

ВЫНУЖДЕННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК  
 $ZnSe$ ,  $ZnTe$ , ВЫРАЩЕННЫХ НА ОРИЕНТИРОВАННЫХ  
САФИРОВЫХ ПОДЛОЖКАХ

А. В. Луденкова, Э. А. Сенокосов,<sup>\*</sup> С. Д. Скоробун,  
Ю. М. Попов, А. Н. Усатый,<sup>\*</sup> В. М. Царан<sup>\*</sup>

УДК 621.378.325 + 669.172

Исследованы излучательные свойства полупроводниковых монокристаллических пленок  $n-ZnSe$ ,  $p-ZnTe$ , выращенных на ориентированных сапфировых подложках. На изготовленных из таких пленок лазерах, работающих в режиме поперечной накачки, впервые получена генерация при температурах 80 К и 300 К.

Охлаждение мишеней полупроводниковых лазеров обычно производится через контакт с хладопроводом, что требует решения трудной задачи создания низкого теплового сопротивления при высокой прочности контакта /1/. Перспективным является выращивание полупроводниковых мишеней непосредственно на прозрачных сапфировых подложках, которые используются сейчас в качестве хладопроводов, механически соединяемых с мишенями лазерных электронно-лучевых трубок /2/. Однако, до настоящего времени на пленках, выращенных газотранспортным методом на сапфировых подложках /3/, генерацию получить не удалось.

В данной работе исследовались мишени в виде полупроводниковых монокристаллических слоев  $n-ZnSe$ ,  $p-ZnTe$ , полученных вакуумной эпитаксией в квазизамкнутом объеме в условиях, близких к термически равновесным. В качестве подложек использовались ориентированные (1120, 1010) отполированные пластины сапфира толщиной 300 мкм /4.5/. Исследуемые пленки имели форму дисков диаметром  $d \approx 15 - 20$  мм и толщиной 10 - 30 мкм. Их удельное сопротивление  $\rho$  находилось в пределах  $10^5 - 10^7$  ом/см.

<sup>\*</sup> Кишиневский Государственный Университет.

Исследования спектров катодолюминесценции с поверхности выращенных пленок показали, что они близки к тем требованиям, которые предъявляются к лазерным мишеням, изготовленным из объемных полупроводниковых монокристаллов /6/. Однако, малая толщина пленок, с поверхности которых для создания мишеней полировкой снимался слой порядка 10 - 15 мкм, ограничила возможность исследовать их излучательные свойства непосредственно в лазерах с продольной накачкой.

Поэтому из выращенных пленок были изготовлены лазеры, работающие в режиме поперечной накачки /7/. Изготовление резонатора из пленки вместе с сапфировой пластинкой представляет определенные трудности, поэтому пленка предварительно отделялась от сапфировой подложки. Граними резонаторов, расстояние между которыми составляло 0,5 - 0,6 мм, служили естественные сколы пленки, перпендикулярные поверхности роста. Возбуждение электронным пучком производилось через поверхность роста пленок. Энергия электронного пучка была равной 50 кэВ, длительность импульса  $\tau = 50$  нс. Пороговая плотность тока, при которой возникает генерация, фиксировалась по появлению направленности, сужению спектра (10 - 15 Å) и резкому повышению интенсивности излучения. Для лазера из пленки n-ZnSe (T = 80 K), получено:

$J_{\text{пор}} = 35 \text{ А/см}^2$ ,  $\lambda_{\text{ген}} = 4500 \text{ Å}$ . Для лазера из пленки p-ZnTe (T = 80 K) -  $J_{\text{пор}} = 25 \text{ А/см}^2$ ,  $\lambda_{\text{ген}} = 5300 \text{ Å}$ .

На поверхности выращенных пленок наблюдались фигуры роста, которые оказывали влияние на излучательные свойства лазеров. Так травление полирующим травителем \*) с поверхности пленки ZnTe слоя толщиной 5 мкм снизило пороговую плотность тока генерации при T = 80 K в два раза и позволило получить генерацию при T = 300 K. ( $J_{\text{пор}} = 40 \text{ А/см}^2$ ,  $\lambda_{\text{ген}} = 5650 \text{ Å}$ ).

Таким образом, проведенные исследования впервые показали, что на сапфировых подложках методом вакуумной эпитаксии возможно выращивание монокристаллических пленок n-ZnSe, p-ZnTe, пригодных для работы в лазерном режиме. Для получения генерации в продольной геометрии и создания эффективно отводящих тепло

\*) Этиловый спирт + бром.

лазерных экранов цветных проекционных телевизоров необходимо дальнейшее совершенствование технологии выращивания таких пленок.

Поступила в редакцию  
II октября 1977 г.

### Л и т е р а т у р а

1. Б. М. Лаврушин, Труды ФИАН, 59, 124 (1972).
2. В. И. Козловский, А. С. Насибов, А. Н. Печенов, Ю. М. Попов, О. Н. Таленский, П. В. Шапкин, Квантовая электроника, 4, № 2, 351 (1977).
3. А. Н. Менцер, А. В. Дуденкова, Труды III Всесоюзного совещания "Проблемы физики соединений  $A^{II}B^{VI}$ " том I, стр. 245, Вильнюс, 1972 г.
4. Э. А. Сенокосов, А. Н. Усатый, В. М. Царан, Л. Д. Цирулих, Физические процессы в гетероструктурах и некоторых соединениях  $A^{II}B^{VI}$ , изд. Штиинца, Кишинев, 1974 г., стр. 85.
5. E. A. Senokosov, A. N. Usatii, V. M. Tsaran, Abstracts of III Int. Conf. of thin films, Budapest, 1975, p. 183.
6. Л. Н. Борович, А. В. Дуденкова, В. М. Леонов, Ю. М. Попов, О. Н. Таленский, П. В. Шапкин, В. К. Якушин, Квантовая электроника, 1, № 3, 653 (1974).
7. О. В. Богданкевич, С. А. Дарзбек, П. Г. Елисеев, Полупроводниковые лазеры, изд. "Наука", М., 1976 г., стр. 217.