

ВЫСОКОЯРКИЙ ПЛЕНОЧНЫЙ ЛЮМИНОФОР КРАСНОГО ЦВЕТА СВЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ГАДОЛИНИЯ

В.В. Литвиненко, В.Е. Родионов¹, И.Н. Шмидко¹

*Институт электрофизики и радиационных технологий НАН Украины (Харьков)
Украина*

*Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина
Украина*

¹*Институт физики полупроводников имени В.Е. Лашкарёва НАН Украины (Киев)*

Поступила в редакцию 12.03.2012

В статье рассмотрены возможности использования оксида гадолиния, легированного европием, в качестве высокояркого стабильного катодо- и электролюминофора. Описана технология изготовления пленок $Gd_2O_3:Eu$ и структура электролюминесцентного индикатора на их основе. Приведены спектр излучения, зависимости эффективности и яркости катодолуминофоров от напряжения и термообработки пленки при различных температурах.

Ключевые слова: оксид гадолиния, спектр излучения, электролюминесценция.

В статті розглянуті можливості використання оксиду гадолінію, легованого європием, як високояскравий і стабільний катодо- та електролюмінофор. Описано технологію виготовлення плівок $Gd_2O_3:Eu$ та структуру електролюмінесцентного індикатора на їх основі. Наводяться спектр випромінювання та залежності ефективності і яскравості катодолумінофорів від напруги що прискорює та їх залежність від термообробки плівки при різній температурі.

Ключові слова: оксид гадолінію, спектр випромінювання, електролюмінісценція.

The paper considers the possibility of using gadolinium oxide doped with europium as the cathode by highly stable and electroluminophore. Described technology making films $Gd_2O_3:Eu$ electroluminescent display and structure based on them. Shows the emission spectrum and depending of the efficiency of cathodoluminifores brightness from the heat treatment of films by different temperatures.

Keywords: emission spectrum, gadolinium oxid, electroluminophore.

ВВЕДЕНИЕ

Оксидные пленочные люминофоры, отличающиеся высокой стабильностью, давно привлекли к себе внимание исследователей и разработчиков и рассматриваются как альтернатива сульфидным, менее стабильным, люминофорам [1 – 5].

Некоторые из оксидных люминофоров уже прошли этап исследования и уже серийно выпускаются, правда, пока в виде порошковых катодолуминофоров [6]. К таким относятся Y_2O_3 легированный Eu.

С другой стороны представляло интерес исследовать редко рассматриваемый оксидный материал Gd_2O_3 и провести его легирование, ионами Eu, дающими достаточно эффективную электролюминесценцию в матрице Y_2O_3 , совмещение этих матриц и их легирование также могло дать определенные результаты.

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ

В качестве метода получения структуры пленок, нами было выбрано традиционное электронно-лучевое испарение, а в качестве электролюминесцентной структуры – структура с использованием керамики с высокими значениями диэлектрической проницаемости ϵ [7].

Для осаждения электролюминесцентных пленок использовались электроннолучевые вакуумные установки ВУ-2М. Исходный материал готовился в виде таблеток, прессовался и затем отжигался на воздухе при температуре ~ 800 °С.

В качестве подложки использовалась керамика, имеющая растр встроенных электродов, а в качестве диэлектрического токоограничивающего слоя – слой 40 мкм толщиной из керамики ВС-2 с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 24000$.

Толщина слоя люминофора выбиралась от 0,8 до 1,0 мкм. Рентгеноструктурный анализ осуществлялся рентгеновским дифрактором типа ДРОН, качество и структура поверхности определялось с помощью атомно-силового микроскопа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Измерение катодолуминесценции осуществлялось в катодолучевой трубке с изменением ускоряющего напряжения от 0,2 до 2,0 кВ. Измерения спектров излучения осуществлялось на установках СДЛ-2 и КСВУ-23. Электролюминесценция возбуждалась синусоидальным напряжением 2 кГц. Интенсивность катодо- и электролюминесценции измерялась фотометром ФПИ-ПЧ. Термообработка полученных люминесцентных пленок осуществлялась на воздухе при температурах до 1200 °С по технологии, описанной в [8 – 9].

Электролюминесцентная структура для измерения пленок $Gd_2O_3:EuF_3$ представлены на рис. 1.

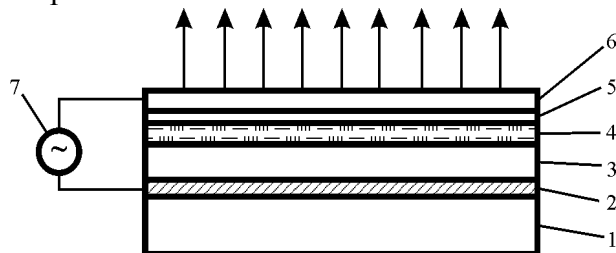


Рис. 1. Структура тонкопленочного, электролюминесцентного индикатора. 1 – керамическая подложка; 2 – встроенный металлический электрод; 3 – слой керамики BC-2 с $\epsilon = 24000$, толщиной 40 мкм; 4 – электролюминесцентный слой $Cd_2O_3:EuF_3$, толщиной 0,8 мкм; 5 – слой диэлектрика, толщиной 0,15 мкм; 6 – прозрачный проводящий электрод ИТО, толщиной 0,3 мкм; 7 – источник синусоидального напряжения, частотой 2 кГц.

На рис. 2 и рис. 3 представлены зависимости интенсивности и эффективности катодолуминесценции при различных температурах отжига.

Исходные, полученные после напыления пленки Gd_2O_3 имели достаточно гладкую поверхность и состояли из чрезвычайно мелких зерен. Данные пленки характеризовались малыми интенсивностями и эффективностью катодолуминесценции (интенсивность на уровне единиц $кд/м^2$). После термообработки

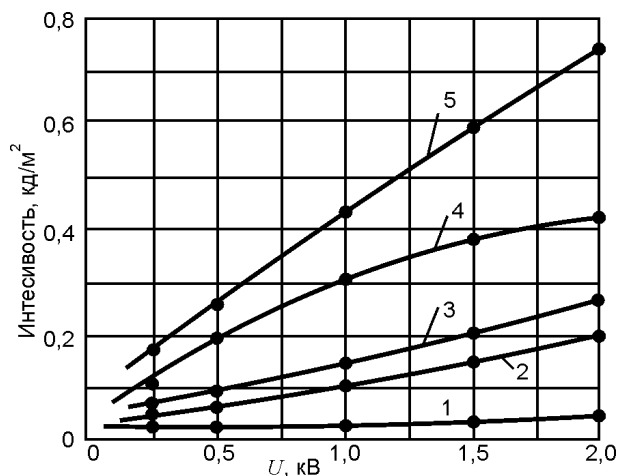


Рис. 2. Зависимость эффективности катодолуминесценции пленок $Gd_2O_3:EuF_3$ (3% вес.) от ускоряющего напряжения (0,2 – 2,0 кВ) и температуры отжига пленки (толщина 1 мкм): 1 – исходная пленка, 2 – 700 °С, 3 – 900 °С, 4 – $Y_2O_3:EuF_3$ (2,5% вес.), отожженная при 900 °С; 5 – 1200 °С.

при 600 °С, 700 °С, 800 °С, а затем 900 °С интенсивность КЛ и ее эффективность возросли, однако не так значительно, как пленках Y_2O_3 . Величина пленок Gd_2O_3 с ростом температуры отжига увеличивалась незначительно в 1,5 ÷ 2 раза, и только при отжиге 1200 °С размер зерен стал значительным и структура стала определяема как кубическая (до этого структура определялась как моноклинная). Яркость катодолуминесценции пленок $Gd_2O_3:Eu$, отожженных при 1200 °С составила около 2000 $кд/м^2$, то есть больше чем яркость пленок $Y_2O_3:Eu$, отожженных при 900 °С.

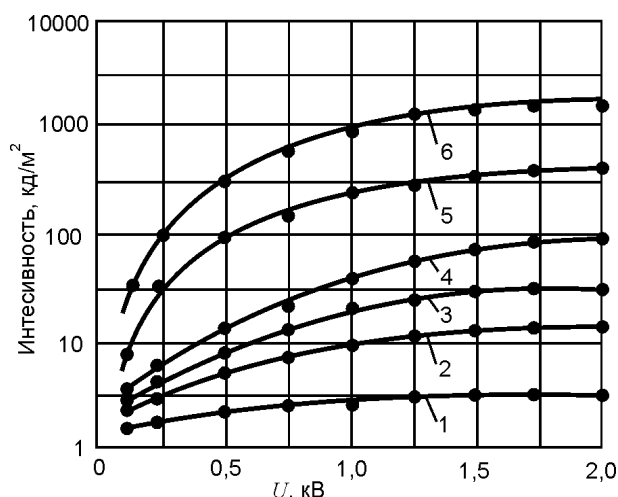


Рис. 3. Зависимость интенсивности катодолуминесценции пленок $Gd_2O_3:EuF_3$ (3% вес.) от ускоряющего напряжения (0,2 – 2,0 кВ) и температуры отжига пленки (толщина 1 мкм): 1 – исходная пленка, 2 – 700 °С, 3 – 800 °С, 4 – 900 °С, 5 – $Y_2O_3:EuF_3$ (2,5% вес.), отожженная при 900 °С, 6 – пленка $Gd_2O_3:EuF_3$, отожженная при 1200 °С.

