

ЭЛЕКТРОНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК СВЕРХСТРУКТУРНЫХ ФАЗ CuInS_2

М. А. НУРИЕВ

*Нахичеванский Государственный Университет
Нахичевань-373630, Университетский городок*

Р. М. СУЛТАНОВ, Д. И. ИСМАИЛОВ

*Институт физики
Национальной Академии Наук Азербайджана,
AZ-1143, Баку, Азербайджан, пр.Г. Джавида 33*

Vakuumda çökdürmə üsulu ilə NaCl altlıqları üzərində alınmış CuInS_2 təbəqələrinin müxtəlif subquruluşlarda formalaşmalarının xüsusiyyətləri elektronqrafik metod ilə tədqiq edilmişdir.

Nazik təbəqələrin NaCl altlıqları üzərində epitaksial böyümələri nəticəsində CuInS_2 tərkibli ifratquruluşlu fazanın mövcudluğu müəyyən olunmuşdur.

В работе приводятся результаты электронографических исследований по формированию пленок CuInS_2 полученных вакуумной конденсацией с различной субструктурой, на подложках NaCl.

Установлены условия образования монокристаллических пленок и возможность существования сверхструктурной фазы состава CuInS_2 , образующаяся в результате эпитаксиального роста на NaCl.

The thin film formation in the various substructure compounds obtained by the vacuum deposition onto NaCl single crystals has been investigated by electron diffraction method.

It was found that epitaxial growth of thin films on the NaCl surface results in the formation of CuInS_2 super structural phases.

Двойной сульфид состава CuInS_2 кристаллизуется в структуре халькопирита с периодами тетрагональной решетки $a = 0,551$; $c = 1,106$ нм, $c/a = 2,01$ [1-2]. Кристаллическая структура данного соединения описывается пространственной группой симметрии (ПГС) $I\bar{4}2m$. Установленные нами характеристики локального окружения в тонких аморфных пленках CuInS_2 [3] свидетельствуют, что ближний атомный порядок в аморфных и в кристаллических фаз одинаков. Отличие заключается, главным образом в определенном разбросе длин связей в локальных ближних порядках и валентных углов в тетраэдрических и октаэдрических окружениях атомов.

Поскольку многослойные пленочные структуры, являющиеся неотъемлемой частью элементных баз современных электронных приборов в большинстве случаев подвергаются различным силовым, температурным, электромагнитным и другим агрессивным воздействиям в производственных и эксплуатационных условиях, то при проектировании элементов опто – электронной техники и соблюдения в них температурных режимов – определить рабочие температуры для схем – пленок необходимо установить и обратить внимание на условия образования тонких слоев с различной субструктурой и на сохранность при различных температурах образовавшихся на ранних и последующих стадиях пленок.

В данной работе рассматриваются особенности зарождения и формирования сверхструктурных эпитаксиальных тонких пленок со сверхпериодами, полученных методом ориентированной кристаллизации.

Процессы эпитаксии до сих пор ни физической, ни химической кинетикой не описываются. Поэтому условия образования таких пленок должны быть найдены экспериментально и при рассмотрении механизма роста эпитаксиальных монокристаллических пленок испол-

зуется соответствие или несоответствие параметров решеток кристаллов – подложек и наращиваемых веществ, поскольку такое соответствие является обязательным и решающим фактором.

Тонкие слои CuInS_2 , осажденные на подложки, состоящие из щелочно-галогидных монокристаллов NaCl, KCl, как показано нами в [3-4] при комнатной температуре имеют аморфную структуры с значениями $S = 4\pi\sin\theta/\lambda = 25,32; 34,52; 58,27$ нм⁻¹. Устойчивые при комнатной температуре аморфные пленки CuInS_2 кристаллизуются при осаждении молекулярного пучка на предварительно подогретые подложки с $T_p = 393-403$ К; образуются поликристаллические пленки, электронограммы (рис.1), от которых индицируются с параметрами кристаллической решетки, совпадающими с данными [1-2].

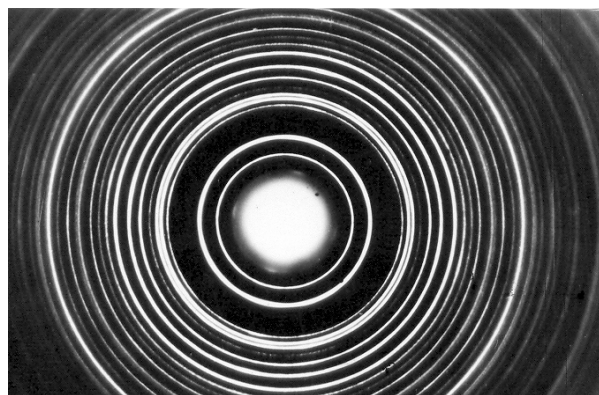


Рис.1. Электронограмма от поликристалла CuInS_2 .

