

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И СТРУКТУРА ПЛЕНОК GaSe

Э.Ю. САЛАЕВ, И.Р. НУРИЕВ, В.Я. ДАНЧЕВ,
А.М. НАЗАРОВ, Н.В. ФАРАДЖЕВ, М.Б. ГАДЖИЕВ

*Институт Физики НАН Азербайджана,
AZ1143, Баку, пр. Г.Джавида, 33*

Təqdim olunan işdə elektronografik metodla nazik GaSe təbəqələrinin böyümə xüsusiyyətləri və kristal quruluşu tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, oturmağın tipindən və temperaturundan asılı olaraq müxtəlif kristal quruluşlu təbəqələr alınır: otaq temperaturunda selluloid althıqlar üzərində amorf, 200°C-də BaF₂, KCl, slyuda üzərində istiqamətlənmiş polikristal, 300°C-dən yuxarı temperaturda isə monokristal epitaksial təbəqələr alınır.

В настоящей работе* проведено электрографическое исследование особенности роста и структуры тонких пленок GaSe. Установлено, что в зависимости от типа и температуры подложки получаются пленки с различной структурой: пленки полученные на целлюлоидных подложках находящихся при комнатной температуре имеют аморфную, на подложках BaF₂, KCl, слюда при 200°C ориентированную поликристаллическую, выше 300°C эпитаксиальную монокристаллическую структуру.

In the present work electronographics research of feature of growth and structure thin GaSe films has been carried out. It is established that depending on the type and temperatures of the substrate the films with various structure are obtained: the films obtained on celluloid substrates being at the room temperature have amorphous structure, on substrates BaF₂, KCl, mica at 200°C have textured polycrystalline and above 300°C – epitaxial single crystalline structure.

Последние 30 лет слоистые полупроводники A³B⁶ стали предметом интенсивных исследований. Широко изучены электрические, оптические и фотоэлектрические свойства этих материалов [1-10]. Интерес к изучению физических свойств соединений A³B⁶ обусловлен особенностями их кристаллической структуры.

Элементарная ячейка большинства слоистых полупроводниковых соединений содержит два и больше число идентичных слоев с различными атомами в них. Внутри слоев, связь между атомами осуществляется с помощью сил ионно-ковалентного характера, в то же время связи между соседними слоями Ван-дер-Ваальсового типа.

Следует отметить, что физические свойства соединений A³B⁶ в течении ряда лет, начиная с 1960 года, в основном, исследовались в Институте физики НАН Азербайджана совместно с рядом других научных центров.

Среди этих материалов особо выделяется соединение GaSe, именно в нем, впервые из числа соединений A³B⁶ в 1963 году, обнаружено индуцированное излучение, в 1972 году, выявлены эффективные нелинейные оптические свойства, эффекты переключения и памяти и др. Большой интерес представляют, обнаруженные авторами [9] квантовые осцилляции в селениде галлия и результаты по динамике экситонов. Обнаружены эффективные нелинейные оптические свойства селенида галлия [1]. В монографии [10] проведена попытка обобщения имеющегося в литературе материала посвященного исследованиям динамических и статических нелинейных эффектов, наблюдающихся при взаимодействии когерентного излучения со слоистыми кристаллами типа селенида галлия.

Вышеприведенные исследования проведены в основном на массивных монокристаллах этих соединений. Тонкие пленки изучены мало. Для современной электроники более перспективным являются их тонкие пленки.

Целью настоящей работы* является исследования особенности роста и структуры пленок соединения GaSe, полученных на различных подложках.

Структура пленок контролировалось электрографическим методом. Образцы для исследований в виде тонких пленок готовились возгонкой в вакууме 10⁻⁴ Па, методом конденсации молекулярных пучков, из заранее синтезированного сплава, состав которого соответствовал формуле GaSe.

Испаритель источника представлял собой Кнудсенову ячейку, изготовленную из особо чистого графита, выполненной в виде цилиндра с двумя пробками нагреваемой током. Диаметр отверстия в ячейке соответствовал 0,1 мм. Температура испарителя и подложки контролировалась с помощью хромель-алюмелевой термопары.

В качестве подложек использовались целлюлоидные пленки и монокристаллы KCl, BaF₂, слюда. Было установлено, что на целлюлоидных подложках, находящихся при комнатной температуре, неизменно сопровождалось образование аморфных пленок. На рис.1. представлена электронограмма аморфной пленки GaSe.



Рис.1. Электронограмма аморфной пленки GaSe.

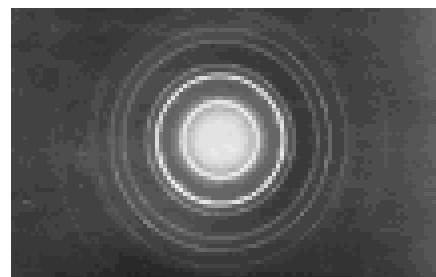


Рис.2. Электронограмма ориентированной пленки GaSe.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И СТРУКТУРА ПЛЕНОК GaSe

Отжиг этих пленок в течение 1 часа при $t=200^{\circ}\text{C}$, не изменил картину, пленки остались аморфными. Этот результат находится в согласии с данными [11].

