

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. ІЛМЕЧНИКОВА

На правах рукопису

АНДРІЯНОВ Олександр Вікторович

ЕЛЕКТРОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ ТОНКОПЛІВКОВИХ ПАРУВАТИХ  
СТРУКТУР НА ОСНОВІ  $ZnS:SmF_3$  З БАГАТОКОМПОНЕНТНИМИ  
ДИЕЛЕКТРИКАМИ

01.04.07 - Фізика твердого тіла

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата фізико-математичних наук

Одеса 1995

548  
539



00344132 (H)

Дисертацією є рукопис  
Робота виконана на к  
технічного університ

Науковий керівник - кандидат технічних наук, професор  
СУХАРЄВ Юрій Георгійович

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук, професор  
ПУГАЩЕНКО Олександр Олександрович

кандидат фізико-математичних наук, доцент  
КАЛИНИЧЕНКО Лариса Федорівна

Провідна організація:

Фізико-хімічний інститут ім.О.В.Богатського НАН України,  
м.Одеса

Захист відбудеться "17" ~~листопада~~ листопада 1995 р. о 14 годині на  
засіданні Спеціалізованої Ради К 05.01.10 з фізико-матема-  
тичних наук в Одеському державному університеті ім. І.І.Меч-  
никова /270100, м.Одеса, вул. Петра Великого, 2/

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці  
Одеського державного університету

Автореферат розісланий "16" листопада 1995 р.

Вчений секретар Спеціалізованої Ради,  
професор

Затовський О.В.

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Шаруваті тонкоплівкові електролюмінесцентні структури (ТПЕЛС) є складовою частиною перспективних плоских пристроїв відображення інформації і мають малі габарити, невелику вагу, високу механічну міцність, широкий кут огляду, високу контрастність, малу споживчу потужність та високу радіаційну стійкість. Вони повністю твердотільні, а також здатні відтворити телевізійний сигнал та працювати в широкому діапазоні температур, тисків і при високих рівнях зовнішньої засвітки. В них повністю відсутнє шкідливе рентгеновське випромінювання. Однак фізичні процеси в ТПЕЛС, які працюють у сильних електричних полях, вивчені недостатньо. Серед фундаментальних проблем можна виділити проблему з'ясування залежності характеристик ТПЕЛС від параметрів поверхневих електронних станів (ПЕС) на межі поділу діелектрик-напівпровідник, а також завдання встановлення залежності параметрів ПЕС від матеріалу діелектричних шарів ТПЕЛС. Необхідно також виявити основні фактори, які впливають на ефективність електролюмінесценції тонкоплівкових структур.

Матеріал роботи є дослідження електрофізичних характеристик ТПЕЛС, одержання і дослідження нових плівкостворюючих діелектричних матеріалів для ТПЕЛС і дослідження впливу матеріалу діелектрика на ефективність електролюмінесценції, розробка математичної моделі фізичних процесів в шаруватих електролюмінесцентних структурах, яка ураховує концентрацію та енергію активації ПЕС на межі поділу люмінофор-діелектрик. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Дослідити діелектричні характеристики тонкоплівкових діелектриків систем  $HfO_2$ - $Nd_2O_3$ ,  $ScF_3$ - $NdF_3$ .
2. Дослідити залежність ефективності електролюмінесценції ТПЕЛС від типу використаного діелектрика.
3. Дослідити вплив концентрації активатора на електричні характеристики і кінетику електролюмінесценції ТПЕЛС.
4. Дослідити генераційні і релаксаційні процеси в ТПЕЛС з використанням комп'ютерного моделювання. Дослідити вплив параметрів ПЕС межі поділу діелектрик-напівпровідник на кінетику активного струму і швидкість яскравості ТПЕЛС.

5. Розробити методику оцінки параметрів ПЕС межі поділу діелектрик - напівпровідник.

Наукова новизна: 1. Вперше одержаний термостабільний безкисневий тонкоплівковий діелектрик з високим питомим зарядом на основі системи фторид скандію-фторид неодиму та досліджені його діелектричні і оптичні властивості.

2. Вперше експериментально досліджені електролімінесцентні властивості тонкоплівкових структур на основі  $ZnS:SmF_3$  з новими багатоконпонентними діелектриками  $HfO_2-Nd_2O_3$  та  $ScF_3-NdF_3$ .

3. Встановлено, що сублінійна частотна залежність яскравості структур на основі  $ZnS:SmF_3$  з  $HfO_2-Nd_2O_3$  обумовлена більш сильною частотною залежністю діелектричної проникності діелектрика порівняно з оульфідом цинку.

4. Вперше показано, що застосування тонкоплівкових діелектриків  $ScF_3-NdF_3$  дозволяє одержати межу поділу діелектрик -  $ZnS$  з більш глибокими ПЕС порівняно з межею поділу кисневий діелектрик -  $ZnS$ . Це обумовлює збільшення ефективності електролімінесценції ПЕМС.

5. Встановлено, що ефективність електролімінесценції залежить від концентрації активатора у лімінесцентному шарі тонкоплівкової структури, оптимальний вміст якого визначається температурними умовами процесу осадження цього шару і температурою його відпалу після осадження.

6. Вперше за допомогою комп'ютерного моделювання встановлено залежність величини фазового зсуву між максимумом струму в напівпровідниковій плівці та максимумом напруги збудження від амплітуди напруги і від параметрів поверхневих електронних станів (ПЕС) на межі поділу діелектрик - напівпровідник.

Практична цінність: 1. Запропонований метод одержання термостабільного безкисневого тонкоплівкового діелектрика з високим питомим зарядом на основі системи фторид скандію-фторид неодиму, який може бути використаний для збільшення інтегральної густини виробів мікроелектронної техніки. Метод захищений авторським свідоцтвом на винахід.

2. Встановлений зв'язок між складом та діелектричними властивостями тонкоплівкових діелектриків на основі сис-

тем  $HfO_2-Nd_2O_3$ ,  $ScF_3-NdF_3$ .

3. Застосування плівок  $HfO_2-Nd_2O_3$  як діелектричних шарів ТПЕЛС дозволяє знизити порогову напругу у 1,5-2 рази порівняно з ТПЕЛС, в яких традиційно використовуються, наприклад,  $Y_2O_3$  або  $Al_2O_3$ , причому осадження як напівпровідникового, так і діелектричних шарів ТПЕЛС можна проводити методом суцільним з осадженням шару сульфіда цинку. Застосування плівок  $ScF_3-NdF_3$  як діелектричних шарів ТПЕЛС дозволяє збільшити ефективність їх електролімінесценції.

4. Зсув між максимумом активного струму в ТПЕЛС і максимумом напруги збудження може використовуватися для оцінки густини поверхневих електронних станів межі поділу діелектрик-напівпровідник.

Основні положення, які винесено до захисту:

1. Основним механізмом генерації носіїв заряду, які беруть участь у струмоперенесенні, є тунелювання з поверхневих електронних станів меж поділу діелектрик - напівпровідник ТПЕЛС. Процес генерації і прискорення носіїв заряду та збудження лімінесцентних центрів визначається кінетиком напруженості електричного поля. Форма хвилі яскравості зумовлена динаміком активного струму та польовою залежністю квантової ефективності електролімінесценції.

2. Часовий зсув між положенням максимуму напруги збудження і положенням максимуму активного струму при фіксованому значенні амплітуди синусоїдальної напруги збудження залежить від енергії і густини поверхневих електронних станів на межі поділу діелектрик - напівпровідник і може бути використаний для їх визначення.

3. Механізм збудження електролімінесценції в ТПЕЛС на основі  $ZnS:SmF_3$  визначається конкуренцією процесів ударного і резонансно - реконігційного збудження активних центрів.

4. Нелінійність частотної залежності яскравості ТПЕЛС на основі  $ZnS:SmF_3$  з діелектриками  $HfO_2-Nd_2O_3$  у діапазоні частот 0,05-10 кГц визначається більш сильною частотною залежністю діелектричної проникності діелектричних шарів порівняно з плівкою сульфіду цинку.

5. Кінетика збільшення яскравості залежить від умов збудження. Загасання світіння в ТПЕЛС на основі  $ZnS:SmF_3$  зумов-

лено наявність швидких та повільних центрів світіння з різними сталими часу післясвітіння, що пояснюється утворенням самарієм у сульфіді цинку різних комплексів.

6. На межі поділу  $ScF_3:NdF_3$  - сульфід цинку формуються більш глибокі рівні ПЕС порівняно з межою поділу оксидний діелектрик - сульфід цинка. Це зумовлює збільшення ефективності електролімінесценції при застосуванні в ПНЕС діелектричних шарів із вмістом фтору.

Апробація результатів роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на Всесоюзній науково-технічній нараді "Шляхи удосконалення технології напівпровідникових і діелектричних матеріалів електронної техніки", жовтень 1988 р., