

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИКИ ВИГОТОВЛЕННЯ Й ДОСЛІДЖЕННЯ ТОНКОПЛІВКОВИХ ЕЛЕКТРОЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ СТРУКТУР

*Розроблено методику виготовлення тонкоплівкових електролюмінесцентних структур (ТПЕЛС). Запропоновано методику дослідження спектральних і часових характеристик ТПЕЛС. Представлено результати технологічного експерименту щодо ТПЕЛС зеленого кольору випромінювання на основі ZnS з домішкою фториду тербію. З експериментів встановлено, що яскравість ТПЕЛС зростає поки товщина плівки електролюмінофора менш ніж 600 нм.*

**Ключові слова:** тонкоплівкові електролюмінесцентні структури, струмопровідні електроди, діелектричні шари.

Відомо, що характеристики тонкоплівкових електролюмінесцентних структур залежать від різних зовнішніх факторів, але ці дані не узагальнені, у деяких випадках вступають у розбіжність. Актуальними вважаються дослідження залежності кінетичних характеристик випромінювання ТПЕЛС від форми й тривалості імпульсу збуджуючої напруги [1]. Це обумовлює подальші фундаментальні дослідження в цьому напрямку.

Ціль роботи - розробка конструкції, технології виготовлення й методики дослідження різних характеристик ТПЕЛС.

Відповідно до обраної конструкції ТПЕЛС у якості прозорих струмопровідних електродів служать доріжки, сформовані методом контактної фотолітографії на суцільному шарі двоокису олова при товщині 0,2 мкм с опором 40-60 Ом/□.

Нанесення шарів фоторезисту на підкладку здійснювалося центрифугуванням. Як фоточутливий шар використався фоторезист ФП383, що подавався із крапельниці. Товщина шару, який створюється, залежить від в'язкості розчину й швидкості обертання центрифуги. Від цих же параметрів залежить і величина валика, що утвориться на краях підкладки. Час формування шару фоторезисту в наших дослідженнях становило 25 с.

Утворення шару фоторезисту завершувалося першим сушінням, при якому звичайно відбувається видалення розчинника з об'єму полімеру. Сушіння здійснювалося інфрачервоними променями при температурі 50 °С протягом 4 хв.

Потім підкладка містилася у тримач з фотошаблонами й вироблявся процес експонування лампою ДРШ-250. Тому що час експонування зв'язаний з часом прояву, то для вибору режимів, що забезпечують точну передачу розмірів, необхідно змінювати їх одночасно. Установивши час експонування рівним 3 хв, ми визначили, що повне видалення шару фоторезисту, який був засвіченим, розчином їдкою калі (молярна частка 0,05 %) відбувається за 0,5 хв. Задублювання шару фоторезисту здійснювали інфрачервоним нагріванням при температурі 80-90 °С протягом 15 хв.

Тому що плівки двоокису олова проявляють хімічну стійкість до різних реагентів, то процес травлення має певні труднощі. Нами використаний метод заміщення олова активним металом. На поверхню пластини наносився шар порошку цинку, а потім із крапельниці подавався розчин соляної кислоти (масова частка 18 %). Видалення шару оксиду олова в місцях, які не захищені фоторезистом, відбувалося за 1 хв.

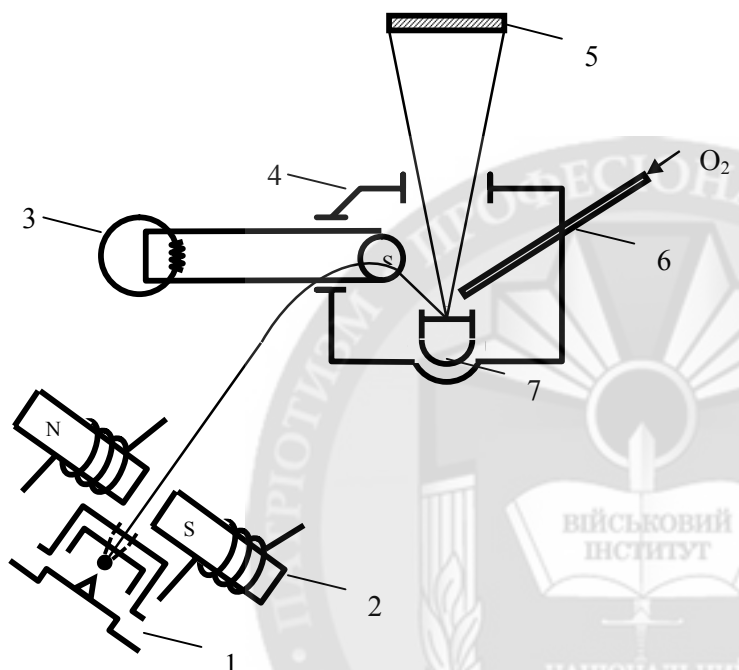
Заключною операцією фотолітографії було видалення задубленого фоторезисту поміщенням зразків у гарячий диметилформамід.

