

УДК 535.376.2

І.Д. Рубіш, К.О. Попович, О.О. Балог

Ужгородський національний університет, 88000, Ужгород, вул. Волошина, 54

e-mail: [kafte@univ.uzhorod.ua](mailto:kafte@univ.uzhorod.ua)

## ВПЛИВ ЗМІННОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НА ПАРАМЕТРИ ВИПРОМІНЮВАННЯ ЛЮМІНОФОРА НА ОСНОВІ ЛЕГОВАНОГО ZnS:Cu

Досліджено вплив напруги, частоти та форми імпульсу електричного поля на коефіцієнт ефективності і яскравість свічення електролюмінофорів на основі ZnS:Cu. Показано, що найбільш ефективним є вплив електричного поля змінної синусоїдальної напруги в межах частот 400–800 Гц.

**Ключові слова:** люмінофор, яскравість свічення, коефіцієнт ефективності, електричне поле, сульфід цинку.

### Вступ

В роботах [1-3] приведено результати розрахунків конструкції та топології електролюмінесцентних випромінювачів (ЕЛВ) на основі легovanого ZnS:Cu і показано, що електровипромінювання їх належить до зеленої смуги. Було встановлено, що такі параметри ЕЛВ, як яскравість свічення та коефіцієнт ефективності електролюмінофору в значній мірі залежать від форми імпульсів електричного поля та частоти коливань. Їх дослідження дає можливість встановити оптимальні режими експлуатації даних ЕЛВ, які знаходять широке використання в різних люмінаційних пристроях.

### 1. Техніка і методика експерименту

Експериментальні дослідження проводились на спеціальній установці з використанням світлосильного спектрометра СДЛ-1, що призначений для реєстрації спектрів люмінесценції різних об'єктів в діапазоні довжини хвиль 0,2-6,0 мкм. Блок-схема установки показана на рис. 1.

Запис спектрів випромінювання ЕЛВ може здійснюватись на двоканальному цифровому осцилографі або через комп'ютер на принтері.

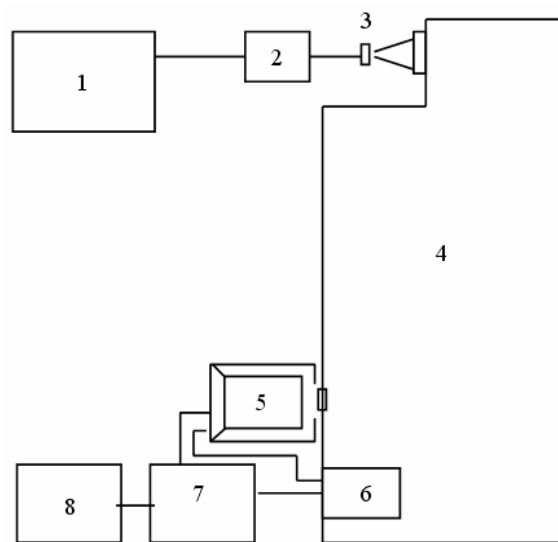


Рис. 1. Блок-схема експериментальної установки: 1 – генератор звукової частоти ГЗ-33; 2 – трансформатор; 3 – електролюмінесцентна комірка; 4 – спектрометр СДЛ-1; 5 – фотопомножувач ЕМІ-1; 6 – вузькосмуговий підсилювач; 7 – двоканальний цифровий запам'ятовуючий осцилограф АСК-3106; 8 – комп'ютер.

### 2. Результати досліджень та обговорення

Важливим параметром ЕЛВ є коефіцієнт ефективності ( $\eta$ ), значення якого залежить, як від параметрів його конструкції, так і параметрів електричного поля збудження.

Коефіцієнт ефективності визначається за виразом:

$$\eta = B \cdot 2\pi S (2n^2) V_{ef} \times I_{ef} \times \cos \varphi,$$

де  $B$  – яскравість свічення;  $S$  – площа поверхні ЕЛВ;  $n$  – показник заломлення матеріалу;  $V_{ef}$ ,  $I_{ef}$ , відповідно, ефективні значення напруги та струму;  $\cos \varphi$  – кут зсуву фаз між напругою та силою струму.

