

- [4] L a u e r E.J., B r i g g s R.J., H e s t e r R.E. et al. // Phys. Fluids. 1978. V. 21. N 8. P. 1344-1352.
- [5] B r i g g s R.J., H e s t e r R.E., L a u e r E.J., L e e E.P. // Phys. Fluids. 1976. V. 19. N 7. P. 1007-1011.
- [6] L e e E.P. // Phys. Fluids. 1976. V. 19. N 1. P. 60-69.
- [7] B a r l e t t a W.A., Y u S.S., L e e E.P. // Nucl. Fusigns. 1981. V. 21. N 8. P. 961-972.

Ленинградский государственный университет

Поступило в Редакцию
31 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 3

12 февраля 1991 г.

05.2; 06.3

© 1991

ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ МДПДМ СТРУКТУР С ФТОРСОДЕРЖАЩИМИ И ОКСИДНЫМИ ДИЭЛЕКТРИКАМИ

А.В. А н д р и я н о в, В.С. М и р о н о в,
В.Е. Р о д и о н о в, Ю.Г. С у х а р е в,
В.И. Ц а ц к о

Электролюминесцентные тонкопленочные МДПДМ структуры на основе широкозонных полупроводников являются перспективными для создания плоских экранов [1]. Качество этих структур особенно сильно зависит от состояния границ раздела полупроводник-диэлектрик, которые определяются как предварительной обработкой поверхности, так и химическим составом полупроводника и диэлектрика. Свойства структур $ITO-(Sc, Nd)F_3-ZnS:SmF_3-(Sc, Nd)F_3-Al$ не исследованы. В случае же использования оксидного диэлектрика в этих структурах возможна диффузия кислорода в поверхностный слой полупроводниковой структуры с образованием центров тушения люминесценции и появление нестабильности характеристик [2].

Тонкопленочные электролюминесцентные структуры (ТПЭЛС) на основе сульфида цинка, легированного фторидом самария, получались последовательным осаждением на стеклянную подложку диэлектрического, полупроводникового и второго диэлектрического слоев. Предварительно на подложке формировалась система проводящих электродов. Слои наносились термическим ис-

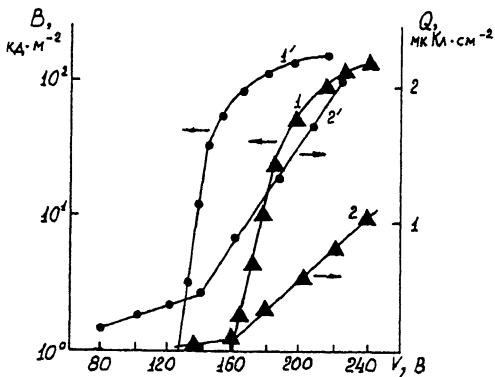


Рис. 1. Вольт-яркостные (кривые 1, 1') и вольт-зарядовые (кривые 2, 2') характеристики ТПЭЛС:

1, 2 - для структур с фторсодержащим диэлектриком; 1', 2' - для структур с оксидным диэлектриком.

парением в вакууме порядка $5 \cdot 10^{-4}$ Па при температуре подложки 120°C . Концентрация активатора (SmF_3) в полупроводниковой пленке составляла 0,3 вес. %. Диэлектрические слои представляли собой твердый раствор фторидов скандия и неодима с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 9,3$ и $E_{np} = 6,4 \text{ МВ} \cdot \text{см}^{-1}$. Вторым контактом служили осажденные сверху алюминиевые электроды.

Структуры возбуждались синусоидальным напряжением частотой 5 кГц. Яркость свечения измерялась прибором ФПЧ-УХЛ4. Величина перенесенного через активный слой ZnS заряда оценивалась по методике, используемой в [3].

На рис. 1 представлены вольт-яркостная (кривая 1) и вольт-зарядовая (кривая 2) характеристики ТПЭЛС красного цвета свечения с фторсодержащим диэлектриком и с оксидным диэлектриком на основе HfO_2 (кривые 1', 2'). Оба типа структур содержали равное количество активатора в слое ZnS . Из результатов измерений заряда, перенесенного через структуру, емкости активного слоя и емкости диэлектрических слоев рассчитывалась величина заряда, перенесенного через активный слой. Из значений яркости и перенесенного через активный слой заряда определялась световая эффективность структуры по формуле

$$\eta = \frac{\pi \cdot B}{2 \cdot f \cdot U_{пор} \cdot Q} \cdot 10^2, \quad (1)$$

где B - яркость, $\text{кд} \cdot \text{м}^{-2}$; $U_{пор}$ - пороговое напряжение, В; f - частота напряжения возбуждения, Гц; Q - удельный заряд, перенесенный через активный слой, $\text{мкКл} \cdot \text{см}^{-2}$.

