

*Письма в ЖЭТФ, том 20, вып. 8, стр. 568 – 571 20 октября 1974 г.*

## СТИМУЛИРОВАННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ПЛЕНКАХ $\text{CdF}_2 - \text{TR}^{3+}$

*Д.И.Беднарчук, Н.Е.Новоселецкий, В.В.Филоенко*

В работе показано, что в электролюминесцентных пленках  $\text{CdF}_2 - \text{TR}^{3+}$  (Eu, Er, Dy) при напряженностях поля, превышающих "пороговое" значение, возникает стимулированное излучение, обусловленное созданием инверсной населенности путем ударного возбуждения.

Возможность создания инверсной населенности в твердых телах путем ударного возбуждения примеси была показана в [1] на основе электролюминесцентных (ЭЛ) пленок  $\text{ZnS} - \text{Mn}$ .

В настоящей работе приведены результаты исследований ЭЛ пленок  $\text{CdF}_2 - \text{TR}^{3+}$  (Eu, Er, Dy) с целью получения на их основе источников монохроматического, когерентного излучения.

Фторид кадмия, активированный  $\text{TR}^{3+}$ , представляет собой широкозонный полупроводник ( $E_g = 6 \text{ эВ}$ )  $n$ -типа. Спектр излучения при ЭЛ линейчатый. При активации  $\text{Eu}^{3+}$ , например, около 70% излучаемой энергии приходится на линию 590 нм. КПД ЭЛ ячейки в кристалле  $\text{CdF}_2 - \text{Eu}^{3+}$  приблизительно  $3 \cdot 10^{-3}$  [2]. Исследования на пленках  $\text{CdF}_2 - \text{TR}^{3+}$  показывают, что механизм возбуждения ЭЛ — ударное возбуждение примесных ионов. Размещение ЭЛ пленки между электродами, образующими резонатор Фабри — Перо, приводит к интерференционному распределению излучения с пленки (рис. 1), характерному для источников света, находящихся внутри резонатора [3]. Распределение поля излучения определяется толщиной резонатора.

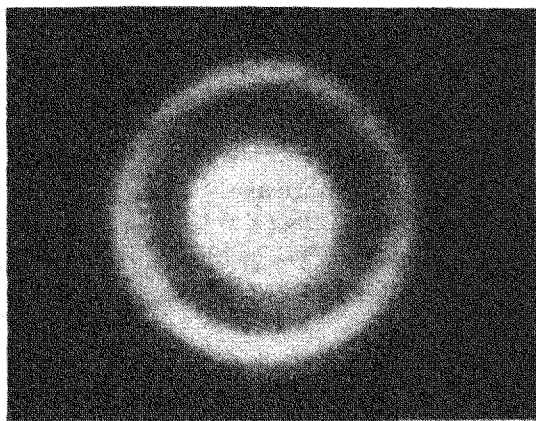


Рис. 1. Распределение поля излучения ЭЛ ячейки  $\text{CdF}_2 - \text{Eu}$  на расстоянии 2 см (площадь ячейки  $2,5 \text{ см}^2$ )

Наличие стимулированного излучения в пленках  $\text{CdF}_2 - \text{TR}^{3+}$  при превышении "порогового" значения напряженности электрического поля ( $E_{\text{пор}} \sim 1,6 \cdot 10^6 \text{ в/см}$ ) подтверждается рядом фактов.

Переход "порогового" значения напряженности приводит к резкому (на 2 — 3 порядка) росту интенсивности излучения. На частотной зависимости наблюдается повторный рост яркости, как и в [3]. С ростом напряженности поля в волнах яркости пленок  $\text{CdF}_2 - \text{Eu}$ ,  $\text{Er}$ ,  $\text{Dy}$  при  $E \approx E_{\text{пор}}$  наблюдаются осцилляции яркости, не обусловленные изменениями тока (рис. 2). При  $E > E_{\text{пор}}$  волны яркости отсутствуют (непрерывная генерация), хотя при  $E < E_{\text{пор}}$  они есть. Для  $\text{Eu}^{3+}$ , например, время затухания свечения чувствительно к искажениям кристаллического поля ( $\tau = 1,05 \cdot 10^{-2}$  и  $2,9 \cdot 10^{-4} \text{ сек}$  при фото- и электровозбуждении, соответственно [4]). Осцилляции яркости соответствуют пиковому режиму (эффект автомодуляции лазерного излучения) [5]. При  $E < E_{\text{пор}}$  в спектре ЭЛ  $\text{CdF}_2 - \text{Eu}^{3+}$  наблюдаются линии с длинами волн  $\lambda = 524; 547; 564,3; 590; 607,4; 626,5 \text{ нм}$ . При  $E > E_{\text{пор}}$  излучение монохроматично с  $\lambda = 590 \text{ нм}$  (переход  ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$ ). Излучение пространственно

когерентно. На рис. 3. представлена интерференционная картина от двух щелей, размещенных на выходном зеркале (ширина щелей 60 мкм, расстояние между ними 100 мкм).