Увеличение зерен люминофора Gd_2O_3 при температуре $1200\text{ }^\circ\text{C}$, значительно большей, чем в случае Y_2O_3 , моноклинная структура достаточно стабильна в интервале температур от получения $350\text{ }^\circ\text{C}$ до термообработки при $900\text{ }^\circ\text{C}$, затем при $1200\text{ }^\circ\text{C}$ переходя в кубическую (рис. 4).

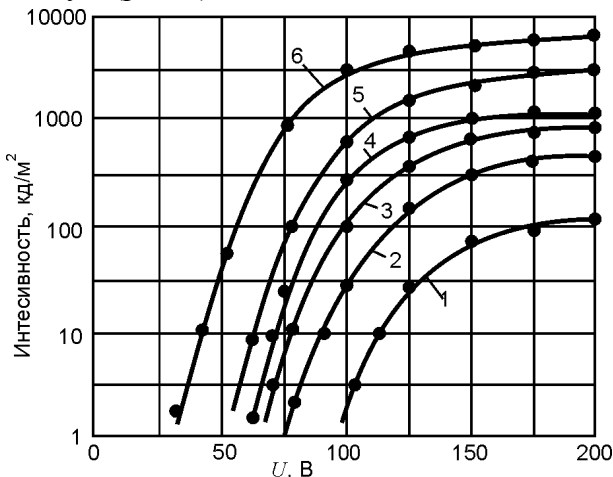


Рис. 4. Вольтяркостная зависимость электролюминесценции структур с пленками $Gd_2O_3:EuF_3$ (3%вес.) при возбуждении синусоидальным напряжением 2 кГц от температуры отжига. 1 – структура с неотожженной пленкой; 2 – отжиг $600\text{ }^\circ\text{C}$; 3 – отжиг $1200\text{ }^\circ\text{C}$; 4 – отжиг $900\text{ }^\circ\text{C}$; 5 – отжиг при $900\text{ }^\circ\text{C}$ пленки $Gd_2O_3:EuF_3, SmF_3$; 6 – структура с отожженной при $900\text{ }^\circ\text{C}$ пленкой $Y_2O_3:EuF_3$.

Малая интенсивность и эффективность КЛ при низких температурах отжига обуславливается, вероятно, наличием большого количества поверхностных дефектов, уровней безизлучательной рекомбинации и границ раздела зерен.

Спектр излучения пленок $Gd_2O_3:EuF_3$ (рис. 5) представляет собой практически пов-

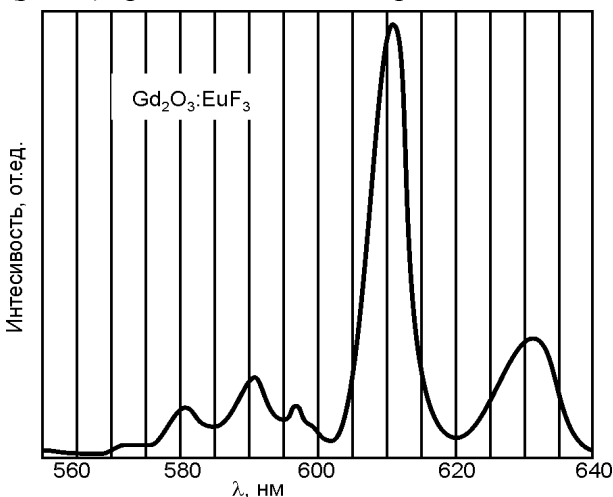


Рис. 5. Спектр излучения электролюминесценции структур с пленкой $Gd_2O_3:EuF_3$, при температуре $900\text{ }^\circ\text{C}$.

торение спектра пленок $Y_2O_3:EuF_3$ с теми же основными полосами излучения 610 nm и 630 nm , связанные с переходами между энергетическими уровнями ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ в ионе Eu , основной цвет свечения – красный.