В области температур подложек от 423 до 443 К образуется смесь поликристаллического образца с мозаичным монокристаллом. С повышением температуры подложек NaCl интенсивности дифракционных линий на электро-

нограммах, соответствующих поликристаллу уменьшаются, а точечных рефлексов, свидетельствующих об образовании монокристаллических блоков, возрастают. На электронограммах от указанной смеси появляются новые слабые сверхструктурные дифракционные отражения в виде точечных рефлексов.

Дальнейшее повышение температуры подложки NaCl до ~ 468 К приводит к образованию монокристалла высокого совершенства, с угловым разбросом между блоками не превышающими 4 – 5°. На электронограммах (рис.2) от монокристаллических пленок, снятых под прямым углом, образующие квадратную сетку сильные точечные рефлексы индицируются на основе hko рефлексов известной решетки CuInS₂.

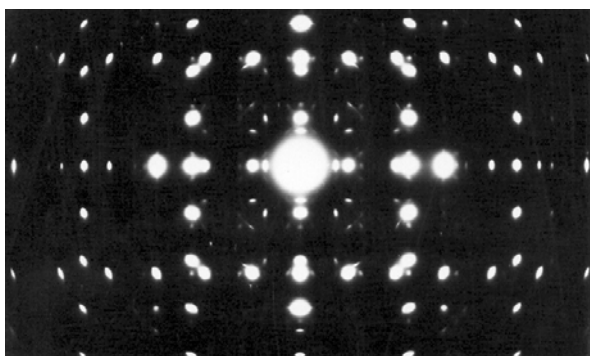


Рис.2. Электронограмма от монокристалла сверхструктурной фазы CuInS₂.

Индицирование всех рефлексов, включая дополнительные сверхструктурных отражений, удается при удвоенной параметре кристаллической решетки исходной фазы CuInS₂ – $a_{св.стр.} \approx 2a_0 = 1,22$ нм. Период «с», определенной по электронограммам, снятым под углом 45° оказался равным 2,237 нм. Установленные простые соотношения между периодами решеток: $a \approx 2a_0$; $c = 2c_0$ указывают на то, что новую кристаллическую решетку следует рассматривать как сверхрешетку CuInS₂. При 493 К и более высоких температурах подложек монокристалличность образующихся пленок не нарушается.

Поскольку кристаллическая решетка исходной фазы CuInS₂ является упорядоченной, то для объяснения образования сверхструктурной тетрагональной фазы следует предполагать, что при возникновении сверхструктуры некоторые положения атомов в ранней структуре становятся дефектными. Сверхструктура CuInS₂ является неупорядоченной фазой и обладает только лишь средней статистической периодичностью. Сверхструктурная фаза обнаруженная в результате эпитаксиального роста пленок CuInS₂ на NaCl, ориентируется плоскостью (100) параллельно грани (100) NaCl. При этом одна элементарная ячейка сверхструктурной фазы сопрягается с двумя ячейками подложки. Относительное несоответствие сопрягающихся кристаллических сеток при этом составляет порядка 1,5–2%.

- [1]. *H.Harry, G Frank, W.Klinge., et al. Über einige ternäre Chalcogenide mit Chalcopyritstruktur //Zeitsch für anorg. und allgem. Chemic, 1953, v.271, №3 – 4, p.153 – 170*
- [2]. *Физико – химические свойства полупроводниковых веществ /Справочник под ред. А.В Новоселовой., В.Б Лазерева. М.: Наука, 1979, 340 с.*
- [3]. *Д.И. Исмаилов., М.А.Нуриев Э.Э.Алекперова Температурно – временные зависимости кристаллизации аморфных пленок CuInS₂, CuInTe₂/ Меж-*

- дународная Конференция « Неравновесные процессы в полупроводниках и в полупроводниковых структурах». Ташкент, 2007, с. 108 – 109*
- [4]. *М.А. Нуриев, Д. И. Исмаилов, Р.М. Султанов. Фазообразование при взаимодействии стехиометрических количеств элементарных составляющих системы Cu – In – S(Te)/ XII Национальная конференция по росту кристаллов НКРК – 2006. Москва, 2006, с.428*

Daxil olunub: 01.07.2007