Сравнение этих величин показало, что эффективность структур с фторсодержащими диэлектриками в 1,5-2 раза выше эффектив-

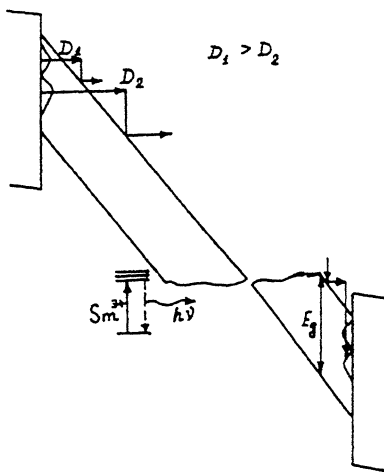


Рис. 2. Зонная диаграмма ТПЭЛС в сильном электрическом поле.

ности структур с оксидными диэлектриками за счет меньшей величины удельного заряда, переносимого через активный слой, несмотря на то, что пороговое напряжение первых структур было выше.

Энергетическая диаграмма структуры представлена на рис. 2. Под действием сильного электрического поля зоны в полупроводнике изгибаются и для носителей заряда, находящихся на поверхностных состояниях правой границы раздела полупроводник-диэлектрик, формируется потенциальный барьер. Существует конечная вероятность квантово-механического туннелирования носителей заряда с этих состояний в зону проводимости полупроводника. Прозрачность этого барьера в приближении Вентцеля-Крамерса-Бриллюэна определяется следующим выражением:

$$D \approx \exp\left(-\frac{8\pi}{3} \cdot \frac{\sqrt{2m^*}}{q \cdot h} \cdot \frac{\epsilon_s^{3/2}}{E}\right), \quad (2)$$

где m^* — эффективная масса носителей заряда, q — заряд, ϵ_s — глубина поверхностного уровня относительно дна зоны проводимости, E — напряженность электрического поля.

Туннелируя в зону проводимости, носители заряда ускоряются до оптических энергий; сталкиваясь с люминесцентными центрами, передают им свою энергию, люминесцентные центры возбуждаются, а затем релаксируют в основное состояние, испуская квант света. Исходя из этой модели электролюминесценции и с учетом того, что яркость структуры определяется числом носителей заряда, способных возбудить активные центры, концентрацией и сечением ударного возбуждения последних, очевидна важность процессов

генерации носителей заряда. Из выражения (2) видно, что прозрачность барьера тем выше, чем меньше глубина поверхностного уровня и чем больше напряженность электрического поля. Предположим, что к структуре прикладывается синусоидальное напряжение возбуждения, тогда с ростом мгновенного значения напряжения происходит опустошение сначала мелких, затем более глубоких уровней на границе раздела диэлектрик-полупроводник. Напряжение продолжает расти, но носители заряда с мелких уровней успевают пролететь через структуру еще до достижения им максимального значения. Это приводит к тому, что носители заряда с мелких уровней не успевают получить от электрического поля энергию, достаточную для возбуждения люминесцентных центров. Носители с глубоких уровней границы раздела туннелируют с меньшей вероятностью, поэтому опустошение глубоких уровней происходит при больших напряженностях электрического поля, что способствует, в конечном итоге, приобретению носителями заряда более высокой энергии, которая в результате столкновений передается люминесцентным центрам. Если в распределении поверхностных уровней по запрещенной зоне преобладают мелкие уровни, вклад носителей заряда с этих уровней в возбуждение люминесцентных центров будет меньше. Концентрация носителей заряда при этом не играет определяющую роль. Для повышения эффективности электролюминесценции при данной концентрации активатора важнее наличие большого числа горячих электронов. Это может быть обеспечено за счет более глубоких уровней на границе раздела диэлектрик-полупроводник. По-видимому, такая ситуация и реализуется в структурах с фторсодержащими диэлектриками.

Таким образом, применение фторсодержащих диэлектриков позволяет получить границу раздела диэлектрик- ZnS с более глубокими уровнями по сравнению с границей раздела оксидный диэлектрик- ZnS , что способствует увеличению эффективности электролюминесценции.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] King C. // 5-th International Workshop on Electroluminescence. Helsinki, 1990. P. 13-14.
- [2] Yoshida M., Mikami A., Ogura T., Tanaka K. // SID Int. Symp. Dig. of Tech. Papers. 1986. P. 41-43.
- [3] Ono Y.A., Kawakami H., Fuyama M. and Onisawa K. // Jap. J. Appl. Phys. 1987. V. 26. N 9. P. 1482-1492.

Поступило в Редакцию
2 октября 1990 г.