Відповідно до прийнятої конструкції ТПЕЛС створення діелектричних шарів є досить відповідальною технологічною операцією, що забезпечує багато в чому працездатність і надійність ТПЕЛС. Відібрані на підставі патентного пошуку й власних досліджень матеріали діелектричних шарів являють собою досить тугоплавкі сполуки, які сильно дисоціюють в процесі вакуумного випару. Зіставлення й аналіз властивостей діелектричних шарів,

отриманих різними методами (термічним, електронно-променевим і лазерним випаром, магнетронним і катодним випаром) показує, що найкращими параметрами, володіють шари, осадженні електронно-променевим і лазерним випаром у присутності кисню. Отримані діелектричні плівки мають мінімальну концентрацію пор, найвищі електричну міцність і діелектричну проникність, низькі діелектричні втрати.

Нами використаний метод електронно-променевого випару в сполученні з динамічною відкачкою й подачею реакційного газу до речовини, що випаровується.

На рис.1 представлена схема електронно-променевого випарника, використаного в наших дослідженнях. Електромагніти поздовжнього й поперечного переміщення променя, які керуються програматором, дозволяють реалізувати необхідну послідовність сканування по речовині, що випаровується, для забезпечення рівномірного поверхневого нагрівання.



- 1 – джерело електронів 6-10 кеВ типу ИЕЛ-2ПМ;
- 2 – електромагніт поперечного переміщення променя;
- 3 – електромагніт поздовжнього переміщення променя;
- 4 – реакційна камера;
- 5 – підкладка;
- 6 – трубопровід подання кисню;
- 7 – контейнер з окислом, що випарюється.

Рис. 1. Схема електронно-променевого випарника для осаджування окислів, що дисоціюють

Розроблений чотириканальний програматор дозволяє створювати на поверхні матеріалу, що випаровується, зони нагрівання у вигляді прямокутника або кільця.

Використання даного способу нагрівання збільшує поверхню випару при незмінній діаграмі конденсації. Отримані описаним методом шари мають високу однорідність, постійну товщину по поверхні підкладки й не містять мікровключень [2].

Випар окислів, що забезпечує прийнятні швидкості осадження шарів (10-100 нм/хв), настає при щільності струму електронного пучка з діапазону 50-150 мА/см<sup>2</sup> з енергією 8-9 кеВ.

Контроль за швидкістю осадження шару і його товщиною під час технологічного процесу здійснюється лазерним інтерферометром, схема якого зображена на рис. 2.

Товщина шару, осадженого за період часу  $\Theta$ , визначається з вираження

$$d_{\Theta} = V \cdot \Theta, \quad (1)$$

де  $d_{\Theta}$  - товщина шару, нм;

$V$  - швидкість осадження, нм/хв.

З іншої сторони, товщина шару  $d_{\lambda}$  може бути визначена по формулі

$$d_{\Theta} = \frac{\lambda}{a \cdot n}, \quad (2)$$

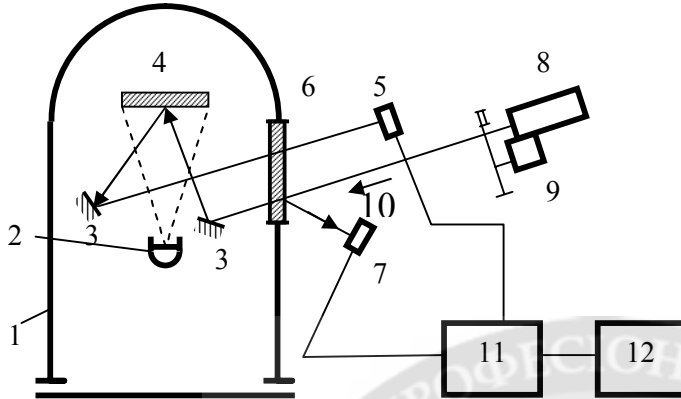
де  $\lambda = 632,8$  нм - довжина хвилі випромінювання лазера;

$n$  - показник заломлення плівки;

$a$  - коригувальний коефіцієнт, рівний для розробленої установки 1,67.

Розроблена методика виміру дозволяє контролювати швидкість осадження й товщину плівки безпосередньо в ході технологічного процесу з точністю  $\pm 10$  нм.