ВЫВОДЫ

Несмотря на полученную высокую интенсивность катодолуминесценции ($\sim 2000\text{ kcd/m}^2$) красного цвета свечения, использование пленок $Gd_2O_3:EuF_3$ в качестве катодолуминофора представляется затруднительным, так как подобрать подложку, выдерживающую температуру около $1200\text{ }^\circ\text{C}$ весьма сложно. В тоже время, интенсивность электролюминесценции пленок $Gd_2O_3:EuF_3, SmF_3$ (рис. 3) $\sim 3000\text{ kcd/m}^2$ при отжиге $900\text{ }^\circ\text{C}$ ниже, чем у пленок $Y_2O_3:EuF_3$, полученных при той же температуре отжига и без дополнительного легирования [10]. Повышение температуры отжига до $1200\text{ }^\circ\text{C}$ отрицательно сказывается на интенсивности электролюминесценции из-за ухудшения характеристики керамики, входящей в структуру электролюминесцентной ячейки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Родионов В.Е. Сер. Электролюминесцентные индикаторы. Люминесценция широкозонных материалов. – К.:, 2010. – 166 с.
2. Родионов В.Е., Бачериков Ю.Ю., Бойко В.Г. и др. Люминесценция тонких пленок $Y_2O_{3-x}S_x:Tb^{3+}$ /УФК. – 1995. – Т. 40, № 10. – С. 1065-1067.
3. Петров В.В., Зименко В.Н., Кравец В.Г., Родионов В.Е. Возможность использования оксидов, активированных ионами в качестве слоев ЭЛИ//ЖТФ. – 1994. – Т. 64, Вып. 10. – С. 112-117.
4. Yoshio Abe, Kenichi Onisawa, Yishumasa A. Ono, Masanoba Hanazono. Electroluminescence in $CaO:Eu$ thin film//Jap. J. Appl. Phys. – 1990. – Vol. 29, No. 2. – P. 305-307.
5. Didenko P.I., Efremov A.A., Khomchenko V.S. et. al. Comparative study of SiO_x and $SiO:TbF_3$ films//Phys. Stat Sol (a). – 1987. – Vol. 100. – P. 501.
6. Авербух В.М., Глота А.Ф. Основные этапы развития люминесцентных материалов для цветного телевидения//Вестник Ставропольского государственного университета. – 2004. – Т. 37.

7. Родионов В.Е. Электрорлюминесцентные индикаторы с керамическим диэлектриком. – К., 2010. – 228 с.
8. Rodionov V.E., Berezhytsky A.I., Khomchenko V.S.//Blue emitting of the 9th Int. Symp. On the Physics of Semiconductor Science Technology. – 2003. – Vol.18. – P. 512-515.
9. Rodionov V.E., Khomchenko V.S. Electroluminescent ZnS-Cu films made by metal-organic chemical vapor deposition and Thermofusion Semiconductor Science Technology. – 2003. – Vol.18. – P. 512-515.
10. Родионов В.Е. Электрорлюминесцентные индикаторы. Электрорлюминесцентные пленки и структуры. – К., 2010. – 416 с.
4. Yoshio Abe, Kenichi Onisawa, Yishumasa A. Ono, Masanoba Hanazono. Electroluminescence in CaO:Eu thin film//Jap. J. Appl. Phys. – 1990. – Vol. 29, No. 2. – P. 305-307.
5. Didenko P.I., Efremov A.A., Khomchenko V.S. et. al. Comparative study of SiO_x and SiO:TbF₃ films//Phys. Stat Sol (a). – 1987. – Vol. 100. – P. 501.
6. Averbuh V.M., Glota A.F. Osnovnye etapy razvitiya lyuminescentnykh materialov dlya cvetnogo televideniya//Vestnik Stavropolskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2004. – T. 37.
7. Rodionov V.E. Elektroluminescentnye indikatorы s keramicheskim dielektrikom. – К., 2010. – 228 с.
8. Rodionov V.E., Berezhytsky A.I., Khomchenko V.S.//Blue emitting of the 9th Int. Symp. On the Physics of Semiconductor Science Technology. – 2003. – Vol. 18. – P. 512-515.
9. Rodionov V.E., Khomchenko V.S. Electroluminescent ZnS-Cu films made by metal-organic chemical vapor deposition and Thermofusion Semiconductor Science Technology. – 2003. – Vol.18. – P. 512-515.
10. Rodionov V.E. Elektroluminescentnye indikatorы. Elektroluminescentnye plenki i struktury. – К., 2010. – 416 с.

LITERATURA

1. Rodionov V.E. Ser. Elektroluminescentnye indikatorы. Lyuminescenciya shirokozonnnykh materialov. – К., 2010. – 166 с.
2. Rodionov V.E., Bacherikov Yu. Yu., Bojko V.G. i dr. Lyuminescenciya tonkih plenok Y₂O_{3-x}S_x: Tb⁺³ //UFG. –1995. – T. 40, №10. – S. 1065-1067.
3. Petrov V.V., Zimenko V.N., Kravec V.G., Rodionov V.E. Vozmozhnost ispolzovaniya oksidov, aktivirovannykh ionami v kachestve sloev ELI//ZhTF. – 1994. – T. 64, Vyp.10. – S. 112-117.