Нами установлено что, аморфная фаза GaSe в соответствии [11], чрезвычайно устойчивая при комнатной температуре. Авторам [11] определена структура этой фазы и показано, что в первых координационных сферах у аморфного GaSe нет соответствия с решеткой кристаллической фазы. Вместе с тем их физические свойства – проводимость, энергия активации, термо-э.д.с. и др. характерные для кристаллических веществ.

Пленки GaSe, были получены на монокристаллических подложках (KCl, BaF_2 , слюда) находящихся при температурах $200\text{--}350^{\circ}\text{C}$.

Электроннографическое исследование пленок GaSe, полученных при 250°C показало, что они имеют поликристаллическую структуру с частичной разориентацией, кристаллизирующиеся в гексагональной решетке с параметрами: $a=3,74 \text{ \AA}$; $c=15,89 \text{ \AA}$ в соответствии [12] (рис.2).



Рис.3 Электронограмма эпитаксиальной пленки GaSe.

Расчет представленной электронограммы показывает, что кристаллики GaSe ориентируются плоскостью (0001)|| (001) KCl, поэтому и на электронограмме появляются лишь линии с индексами $hk0$.

На других подложках кристаллики GaSe ориентируются следующим образом: (0001) GaSe|| (111) BaF_2 ; (0001) GaSe|| (0001) слюда.

Интересно отметить, что полученные таким способом образцы отличались друг от друга цветом: некоторые имели коричневый оттенок, а некоторые – серо-стальной блеск. Образцы с коричневым оттенком дали диффузную картину электронограмм. Электронограммы от образцов серо-стального цвета показали наличие ориентированного GaSe. Такое различие образцов связано вероятно с неравномерным испарением исходного материала, приводящей к ошибочному расположению пакетов в этой структуре.

Повышение температуры подложки до 350°C приводит к эпитаксиальному росту пленок GaSe (рис.3). На данной рисунке в отличие от вышеприведенных электронограмм наблюдаются круглые точки, с гексагональной симметрией свидетельствующие о получении эпитаксиальной пленки GaSe.

Таким образом, установлено, что в зависимости от типа и температуры подложки можно получить пленки GaSe с различной структурой.

* Работа выполнено при поддержке гранта Украинского Научно-Технологического Центра (проект №3237).

- [1]. Г.Б.Абдуллаев, Э.Ю.Салаев и др. GaSe – новый эффективный материал для нелинейной оптики // Письма в ЖЭТФ, 1972, т.16, №3, с.130-133.
- [2]. В.П.Мушинский, М.И.Караман Оптические свойства халькогенидов галлия и индия // Кишинев, 1973, с.213.
- [3]. Г.Б.Абдуллаев, Г.Л.Беленький, Э.Ю.Салаев, Р.А.Сулейманов, В.Х.Халилов Исследование краевой люминесценции монокристаллах GaSe // ФТТ, 1974, т.16, в.1, с.19-24.
- [4]. Г.Б.Абдуллаев, Э.Ю.Салаев, В.М.Салманов Взаимодействие лазерного излучения с полупроводниками типа A^3B^6 . Баку: Элм, 1979. 137с.
- [5]. J.Camassel, P.Merie, H.Mathieu Exciton absorption edge of GaTe // Physic, 1980, vol.99 (B+C), #(1-4), pp.309-312.
- [6]. G.Gousskov, J.Camassel, L.Gousskov Growth and characterization of 3-6 layered crystals like GaSe, GaTe, InSe, $\text{GaSe}_{1-x}\text{Te}_x$ and $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{Se}$ // Progr. Crystal Growth and Charact, 1982, vol.5, pp.323-413.
- [7]. М.С.Бродин, И.В.Блонский Экситонные процессы в слоистых кристаллах. Киев: Наукова Думка, 1986, 256с.
- [8]. Г.Л.Беленький, Э.Ю.Салаев, Р.А.Сулейманов Деформационные явления в слоистых полупроводниках // УФН, 1988, т.155, в.1, с.89-127.
- [9]. К.Р.Аллахвердиев, Э.Ю.Салаев и др. Квантовые осцилляции под воздействием лазерных импульсов в слоистом ε – GaSe // Письма в ЖЭТФ, 1990, т.51, вып.3, с.145-147.
- [10]. К.Р.Аллахвердиев, Э.Ю.Салаев Динамические и статические нелинейные эффекты в слоистых кристаллах типа селенида галлия. Баку: Элм, 1993. 230с.
- [11]. Л.И.Татарина Электроннографическое исследование аморфного GaSe // Кристаллография I, №5, 1956.
- [12]. Л.И.Татарина, Аулейтнер, З.Г.Пинскер Электроннографическое исследование кристаллической структуры GaSe // Кристаллография I, №5, 1956.