

06.3;07;12

## **Пленочные электролюминесцентные излучатели на шероховатых подложках**

© Н.Т. Гурин, О.Ю. Сабитов, И.Ю. Бригаднов

Филиал Московского государственного университета, Ульяновск

Поступило в Редакцию 5 мая 1996 г.

В окончательной редакции 3 марта 1997 г.

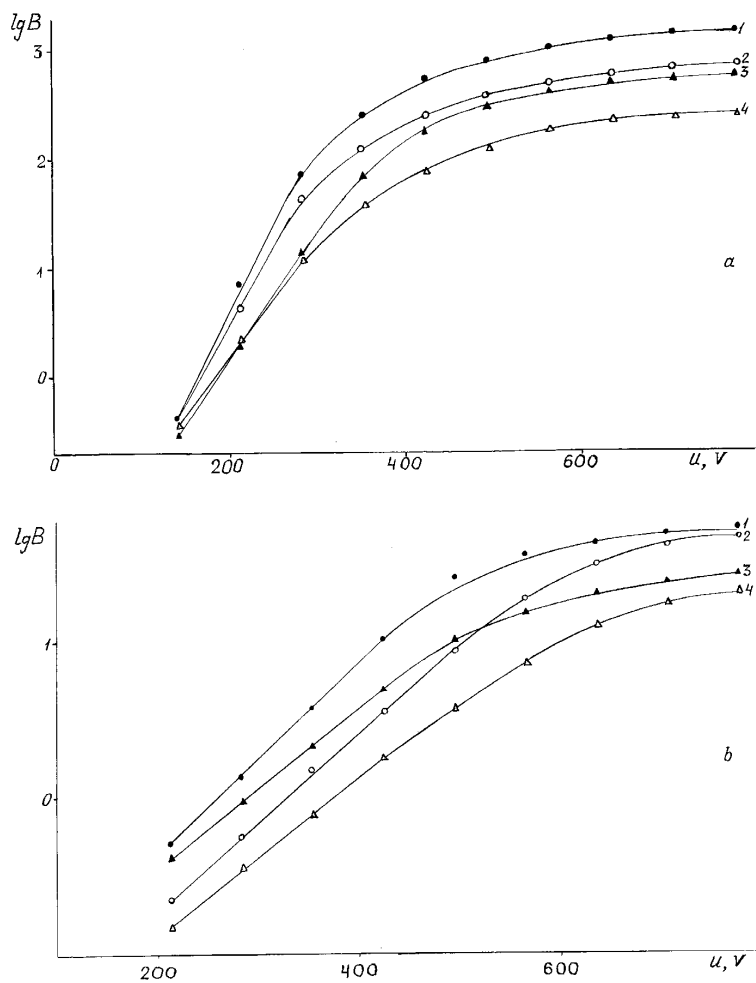
Наблюдалось увеличение в 2 раза яркости свечения пленочных электролюминесцентных излучателей переменного тока, полученных на шероховатых стеклянных подложках в сочетании с использованием слоя композиционного жидкого диэлектрика, по сравнению с обычными вариантами таких излучателей на "гладких" стеклянных подложках.

Актуальной задачей при создании пленочных электролюминесцентных излучателей и индикаторов на их основе, использующих эффект предпробойной люминесценции, является повышение их яркости, особенно синего и красного цветов свечения [1]. Для повышения яркости свечения электролюминесцентных излучателей за счет увеличения выхода излучения из структуры были предложены конструкции с шероховатой поверхностью подложки, на которую нанесены слои электролюминесцентного излучателя [2], и с микронеровностями на поверхности прозрачного электрода структуры [3]. В подобных структурах на увеличение выхода излучения помимо чисто оптических эффектов может влиять, по-видимому, также и неоднородное распределение электрического поля в электролюминесцентном слое. Как показывают исследования, неоднородное распределение электрического поля в слое люминофора существует также в тонкопленочных электролюминесцентных излучателях с композиционным жидким диэлектриком с концентрацией этого поля в локальных участках касания зерен наполнителя диэлектрика и слоя люминофора [4,5]. Это приводит к уменьшению необходимого среднего значения пороговой напряженности электрического поля в слое люминофора, при котором начинается свечение, по сравнению с обычными тонкопленочными электролюминесцентными структурами. При совмещении тонкопленочной структуры электролюминесцентного излучателя на шероховатой подложке со слоем композиционного жид-