На основі проведених експериментальних досліджень нами встановлена залежність  $\eta$  від частоти коливання змінного електричного поля при різних формах імпульсів. Вона представлена на рис. 2:

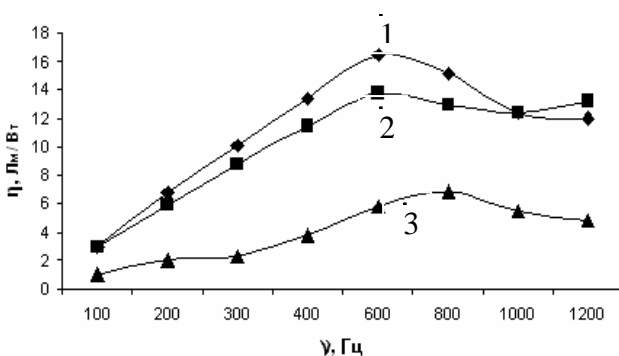


Рис. 2. Залежність коефіцієнта ефективності електролюмінофору ЕЛВ від частоти коливань при різних формах сигналу ( $V_{ef} = 80V$ ): 1 – синусоїдальні коливання; 2 – трикутні імпульси; 3 – прямокутні імпульси.

Як видно з рис. 2, для різних форм коливання змінного електричного поля: синусоїдальні (1), трикутні (2), прямокутні імпульси (3), коефіцієнт ефективності ЕЛВ досягає максимуму в інтервалі частоти 600-800 Гц. По мірі збільшення частоти для всіх форм імпульсів коефіцієнт ефективності зменшується. Найбільші значення досягаються при синусоїдальних формах коливань електричного поля. Тому подальші експериментальні дослідження проводилися з використанням синусоїдальної електричної напруги. Нами виконані дослідження по впливу ефективної синусоїдальної напруги частотою 400 Гц на яскравість свічення ЕЛВ. Результати цих досліджень представлені на рис. 3:

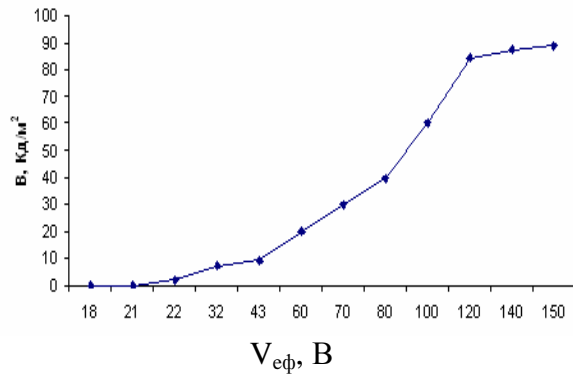


Рис. 3. Залежність яскравості свічення ( $B$ ) поверхні електролюмінофору ЕЛВ від ефективної синусоїдальної напруги ( $V_{ef}$ ) на частоті 400 Гц.

Як видно з рис. 3 дана залежність є експоненціальною з тенденцією до насичення при напругах більших за 140 В. Аналіз даної залежності показав, що більш коректно вона може бути описана таким виразом:

$$B = B_0 \exp \left( - \frac{V_0}{V} \right),$$

де  $V_0$  і  $B_0$  постійні, які відповідають мінімальним значенням напруги змінного електричного поля та яскравості свічення.

Значення цих постійних залежать від параметрів складу електролюмінофору. Дана залежність  $B = f(V)$  очевидно зв'язана з тим, що при прикладанні електричного поля до даної структури зростає середня довжина пробігу електрона в зоні провідності матеріалу ZnS, яку можна описати виразом:

$$l = W_i / eE,$$

де  $l$  – середня довжина пробігу електронів;  $W_i$  – енергія, яка потрібна для іонізуючого співудару;  $E$  – величина напруженості електричного поля;  $e$  – заряд електрона.

Таким чином, по мірі збільшення напруженості електричного поля, електрони провідності набувають потенціалу іонізації при менших значеннях довжини вільного пробігу, а подальші збільшення напруженості електричного поля практично не впливають на  $W_i$  та  $l$ .

Нами також проведені дослідження по впливу змінного синусоїдального електричного поля на яскравість свічення ЕЛВ в залежності від частоти коливань поля. Результати цих досліджень представлені на рис. 4:

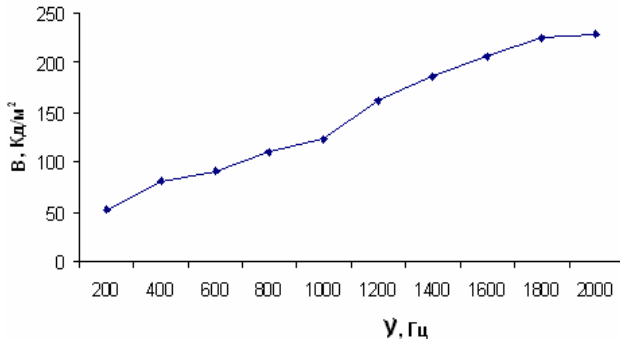


Рис. 4. Залежність яскравості свічення поверхні електролюмінофору ЕЛВ від частоти синусоїдальних коливань при  $V_{эф} = 115$  В.

