пленок, микрорельефа, спектров пропускания, рамановской спектроскопией.

Контроль стехиометрического состава осуществлялся методом энергодисперсионного микроанализа.

По результатам исследования было выявлено, что обработка пленок в режиме тока $I = 10-20\text{мА}$ и напряжения $750-800\text{В}$ является оптимальной при толщине пленок $500-1000\text{нм}$. Несмотря на то, что обработка во внеэлектродной плазме незначительно снижает долю теллура, степень кристаллического совершенства значительно улучшается, по-видимому за счет локального направленного энергетического воздействия электронной ускоренных источником плазмы.

Также получено, что обработка в низкотемпературной плазме имеет меньшее влияние на стехиометрический состав пленок, нежели стандартный тепловой отжиг. Это объясняется проникновением электронов вглубь материала, где и происходит энергетическое воздействие, повышая степень совершенства кристаллической структуры, в то время как при тепловом отжиге нагреву подвергается вся структура.

3. Благодарности

Работа выполнена при поддержке Федерального агентства научных организаций (соглашение № 007-ГЗ/Ч3363/26).

4. Литература

- [1] Nelson, A.J. Novel method for growing CdS on CdTe surfaces for passivation of surface states and heterojunction formation / A.J. Nelson, D. Levi // *Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films*. – 1997. – Vol. 15(3). – P. 1119-1123. DOI:10.1116/1.58044
- [2] McCandless, B.E. Processing options for CdTe thin film solar cells / B.E. McCandless, K.D. Dobson // *Solar Energy*. – 2004. – Vol. 77(6). – P. 839-856.
- [3] Казанский, Н.Л. Формирование оптического микрорельефа во внекатодной плазме высоковольтного газового разряда / Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков. – М.: Радио и связь, 2009. – С. 220.
- [4] Kolpakov, V.A. A resistive dynamic evaporator for multicomponent materials / V.A. Kolpakov, S.V. Krichevsky, V.V. Podlipnov // *Instruments and Experimental Techniques*. – 2017. – Vol. 60(2). – P. 297-300.
- [5] Казанский, Н.Л. Газоразрядные приборы, формирующие направленные потоки внеэлектродной плазмы. Ч. II. Результаты модификации. Новые приборы / Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков, А.И. Колпаков, С.В. Кричевский, В.В. Подлипов // *Научное приборостроение*. – 2012. – Т. 22, № 2. – С. 44-50.

Investigation of the annealing of CdTe films in an off-electrode plasma for photovoltaics

V.V. Podlipnov^{1,2}, V.A. Kolpakov^{1,2}

¹Image Processing Systems Institute of RAS - Branch of the FSRC "Crystallography and Photonics" RAS, Molodogvardejskaya street 151, Samara, Russia, 443001

²Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

Abstract. In the work, studies were made of the influence of various operating modes of the source of the off-electrode plasma on the properties of CdTe films. As a result of the experimental investigation, optimal annealing regimes were obtained, which allow minimally affecting the composition of the films, improve the structural properties, microrelief, and increase the degree of crystalline perfection of CdTe films.

Keywords: off-electrode plasma, CdTe, photovoltaic.