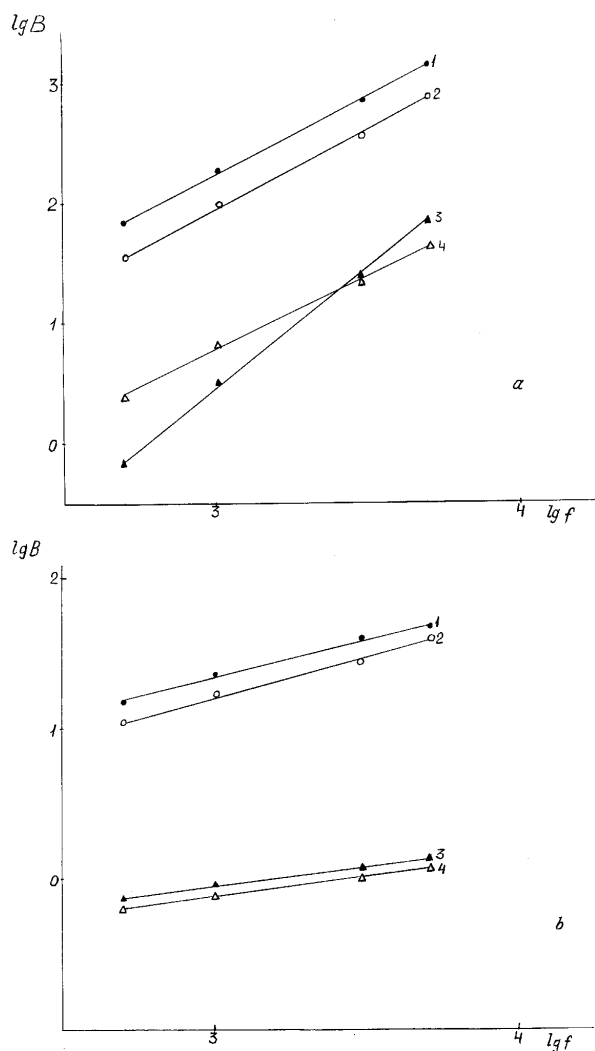
кого диэлектрика следует ожидать повышения степени неоднородности электрического поля в слое люминофора, что может вызвать дополнительное увеличение выхода излучения. Для проверки данного предположения были выполнены исследования электролюминесцентных структур "металл–полупроводник–композиционный жидкий диэлектрик–металл" (МПКМ), нанесенных на обычную "гладкую" и шероховатую стеклянные подложки, где М — первый прозрачный электрод на основе  $\text{SnO}_2$  толщиной  $0.2\text{--}0.3\ \mu\text{m}$  и второй прижимной металлический электрод с микрометрической регулировкой хода с погрешностью  $\pm 5\ \mu\text{m}$ ; П-ЭЛ слой  $\text{ZnS:Mn}$  (0.5% мас.) толщиной  $1.2\text{--}1.5\ \mu\text{m}$ ; К — слой композиционного жидкого диэлектрика, состоящего из смеси кремнийорганической жидкости ПФМС-4 с порошкообразным наполнителем-титанатом бария  $\text{BaTiO}_3$  с размером зерен  $1.5\text{--}3.0\ \mu\text{m}$  и концентрацией наполнителя в диэлектрике примерно 40% объема. Прозрачный электрод из  $\text{SnO}_2$  получали методом гидролиза хлорного олова. Слой люминофора наносился вакуумтермическим испарением в квазизамкнутом объеме, композиционный жидкий диэлектрик наносили в виде пасты. Шероховатые подложки получали химическим травлением "гладкой" подложки в плавиковой кислоте. По результатам измерений с помощью микроскопа МИИ-4 шероховатые подложки имели равномерно распределенные по поверхности микронеровности с высотой и линейными размерами порядка  $1\ \mu\text{m}$ . Поверхностное сопротивление прозрачного электрода на "гладких" подложках составляло  $100\ \Omega/\square$ , на шероховатых —  $100\ \Omega/\square$ .

Вольт-яркостные характеристики (ВЯХ) МПКМ структуры на шероховатой и "гладкой" подложках были получены при возбуждении исследуемых структур синусоидальным напряжением частотой 1 и 5 kHz. В качестве источника синусоидального напряжения использовался генератор ГЗ-56/1 с повышающим трансформатором. Яркость исследуемых структур измерялась с помощью яркомера-люксметра ЯРМ-3.