Як видно з рис. 4, в діапазоні частот 200-2000 Гц інтенсивність свічення ЕЛВ збільшується за сублінійним законом з тенденцією насичення при більш високих частотах. Ця ж залежність, побудована в координатах  $\lg V = f \lg \nu$ , свідчить про те, що її можна представити виразом:

$$V = B_0 \nu [1 - \exp(-b/\nu)] ,$$

де  $B_0$  і  $b$  – постійні;  $\nu$  – частота змінного електричного поля.

Насичення яскравості свічення люмінофора з ростом частоти електричного поля може бути пов'язано з такими причинами:

1. Квантовий вихід електронів зменшується в результаті зменшення напруги бар'єрів на границі зерен ZnS:Cu [4].
2. Час життя збудженого стану електронів стає порівняним з періодом коливань діючого електричного поля [5].

### Висновки

Таким чином, результати проведених нами досліджень показують, що найбільші значення коефіцієнта ефективності люмінофора на основі ZnS:Cu досягаються при дії синусоїдального змінного електричного поля в інтервалі частот 400÷800 Гц, а яскравість свічення поверхні люмінофору зростає по мірі збільшення ефективної напруги поля по експоненціальному закону з тенденцією до насичення при напругах більших за 100 В.

Тому, при експлуатації електролюмінофорів на основі легованого ZnS:Cu рекомендується використовувати змінне синусоїдальне електричне поле з ефективними значеннями напруги та частоти, які визначаються згідно конструктивних параметрів електролюмінесцентного випромінювача.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Попович К.О. Електрофізичні властивості електролюмінесцентних випромінювачів, одержаних на основі капсульованого люмінофору ZnS:Cu // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика. – 2008. – № 22. – С. 36-39.
2. Попович К.О., Рубіш І.Д., Савченко М.Д., Лайзинг Г. Релаксаційні процеси в електролюмінофорах ZnS:Cu // Матер. Міжнародної науково-практичної конференції „Структурна релаксація в твердих тілах”. – Вінниця (Україна). – 2006. – С. 151-153.
3. Савченко М.Д., Шурова Т.М., Попович К.О., Рубіш І.Д., Лайзинг Г. Електронні стани в електролюмінофорах ZnS:Cu, Cl // Тези доповідей 2-ї Української наукової конференції з фізики напівпровідників (УНКФН-2). – Т. 2. – Чернівці – Вижниця. – 2004. – С. 462.
4. Savchenko N., Popovych K., Shchurova T., Rubish I., Leising G. Non-linear properties simulation for zinc

chalcogenides // Book of Abstracts SSC 2006 7th International Conference on Solid State Chemistry (SSC 2006). – Pardubice (Czech Republik). – P. 182-183.

5. Савченко М.Д., Шурова Т.М., Баран М.Ю., Попович К.О., Рубиш І.Д.,

Лайзинг Г. Моделювання електронних станів у халькогенідних напівпровідниках // Тези конференції „Нанорозмірні системи: електронна, атомна будова і властивості” (НАНСИС 2004). – Київ. – 2004. – С. 113.

Стаття надійшла до редакції 23.11.2011

I.D. Rubish, K.O. Popovych, O.O. Balog

Uzhhorod National University, 88000, Uzhhorod, Voloshin Str., 54

e-mail: [kafte@univ.uzhorod.ua](mailto:kafte@univ.uzhorod.ua)

## **EFFECT OF ALTERNATING ELECTRIC FIELD ON RADIATION PARAMETERS PHOSPHOR EMISSION BASED ON ZnS: Cu**

The influence of voltage, frequency and electric field pulse shape on the efficiency ratio and brightness electroluminors based on ZnS:Cu. It is shown that the most effective is an electric field of sinusoidal voltage effect in the range of frequencies 400 ÷ 800 Hz.

**Key words:** luminor, brightness of luminescence, coefficient of efficiency, electric field, zinc sulfide.

И.Д. Рубиш, К.О. Попович, О.О. Балог

Ужгородский национальный университет, 88000, Ужгород, ул. Волошина, 54

e-mail: [kafte@univ.uzhorod.ua](mailto:kafte@univ.uzhorod.ua)

## **ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПАРАМЕТРЫ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛЮМИНОФОРА НА ОСНОВАНИИ ZnS:Cu**

Исследовано влияние напряжения, частоты и формы импульса электрического поля на коэффициент эффективности и яркость свечения электролюминофоров на основании ZnS:Cu. Показано, что наиболее эффективным является влияние электрического поля переменного синусоидального напряжения в пределах частот 400÷800 Гц.

**Ключевые слова:** люминофор, яркость свечения, коэффициент эффективности, электрическое поле, сульфид цинка.