Метод осадження електролюмінесцентних шарів ТПЕЛС повинен забезпечувати



- 1 – вакуумна камера;
- 2 – речовина, що випаровується;
- 3 – дзеркала;
- 4 – підкладка;
- 5 – фотодетектор (ФД-7ДО) променю, що інтерферує;
- 6 – вікно;
- 7 – фотодетектор опорного сигналу;
- 8 – гелій-неоновий лазер ЛГН-105;
- 9 – модулятор 50 Гц;
- 10 – хід лазерного променя;
- 11 – синхродетектор типу СД-1;
- 12 – самописець типу КСП-4.

Рис. 2. Схема лазерного вимірника товщини і швидкості осадження прозорих плівок

одержання однорідних по складу, товщині й ступеню легування плівок сульфід цинку. На практиці використовуються наступні способи одержання легованих плівок сульфід цинку: трикомпонентний синтез на поверхні підкладки з використанням трьох джерел; одночасний випар сульфід цинку й легуючої домішки із двох джерел; по черговий термічний випар сульфід цинку й легуючої домішки з наступною термообробкою; метод пошарової атомної епітаксії (ПАЕ); електронно-променевий випар суміші сульфід цинку й легуючої домішки [3].

Із всіх названих способів плівки найкращої якості одержують методом ПАЕ. Однак цей спосіб досить складний у технологічному відношенні й вимагає створення надвисокого вакууму. При використанні перших трьох методів виникають складності з одержанням плівок заданої сполуки, тому що потрібна досить тверда стабілізація температур декількох джерел одночасно. Це приводить до поганої відтворюваності результатів [4].

Перевагою електронно-променевого способу є пошаровий повний випар суміші сульфід цинку й легуючої домішки. При цьому полегшений синтез легованої плівки, тому що він відбувається не тільки на поверхні підкладки, але й у тиглі, а також у загальному потоці пари компонентів. Це приводить до відповідності сполук плівки й вихідної суміші. Однак шари, отримані цим методом, мають недосконалу структуру й погану морфологію поверхні. Це пояснюється тим, що поряд з парою до підкладки надходять більші агрегати й навіть окремі крихти вихідної суміші, захоплені потоком пари. Нами розроблений більше досконалий спосіб випару люмінофора електронним променем з відбиттям від гарячої стінки. Схема способу представлена на рис. 3. Електронний промінь, який сканує, керується двохканальним програматором та формує дві незалежні гарячі зони усередині контейнера: зону “а” – постійно нагріту до  $1000-1100^{\circ}\text{C}$  стінку контейнера, а також зону “б” – область, де відбувається повний пошаровий випар суміші. У процесі випару на гарячій стінці відбувається сепарація парового потоку від мікрочастинок.

Отримані описаним способом шари люмінофора мають високу однорідність сполуки й гладку поверхню.

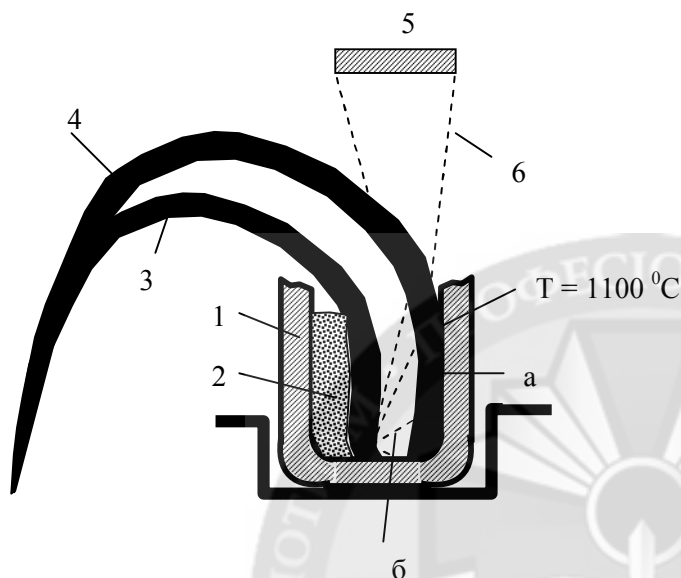
Типовий режим електронно-променевого джерела в процесі осадження наступний: загальний струм променя 30-50 мА при енергії 6-7 кеВ. Загальна теплова потужність розподіляється програматором по зонах “а” й “б” у співвідношенні

$$P_a / P_b = 3 ; \quad (3)$$

Контроль за швидкістю осадження шару і його товщиною в ході технологічного процесу здійснюється лазерним інтерферометром (див. рис. 2.).

Оптимальна температура підкладки для формування якісного шару люмінофора перебуває в межах 190-220 °С.

Отримані шари не вимагають активації традиційним відпалом при 580 °С протягом 1 години, тому що домішки в плівках уже перебувають в активному стані.



- 1 – контейнер з дибориду титану;
- 2 – однорідна механічна суміш сульфідів цинку з легуючою домішкою;
- 3 – електронний промінь, що випаровує суміш;
- 4 – електронний промінь, що нагріває стінку контейнера;
- 5 – підкладка;
- 6 – сепарований потік люмінофора, що саджується.

Рис. 3. Схема методу електронно-променевого осадження люмінофора з відбиттям від гарячої стінки

Різноманіття матеріалів квантової електроніки визначає використання всіляких методів одержання тонкоплівкових структур. Вони розрізняються як по фізиці процесів осадження, так і по устаткуванню, за допомогою якого реалізується метод. Вакуумне осадження плівок найбільше часто використовується для одержання тонкоплівкових структур. Тонкі люмінесцентні плівки, використовувані в ТПЕЛС, не є виключенням і досить часто виготовляються вакуумними методами.

Проведені технологічні експерименти по виготовленню електролюмінесцентних шарів ТПЕЛС показали, однак, що лише електронно-променевий спосіб є найбільш придатним у цьому випадку. Він характеризується відсутністю забруднення плівок матеріалом випарника, гарною відтворюваністю при випарі порошкових матеріалів. При цьому оптимальної, на наш

погляд, є сублімація люмінесцентного матеріалу й домішки, що активує, електронним променем, який сканує або є не сфокусованим [5]. Це дозволило практично повністю позбутися від кластерів й “комет”, які мають місце при сублімації променем, який є сфокусованим.

Розігрів тиглів з дибориду титану здійснювався за допомогою випарника типу ІЕЛ-2ЕМ. Відпал вироблявся з метою видалення з поверхні тиглів легколетучих включень, які при виготовленні ТПЕЛС можуть погіршити якість діелектричних і люмінесцентних плівок.

При випарі сульфідів цинку з тигля, виготовленого з дибориду титану, із площі 1 см<sup>2</sup> несфокусованим електронним променем випарника типу ІЕЛ-2ЕМ використовуються наступні режими: - струм розжарення катода - 15 А; - напруга зсуву - 220 В; - прискорювальна напруга - 4 кВ; - струм променю - 3 мА; - струми електромагнітів - 85-90 мА.

Встановлено, що концентрація легуючої домішки в кристалофосфорах відіграє істотну роль в одержанні високих значень світлової ефективності і яскравості електролюмінофорів. Оптимізацію значень концентрації домішки варто проводити для кожного виду лігатури.

Поряд з концентрацією легуючої домішки на електрооптичні характеристики тонкоплівкових електролюмінофорів впливає товщина шарів. Тенденція впливу товщини на ці характеристики виявилася загальною для ТПЕЛС, в яких використовується як основа сульфід цинку, і не залежала від типу легуючої домішки. Наприклад, на рис. 4 представлені результати технологічного експерименту ТПЕЛС зелених кольорів випромінювання на основі ZnS з добавками фториду тербію з масовою часткою 2%.

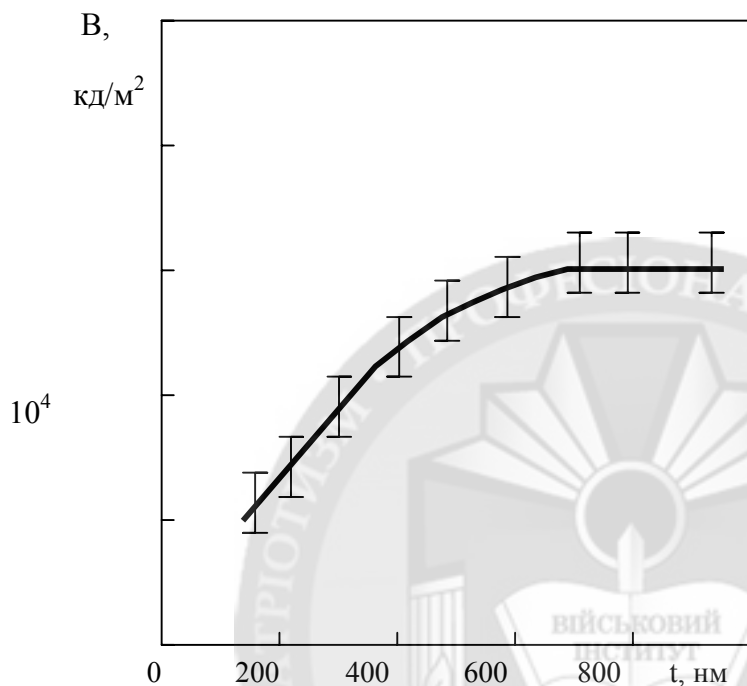


Рис. 4. Залежність яскравості світіння ТПЕЛС від товщини плівки  $\text{ZnS:TbF}_3$  (2 ваг. частка, %) при синусоїдальному збудженні 150 В, 3 кГц

З рисунку виходить, що яскравість ТПЕЛС зростає при збільшенні товщини електролюмінофора до 600 нм, а потім виходить на насичення. Збільшення яскравості з ростом товщини зв'язано, імовірно, з ростом числа випромінюючих центрів, що доводяться на одиницю поверхні плівки. При більших товщинах зростає власне поглинання випромінюваних фотонів і збільшується розсіювання електронів і дірок, що викликає насичення, а в ряді випадків і спад яскравості.

Нами був розроблено технологічний процес формування струмопровідних електродів.

Система струмопровідних електродів, ортогональних до прозорих, завершує конструкцію ТПЕЛС. Залежно від висунутих вимог тильні електроди можуть бути непрозорими або прозорими (при використанні ТПЕЛС, наприклад, у кабіні літака на лобовому склі або в аналогічних випадках). Нами в якості тильних провідних електродів використалися шини з алюмінію, який володіє низьким питомим опором, досить гарною адгезією до діелектричних плівок і скла, стійкістю до впливу атмосфери, сумісністю технології одержання із процесами виготовлення елементів ТПЕЛС. Представленими властивостями володіють також золото, срібло, мідь, платина тощо. Перевагами алюмінію є мала температура сублімації й відносно низька вартість. Невисока температура сублімації необхідна для забезпечення низької кінетичної енергії мікрочастинок, що утворять молекулярний потік. Це знижує проникаючу здатність алюмінію в сформовану раніше структуру ТПЕЛС. Для усунення впливу міграції атомів по поверхні температура підкладки не повинна перевищувати 50-100 °С. На товщину плівок алюмінію накладається два обмеження. З однієї сторони плівки не повинні мати ділянок з низькою надійністю, викликаною наявністю сходинок, утворених шарами діелектриків, люмінофорів і прозорих провідних електродів. Ці сходинок сприяють виникненню неоднорідності струму і напруги, що при недостатній товщині плівок викликає розрив електродів. З іншого боку, плівки алюмінію повинні забезпечувати "самозаліковування" електролюмінесцентних конденсаторів, що відбувається при товщинах алюмінію 0,1-0,15 мкм. Виходячи із цих обмежень була обрана товщина 0,1 мкм. Осадження плівок алюмінію проводилося з використанням вольфрамового резистивного випарника.

Нажаль, електролюмінофори мають істотний недолік - втрату яскравості в процесі роботи. Експериментально встановлено, що 60-80-процентний спад яскравості ТПЕЛС із використанням електролюмінофорів на основі сульфиду цинку спостерігається протягом першої години роботи. При цьому мають місце численні мікропробої тонкоплівкових конденсаторів ТПЕЛС в областях забруднень підкладки й на дефектах діелектричних плівок. У ряді випадків відбувається самозаліковування тонкоплівкових конденсаторів. Практика показує, що після тренування стабільність комірок істотно збільшується.

Комбіноване тренування складається в подачі на ТПЕЛС імпульсів напруги, амплітуда яких зростає через кожні 5 с. Тренування проводиться імпульсами різної полярності з почерговою їхньою зміною. Внутрішній опір джерела напруги значно перевищує опір каналів пробою. Тому слідом за виникненням пробою відбувається зменшення напруги на конденсаторі, вигорання дефектного місця діелектрика й руйнування алюмінієвої плівки в цій області. Частота проходження імпульсів повинна зростати від 1 до 100 Гц за законом арифметичної прогресії одночасно зі збільшенням амплітуди напруги. Початкове значення амплітуди - 10 В, кінцеве - в 1,5 рази перевищує необхідне значення робочої напруги. Крок збільшення амплітуди напруги порядку 10 В. Час імпульсного тренування становить близько 3 хв. Після імпульсного тренування комірки ТПЕЛС варто піддати електростарінню. Для цього на них подається робоча напруга частотою 3-5 кГц протягом 1 години. Використання комбінованого тренування комірок ТПЕЛС забезпечує зниження тангенса кута діелектричних втрат, підвищення його стабільності, збільшення пробивних напруг, зростання стабільності ємності.

Відповідно до викладеного, прилад для стабілізації параметрів ТПЕЛС повинен мати наступні технічні характеристики: частота збуджуючої напруги 1, 3, 5 кГц; швидкість наростання напруги 5-30 В/хв; вихідна напруга до 300 В.

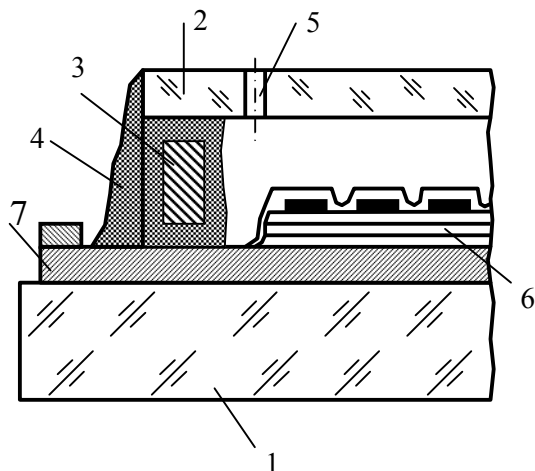
Тривала працездатність ТПЕЛС, тобто її експлуатаційна надійність, залежить не тільки від способу й режимів формування й електротренування, але й від методу захисту й герметизації ТПЕЛС. Особливо згубно на працездатність ТПЕЛС впливає волога, навіть її сліди. Тому необхідно сформувати поблизу активної області структури герметичний об'єм, що захищає ТПЕЛС від зовнішніх впливів.

Після формування верхніх струмопровідних електродів рекомендується проводити захист активної області матричної структури діелектричною неорганічною плівкою товщиною не більше 1 мкм. Для цієї мети придатні багато діелектричних матеріалів:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{GeO}$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ , скла й інші, плівки яких одержують вакуумним осадженням. Плівки  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{GeO}$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  і фоторезисту забезпечують працездатність матриці в процесі проходження технологічного циклу зборки. Однак внаслідок дуже малої товщини й пористості таких плівок ТПЕЛС необхідно герметизувати.

Герметизацію проводять шляхом приклеювання до підложки ТПЕЛС скляної кришки. При цьому утвориться склополімерний корпус, представлений на рис. 5.

При виборі клейового матеріалу можна користуватися наступними типами еластомірних компаундів: КТ-102, "Виксинт", КЛТ-30, "Еластосил 11-02".

Найбільш високою теплостійкістю й збереженням ізоляційних властивостей володіє кремнійорганічний компаунд КЛТ-30, що самовулканізується. Діапазон робочих температур клейових сполук на його основі становить від  $-60$  до  $+300$   $^{\circ}\text{C}$ , електрична міцність не менш 15 кВ/мм, питомий опір не менш  $10^{13}$  Ом·см. Трохи уступає КЛТ-30 кремнійорганічний компаунд "Еластосил 11-02". Він має електричну міцність не менш 10 кВ/мм, питомий об'ємний опір не менш  $10^{13}$  Ом·см и робочий діапазон температур от  $-60$  до  $+250$   $^{\circ}\text{C}$ .



- 1 – скляна підложка;
- 2 – скляна кришка;
- 3 – монтажна рамка;
- 4 – шар клею;
- 5 – отвір у кришці;
- 6 – активна область ТПЕЛС;
- 7 – контактні площадки.

Рис. 5. Конструкція склополімерного корпусу ТПЕЛС

Для поліпшення теплових режимів активних елементів ТПЕЛС внутрішню порожнину корпусу заповнюють рідиною з гарною теплопровідністю й високими електроізоляційними характеристиками. У якості електроізоляційної теплопроводної рідини можуть бути використані фторировані вуглеводородні сполуки й силіконові рідини: ВКЖ-94, ПФМС-1, ПМС-10, 13Ф, ФМ-1. Ці речовини не містять у своєму складі молекул води й внаслідок цього є ідеальним захистом активних елементів ТПЕЛС від впливу навколишнього середовища.

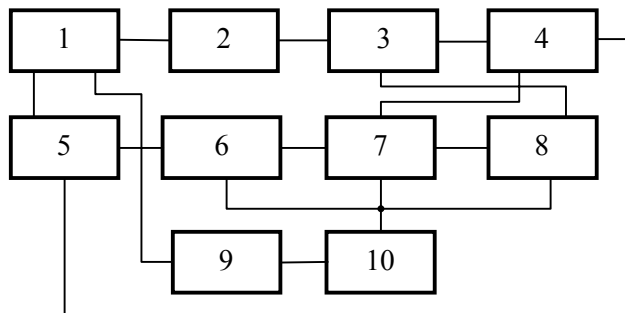
Нами були розроблені методики й стенд для дослідження спектральних і часових характеристик ТПЕЛС.

Принцип дії установки полягає в посиленні широкосмуговим підсилювачем сигналу від фотоелектронного помножувача (ФЕП), який реєструє випромінювання ТПЕЛС, що пройшло через спектрограф, з наступним його перетворенням у напругу постійного струму, яка реєструється самописцем.

Структурна схема установки представлена на рис. 6.

Джерело збудження електролюмінесценції - генератор синусоїдальних сигналів або сигналів спеціальної форми - забезпечує збудження випромінювання ТПЕЛС і здійснює синхронізацію роботи установки. Світловий сигнал проходить через спектрограф, розкладається в спектр і надходить на фотоприймальний пристрій. У канал горизонтального відхилення самописця надходить сигнал, пропорційний довжині хвилі. Фотоприймальний пристрій зібраний на основі ФЕП-79 і розміщується на виході спектрографа. Широкосмуговий підсилювач призначений для перетворення струму ФЕП в напругу з наступним його посиленням. Коефіцієнт перетворення струму в напругу становить 160 мВ/мкА, максимальна напруга на виході підсилювача - 8 В. З виходу підсилювача змінний сигнал надходить на вхід ключового детектора й на контрольний осцилограф. Ключовий детектор призначений для перетворення змінного сигналу в напругу постійного струму. З виходу ключового детектора сигнал подається на вхід самописа й контрольний вольтметр. Блок керування каналом виміру виробляє імпульси, що запускають ключовий детектор, що забезпечує його спрацювання на обраній ділянці досліджуваного сигналу в необхідний момент часу. Контрольний осцилограф призначений для візуального спостереження досліджуваного сигналу, реєстрації імпульсу, що запускає, з виходу блоку керування каналом виміру й для установки необхідного часу затримки початку виміру. Блок запису часових характеристик призначений для забезпечення дослідження форми сигналу, фронту наростання й спаду імпульсу випромінювання ТПЕЛС, хвиль яскравості, часу післясвітіння й для запису цих параметрів на самописець у часовому масштабі. Цей блок виробляє імпульс запуску, що сканує, який надходить у блок керування каналом виміру, і напругу, що змінюється лінійно, пропорційну тривалості досліджуваних імпульсів, яка надходить у канал горизонтального відхилення самописця.

При дослідженні спектральних характеристик ТПЕЛС світловий потік, що попадає на вхідну щілину спектрографа, розкладається його призмовою системою в спектр. При обертанні призмової системи на вихідну щілину коліматора попадають різні ділянки спектра, що надходять на катод ФЕП. Сигнал ФЕП підсилюється й надходить на вхід самописа, відхилення пера якого пропорційно інтенсивності ліній.



- 1 – блок розгортки спектра;
- 2 – фотопріємний пристрій;
- 3 – широкосмуговий підсилювач;
- 4 – ключовий детектор;
- 5 – самописець;
- 6 – блок запису часових характеристик;
- 7 – блок керування каналом виміру;
- 8 – контрольний осцилограф;
- 9 – ТПЕЛС;
- 10 – генератор.

Рис. 6. Структурна схема установки дослідження спектральних, яскравісних і часових характеристик

При вимірі часових характеристик на ФЕП попадає випромінювання певного діапазону й виробляється запис параметрів імпульсу в часовому масштабі [6].

При вимірі вольт-яскравісних характеристик вибирається одна характерна ділянка спектра. При цьому в канал пера самописця надходить напруга, пропорційна напрузі, що подається на ТПЕЛС.

Розроблена технологія одержання ТПЕЛС типу напівпровідник-діелектрик-метал (МДНДМ) з різними люмінофорами.

Розроблена методика виміру електрофізичних і світлотехнічних параметрів ТПЕЛС. Проведені дослідження дозволяють оптимізувати конструкцію, режими роботи, а також точніше змодельовати кінетичні характеристики випромінювання ТПЕЛС.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Андріянов О.В., Мокрицький В.А., Казаков А.І., Селюков О.В. Про механізм електролюмінесценції тонкоплівкових структур для пристроїв відображення інформації //Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. – 2010. – Вип. 28. – С.31-35.
2. Казаков А.И., Андриянов А.В., Миронов В.С. Температурные зависимости характеристик пленок системы  $\text{ScF}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$  // Тр. междунар. науч.-практ. конф. "Современ. информац. и электрон. технологии", 23- 26 мая 2000 г. - Одесса: Одес. гос. политехн. ун-т. - С. 85- 86.
3. A. Kazakov, A. Andriyanov, V. Mironov and O. Polyarush. Study of thin film multicomponent oxide materials for electroluminescent devices // Proc. VDE World Micro- Technologies Cong., MICRO.tec2000. - Hanover, Germany, 2000. - Vol. 2, - P.731- 734.
4. Казаков А.И., Андриянов А.В., Миронов В.С., Поляруш О.В. и др. Увеличение эффективности свечения ТПЭЛИ с помощью введения решетки вещества с низким показателем преломления // Тр. 2- ой междунар. науч.-практ. конф. "Современ. информац. и электрон. технологии", 28- 31 мая 2001 г. - Одесса: Одес. гос. политехн. ун- т. - С. 303-304.
5. Казаков А.И., Андриянов А.В., Миронов В.С., Поляруш О.В. Исследование тонкопленочных многокомпонентных диэлектриков для электролюминесцентных устройств // Тр. Одес. политехн. ун- т. - Одесса, 2001. - Вып. 4(16). - С. 178 - 180.
6. Казаков А.И., Андриянов А.В., Миронов В.С., Поляруш О.В. и др. Переходные процессы в тонкопленочных электролюминесцентных структурах // Тр. 3- ой междунар. науч.-практ. конф. "Современ. информац. и электрон. технологии", 21- 24 мая 2002 г. Одесса: Одес. нац. политехн.ун- т. - С. 216.

#### REFERENCES:

1. Andrijanov O.V., Mokryc'kyj V.A., Kazakov A.I., Seljukov O.V. Pro mehanizm elektroljumynescencii' tonkoplivkovykh struktur dlja prystroi'v vidobrazhennja informacii' //Zbirnyk naukovykh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu im. Tarasa Shevchenka. – 2010. – Vyp. 28. – S.31-35.
2. Kazakov A.I., Andrijanov A.V., Mironov V.S. Temperaturnye zavisimosti harakteristik plenok sistemy ScF<sub>2</sub>-Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> // Tr. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Sovremen. informac. i jelektron. tehnologii", 23- 26 maja 2000 g. - Odessa: Odes. gos. politehn. un-t. - S. 85- 86.
3. A. Kazakov, A. Andriyanov, V. Mironov and O. Polyarush. Study of thin film multicomponent oxide materials for electroluminescent devices // Proc. VDE World Micro- Technologies Cong., MICRO.tec2000. - Hanover, Germany, 2000. - Vol. 2, - P.731- 734.
4. Kazakov A.I., Andrijanov A.V., Mironov V.S., Poljarush O.V. i dr. Uvelichenie jeffektivnosti svechenija TPJeLI s pomoshh'ju vvedenija reshetki veshhestva s nizkim pokazatelem prelomlenija // Tr. 2- oj mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Sovremen. informac. i jelektron. tehnologii", 28- 31 maja 2001 g. - Odessa: Odes. gos. politehn. un- t. - S. 303-304.
5. Kazakov A.I., Andrijanov A.V., Mironov V.S., Poljarush O.V. Issledovanie tonkoplennocnykh mnogokomponentnykh dijelektrikov dlja jelektroljuminescentnykh ustrojstv // Tr. Odes. politehn. un-t. - Odessa, 2001. - Vyp. 4(16). - S. 178 - 180.
6. Kazakov A.I., Andrijanov A.V., Mironov V.S., Poljarush O.V. i dr. Perehodnye processy v tonkoplennocnykh jelektroljuminescentnykh strukturah // Tr. 3- oj mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Sovremen. informac. i jelektron. tehnologii", 21- 24 maja 2002 g. Odessa: Odes. nac. politehn.un- t. - S. 216.

**Рецензент:** д.т.н., проф. Мокрицький В.А., професор кафедри Одеського національного політехнічного університету

д.т.н., проф. Казаков А.И., к.ф.-м.н., доц. Андриянов О.В., Миронов В.С.  
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ  
ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СТРУКТУР**

*Разработана методика изготовления тонкопленочных электролюминесцентных структур (ТПЭЛС). Предложена методика исследования спектральных и временных характеристик ТПЭЛС. Представлены результаты технологического эксперимента для ТПЭЛС зеленого цвета свечения на основе ZnS с примесью фторида тербия. Из экспериментов установлено, что яркость ТПЭЛС возрастает пока толщина пленки электролюминофора меньше, чем 600 нм.*

*Ключевые слова:* тонкопленочные электролюминесцентные структуры, токопроводящие электроды, диэлектрические слои.

Ph.D. Kazakov A.I., Ph.D. Andriyan O.V., Mironov V.S.  
**EXPERIMENTAL PROCEDURE FOR MANUFACTURING AND RESEARCH  
TFEL STRUCTURES**

*The methodic of manufacturing of thin-film electroluminescent structures (TFELS) was developed. The procedure of research of spectral and time characteristics TFELS was proposed. Results of technological experiment for the green colour luminescence TFELS on the basis of ZnS with additives of terbium fluoride impurity were presented. From experiments it is positioned, that brightness TFELS increases, while a thickness of electroluminophore is less than 600 nm.*

*Keywords:* tonkoplivkovi electrofluorescent structures, strumoprovodni electrodes, dielectric layers.