Сравнение ВЯХ электролюминесцентных структур (рис. 1, а) свидетельствует о том, что при близких значениях порогового напряжения (при яркости  $B = 1\ \text{cd/m}^2$ ) максимальная яркость свечения электролюминесцентной структуры на шероховатой подложке в области насыщения ВЯХ в два раза больше соответствующего значения яркости структуры на "гладкой" подложке на частоте 5 kHz—1445 и  $720\ \text{cd/m}^2$  и более чем в два раза на частоте 1 kHz—560 и  $246\ \text{cd/m}^2$ . ВЯХ электролюминесцентной структуры на шероховатой подложке имеет также более высокую крутизну по сравнению со структурой на "гладкой" подложке.



**Рис. 1.** Вольт-яркостные характеристики электролюминесцентных излучателей при: *a* —  $d_k = 40 \mu m$ , *b* —  $d_k = 100 \mu m$ ; 1, 3 — на шероховатой подложке, 2, 4 — на гладкой подложке; 1, 2 —  $f = 5 \text{ kHz}$ , 3, 4 —  $f = 1 \text{ kHz}$ .



**Рис. 2.** Зависимость яркости электролюминесцентных структур от частоты:  $a - d_k = 40 \mu\text{m}$ ,  $b - d_k = 100 \mu\text{m}$ ; 1, 3 — на шероховатой подложке, 2, 4 — на гладкой подложке; 1, 2 — на участке насыщения ВЯХ, 3, 4 — на участке роста ВЯХ.

С увеличением толщины слоя композиционного жидкого диэлектрика (рис. 1, *b*) различие пороговых напряжений структур на шероховатой и "гладкой" подложках становится более существенным и составляет порядка 60–70 В на частоте 5 кГц и 90–100 В на частоте 1 кГц. Как ВЯХ структуры на "гладкой" подложке, так и ВЯХ структуры на шероховатой подложке не имеют ярко выраженного перехода участка резкого роста ВЯХ в область насыщения, характерного для тонкопленочных МДПДМ электролюминесцентных структур.

Зависимости яркости  $B$  от частоты  $f$  (рис. 2, *a, b*) для структур с толщиной слоя композиционного жидкого диэлектрика  $d_k = 40 \mu\text{m}$  свидетельствуют о том, что на участке резкого роста ВЯХ для структуры на шероховатой подложке характерна линейная зависимость  $B(f)$  (показатель степени  $\alpha_f = 1$ ), а для структуры на "гладкой" подложке эта зависимость носит сублинейный характер с  $\alpha_f \approx 0.6$ . На участке насыщения ВЯХ наклон прямых в координатах  $\lg B - \lg f$  для обеих структур практически одинаков с показателем степени  $\alpha_f \approx 2/3$ , что согласуется с результатами исследований электролюминесцентных структур с композиционным жидким диэлектриком [5]. Как видно из рис. 2, *b*, с увеличением толщины слоя композиционного жидкого диэлектрика до  $d_k = 100 \mu\text{m}$  для структур на шероховатой и "гладкой" подложках практически одинаков и составляет  $\sim 0.25$  для участка резкого роста ВЯХ и  $\sim 0.55$  для участка насыщения ВЯХ соответственно.

Увеличение максимальной яркости электролюминесцентной структуры на шероховатой подложке по сравнению с "гладкой" может быть объяснено локальным повышением значения напряженности электрического поля в слое люминофора, а также наличием микролинзового расстра на подложке и микрорельефа, уменьшающего волноводный эффект, что позволяет увеличить выход излучения из структуры.

Следует отметить, что свечение электролюминесцентной структуры на шероховатой подложке имеет более ярко выраженную зернистость по сравнению со свечением структуры на "гладкой" подложке [5], что может быть объяснено микролинзовым эффектом.

Таким образом, использование шероховатых подложек в сочетании со слоем композиционного жидкого диэлектрика в электролюминесцентных излучателях позволяет существенно повысить выход излучения из структуры и яркость свечения излучателя, что может быть использовано при создании электролюминесцентных индикаторов на основе люминофоров, яркость свечения которых в обычной МДПДМ структуре недостаточна.

**Список литературы**

- [1] *Власенко Н.А.* Электролюминесцентные устройства отображения информации. Киев: Об-во "Знание" Украины, 1991. 24 с.
- [2] Пат. 4774435 (США). Оpubл. в 1988 г.
- [3] Пат. 4728581 (США). Оpubл. в 1988 г.
- [4] *Бригаднов И.Ю., Гурин Н.Т.* // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 23. С. 71–74.
- [5] *Бригаднов И.Ю., Гурин Н.Т., Рябинов Е.Б.* // ЖПС. 1993. Т. 59. В. 1–2. С. 175–181.