

ЛАЗЕРНЫЕ ЭКРАНЫ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ ZnSe

АХМЕДЗАДЕ Н.Д., МАМЕДОВ Т.С., ИСМАИЛОВ А.А., ШИРИНОВ М.М.

*Институт Физики
Национальной Академии Наук Азербайджана
AZ 1143, г.Баку, пр. Г.Джавида, 33*

В настоящей работе обсуждаются некоторые проблемы, связанные с выращиванием эпитаксиальных слоев методами вакуумной эпитаксии на сапфировые подложки. Исследование излучающих свойств выращенных слоев показали перспективность их применения для изготовления из них лазерных экранов проекционных электроннолучевых трубок.

At the present work some problems of growing epitaxial layers of zinc selenide by vacuum epitaxial methods on the sapphire's substratum are discussed. Light property investigations of growing layers have been shown of perspective their using for preparation laser screens of production electron-light tubs.

В настоящее время с развитием оптоэлектроники предъявляются всё более высокие требования к полупроводниковым материалам для последующего изготовления приборов из них. Возможность применения лазерных экранов для проекционных телевизоров на основе полупроводниковых слоев A^2B^6 (CdS - зеленый свет CdSe - красный свет и ZnSe - голубой свет) обсуждалось в [1].

Наибольший практический интерес переставляет разработка технологии получения монокристаллических слоев диаметром до 50 мм при сохранении его однородности. Это позволяет увеличить диаметр возбуждающего электронного пучка до 100 мкм, что в итоге приводит к значительному снижению порога генерации и увеличению интегральной яркости лазерных экранов, изготовленных на их основе [2]. Однако, их получение связано с рядом проблем. Одна из основных проблем заключается в том, что с увеличением диаметра подложки увеличивается роль радиального градиента температуры от периферии к центру подложки. Тем более это важно, когда этот эффект увеличивается при использовании подложек, изготовленных из материала с низкой теплопроводностью.

Гетероэпитаксиальные слои были выращены методом вакуумной конденсации из материала, полученного по методике [3]. В качестве подложек использовались лейкосапфировые шайбы (α - Al_2O_3) ориентации (0001) и (11 $\bar{2}0$). Гетероэпитаксиальные слои имели совершенную монокристаллическую однофазную кубическую структуру ориентации (111) ZnSe (0001) Al_2O_3 и (110) ZnSe (11 $\bar{2}0$) Al_2O_3 . Чтобы снизить влияние радиального градиента, подложка устанавливалась на теплопроводящую графитовую пластинку из графитовой керамики по результатам исследования японской фирмы (Toshiba ceramics) графитовая керамика высокой чистоты обладает следующими свойствами: высокая термостойкость; хорошая теплопроводность; малое термическое расширение; высокая стойкость к тепловому удару; высокая механическая прочность при низких и высоких температурах; высокая химическая устойчивость, (хорошая электропроводность); отличная обрабатываемость.

Суммарное содержание остаточных примесей в очищенных пластинках из графитовой керамики не более

10 –ти на миллион по основным элементам составило: В(0,5 части), Fe(0,25), Al(0,07), Mg(0,02), Cu(0,02)

Ввиду того что температура плавления селенида цинка составляет $1515 \pm 10C^0$ [4], что исключает возможность получения слоев селенида цинка через жидкую фазу (из расплава) с использованием в качестве материала для реактора, кварцевого стекла (наиболее высокотемпературным кварцевым стеклом является кварц Энгельгарта $T_{пл} - 1270C^0$), температура плавления которого ниже температуры плавления селенида цинка. Поэтому, большинство исследователей, занимающихся ростом кристаллов и слоев, используют методы получения высокотемпературных материалов через парогазовую фазу.

Метод вакуумной конденсации, при кажущейся простоте, включает сложный комплекс процессов массопереноса:

- так называемый «стефановский поток» - направленный перенос вещества в газовой фазе, вызванный разностью абсолютных равновесных и фактических давлений в зонах реактора;
- конвективное перемешивание, вызванное вертикальной неустойчивостью фронта (его желательно исключить или свести к минимуму);
- диффузионный перенос примесей на фоне основного потока;
- гетерогенные этапы испарения – конденсации, которые усложняются реакциями диссоциации – синтеза, а для малых примесей – их захватом на фронте кристаллизации, нелинейно зависящим от кинетики роста основного вещества и его структуры.

Значительно упрощая ситуацию, можно записать следующую систему уравнений для продольного распределения: стационарных условий и не слишком высоких градиентов температуры : [5]

$$D_i \frac{d^2 C_i}{dx^2} - \frac{d(UC_i)}{dx} + V_i = 0$$

где U - линейная скорость потока на расстоянии, x - от начала реактора, V_i – эффективная скорость конденсации (испарения), i -я компонента в этой точке реактора, $C_i(x)$ - объемная концентрация.

Эту систему совместно с аналогичными уравнениями для продольного распределения, необходимо решать согласованно с нелинейными кинетическими условиями на границах реактора. Строгий анализ этой задачи в общем виде не представляется возможным не только из-за технической сложности решения уравнений, но и из-за неточности определения большинства исходных параметров. Оказалось, что в этом нет особой необходимости, если в случае доминирующего механизма массопереноса взят диффузионный массоперенос. Тогда остальными механизмами массопереноса можно пренебречь ввиду их незначительности по сравнению с диффузионным.

Эксперименты показали, что для выращивания пригодных слоев необходимо соблюдать условия, где лимитирующей стадией массопереноса является диффузионный режим, а величина пресыщения подчиняется формуле из [6]

$$\alpha = \frac{1,5P_m}{P_{\min}(T_{\text{подл.}})} = \left[\frac{K_{\text{ZnSe}}(T_{\text{учм.}})}{K_{\text{ZnSe}}(T_{\text{подл.}})} \right]^{2/3} \times \left(\frac{\gamma}{2} \right)^{1/3}$$

В формулу для α (при $\gamma \leq 2$) входят следующие величины: P_{Zn} - парциальное давление цинка, P_{\min} - минимальное общее давление, K_{ZnSe} - константа равновесия, $\gamma = \frac{P_{\text{Zn}}}{P_{\text{Se}_2}}$ - параметр, P_{Se_2} - парциальное давление

молекул Se_2 . Из формулы видно, что пресыщение α зависит от величины γ и T . Поэтому выбирая их значения и учитывая условия для выращивания из [7] можно получать слои с различной кристаллической структурой. Оказалось что, наиболее эффективными является слои обладающие так называемой «столбчатой» структурой [2]. Изучение излучающей способности этих слоев методами фото и катодолюминесценции показали высокий квантовый выход излучательной рекомбинации в собственной области.

-
- [1]. *О.В. Богданкевич, С.А. Дарзбек, П.Е. Елисеев*, Полупроводниковые лазеры М.Наука, 1976, 415с.
 [2]. *В.Н. Мартынов, Н.Д. Ахмедзаде, М.Б.Славин, А.Н. Соловьёв, С.П. Кобелева*, Электронная промышленность, 1982, №6, с55-57
 [3]. *Н.Д. Ахмедзаде, А.А. Исмаилов, М.М. Ширинов* АМЕА Хəбərləг, 2006, N5, s 81-87
 [4]. Физика и Химия соединений A^2B^6 . Под редакцией *С.А. Медведева*, Москва, Наука,(1978) 624.
 [5]. *Н.Д. Ахмедзаде*, Влияние собственных точечных дефектов и примесей на излучательные и фотоэлектрические свойства селенида цинка - канд.дисс. 1985
 [6]. Рост кристаллов. Под редакцией *К. Гудмана*, Москва, Мир, 1977, 360 с.
 [7]. *Н.Д. Ахмедзаде, М.Ю. Сеидов*, АМЕА, Fizika, N1, 1999 ,с. 44-45

Received: 10.02.2007