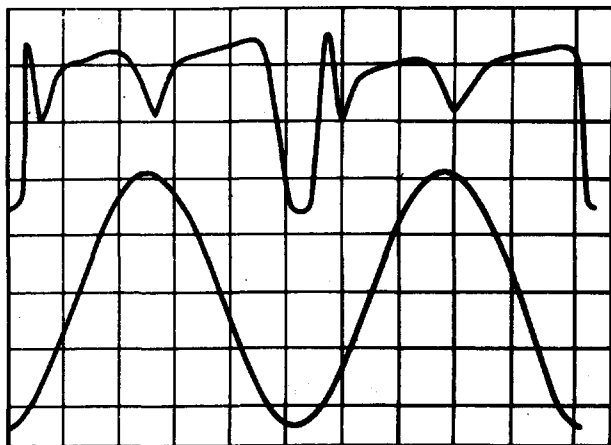


Рис. Осцилляции излучения в волнах яркости пленок  $\text{CdF}_2 - \text{Eu}$  снятых с экрана осциллографа ( $E = 1,5 \cdot 10^6$  в/см,  $f = 15$  кГц): верхняя кривая – осцилляции яркости; нижняя – возбуждающее напряжение

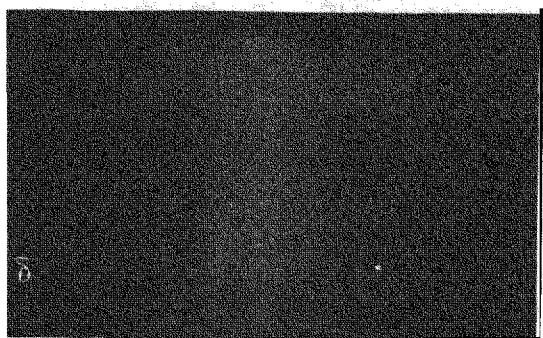
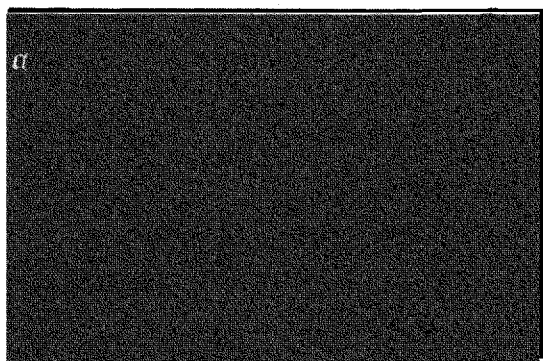


Рис. 3. Интерференционная картина от двух щелей для пленок  $\text{CdF}_2 - \text{Eu}$ : а – при  $E < E_{\text{пор}}$ ; б – при  $E > E_{\text{пор}}$

Совокупность наблюдаемых экспериментальных результатов свидетельствует о том, что в пленках  $\text{CdF}_2 - \text{TR}^{3+}$  при  $E > E_{\text{пор}}$  возникает инверсная населенность на возбужденных уровнях ионов  $\text{TR}^{3+}$ , приводящая к появлению стимулированного излучения.

Четких измерений сужения линии (полуширина линии излучения  $\text{Eu}^{3+}$  с  $\lambda = 590$  нм при  $T = 300\text{K}$  равна  $6\text{\AA}$ ) и направленности излучения (получение колебаний типа  $\text{TEM}_{00}$  затруднено из-за значительного уменьшения электрической прочности ячейки с изменением толщины при  $E > E_{\text{пор}}$ ) в настоящее время получить не удается.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность зав. отделом электролюминесценции пленок Институт полупроводников АН УССР Н.А.Власенко за указание направления исследований и постоянный интерес к работе.

Ровенский педагогический институт  
им. Д.З.Мануильского

Поступила в редакцию  
13 сентября 1974 г.

### Литература

- [1] Н.А.Власенко, Ж.А.Пухлий. Письма в ЖЭТФ, 14, 449, 1971.
- [2] J.D.Kingsley, J.S.Prener. Phys. Rev. Lett., 8, 315, 1962.
- [3] Н.А.Власенко, С.А.Зинько, Ж.А.Пухлий. Электролюминесценция твердых тел, Киев, изд. Наукова думка, 1971, стр. 168.
- [4] М.Ф.Дубовик, Ю.Б.Петренко, Б.С.Скоробогатов. Спектроскопия кристаллов, Л., изд. Наука, 1970, стр. 232.
- [5] А.Л.Микаэлян, М.Л.Тер-Микаэлян, Ю.Г.Турков. Оптические генераторы на твердом теле. М., изд. Советское радио, 1967, стр. 295; F.Bertein, Bases de l'électronique quantique, Paris, 1969 (пер. Основы квантовой электроники, М., изд. Мир, 1971, стр. 443).