ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОЕВ МАТЕРИАЛОВ, ДИССОЦИИРУЮЩИХ ПРИ НАГРЕВАНИИ

Valentina NICORICI
CZU: 621.38 + 539.2 vnicorici@yahoo.com

Тройные соединения $CuInSe_2$ (CIS) с кристаллической решеткой халькопирита являются перспективными материалами третьего поколения с точки зрения создания на их основе эффективных преобразователей солнечной энергии [1]. Гетероструктуры на основе CIS позволяют создавать высокоэффективные фотоэлектрические преобразователи. Так, к.п.д. лабораторных образцов достигает 20%, однако эффективность промышленных элементов не превышает 11,5% [2]. В настоящее время особое внимание уделяется также созданию тандемных приборных структур, позволяющих значительно увеличить эффективность солнечных элементов. Сочетание CdTe (E_g = 1,46 эВ) и $CuInSe_2$ (E_g = 1,1 эВ) позволяет эффективно преобразовывать солнечное излучение как в наземных, так и в заатмосферных условиях [3].

Между тем имеются определенные трудности получения слоев CIS с необходимыми заранее заданными параметрами, что связано с диссоциацией тройного соединения при его нагревании на селениды меди и индия, которые, в свою очередь, при температуре напыления имеют значительное различие в давлениях насыщенных паров P_s. Это приводит к изменению состава полученных пленок по отношению к составу источника.

Нами проведены исследования, с целью определения влияния технологических условий на кристаллическую структуру и электрические свойства выращенных слоев тройных соединений CIS. Тонкие слои получали двумя методами: дискретным (flash evaporation method) и так называемым «методом ракушки»ю В первом способе [4] испаряемый полупроводниковый материал вводится в систему в виде очень маленьких гранул. Температура испарителя, на которую эти гранулы падают, подбирается таким образом, чтобы она соответствовала испарению наименее летучей

компоненты. Из-за низкой теплоемкости каждой гранулы она быстро и почти полностью испаряется, поэтому при стабильной инжекции гранул в испаритель полученные пары будут иметь практически такой же состав, как и исходный материал. Температура источника была ~1100 … 1150°C, а температура подложки ~ 250 … 400°C. Скорость роста слоя составляла 0,1 … 0,4 мкм/мин, толщина слоев – 0,2 … 3 мкм, размеры гранул – 0,2– 0,5 мкм.

В методе «ракушка» ячейка испаритель представляет собой цилиндр, изготовленный из тантала [5]. Стенки цилиндра свернуты в спираль с отверстием, сквозь которое происходит испарение и размеры которого могут регулироваться с помощью ограничительных мобильных колечек, установленных на концах цилиндра. Таким образом, форма ячейки повторяет форму ракушки. На концах цилиндр закрывается двумя пробками, которые одновременно являются и электродами для внешнего напряжения. Эти пробки достаточно плотно закрывают основание цилиндра, что позволяет при нагревании ячейки создавать только один поток пара вещества. Площадь поперечного сечения цилиндра намного меньше, чем площадь его поверхности, поэтому при постоянной температуре испарителя молярно-кинетические характеристики потока пара не зависят от массы материала и от времени осаждения. Такая конструкция испарителя дает возможность формировать на поверхности испарения пространство, в котором давление паров приблизительно равно P_s, что не позволяет соединению диссоциировать на компоненты. Испаритель соединяется с источником электрического тока и таким образом регулируется его температура. Температура источника составляла T ≈ 1000°C, температура подложки варьировалась от 520°C до 570°C. При расстоянии источник-подложка 50 мм скорость осаждения слоев составляла ~ 700 Å/c.

Исследование температурных зависимостей проводимости (рис.1) и концентрации носителей заряда в слоях CIS проводилось методом Ван дер Пау в интервале температур 100…440K. Независимо от метода получения, все слои имели p-тип проводимости. В широком интервале температур проводимость

практически не зависит от температуры. Слои, полученные дискретным методом, имели концентрацию $p \approx 10^{19}$ cm^{-3}, слои, полученные методом «ракушки» – $p \approx 10^{16} \ldots 10^{17} cm^{-3}$ при 300 К.

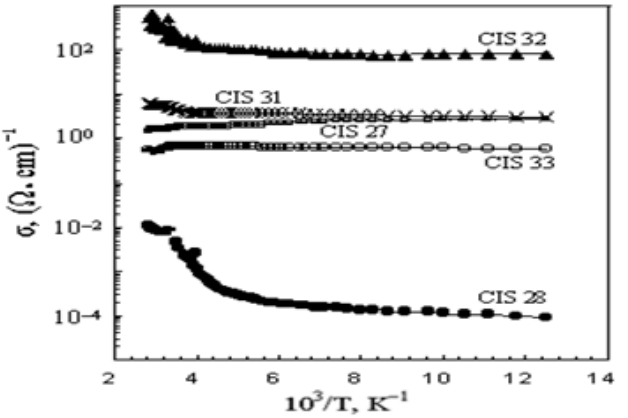


Рис. 1. Проводимость слоев CIS, полученных методом «ракушки» (27, 28) и дискретным методом (31, 32). 33).

***Литература*:**

1. НОВИКОВ, Г.Ф., ГАПАНОВИЧ, М.В. Солнечные преобразователи третьего поколения на основе Cu-In-Ga-(S,Se). В: *Успехи физических наук*, 2017, 187, 173-190.
2. Von ROEDERN, B., ULLAL, H. *The role of polycrystalline thin-film PV technologies in competitive PV module markets*. Proc. of the 33rd IEEE Photovoltaic Specialists Conference. San Diego, 2008, p.161.
3. ХРИПУНОВ, Г.С., СОКОЛ, Е.И. и др. *Преобразование солнечной энергии с использованием комбинации фотоэлектрических преобразователей с базовыми слоями CdTe и $CuInSe_2$.*
4. NICORICI, V., CHETRUS, P. $CuInSe_2$ Thin Layers Fabrication and Their Kinetic Properties. In: *PLUMEE*, 2017, N1, p.7-8.
5. ЖУКОВСКИЙ, П.В. и др. Оптическая ширина запрещенной зоны полупроводников $Cd_{1-x}Mn_xTe$ и $Zn_{1-x}Mn_xTe$. В: *Физика и техника полупроводников*, 2001, т. 35, № 8, с. 937-940.

Cercetările au fost realizate în cadrul proiectului de Stat ***20.80009.5007.12***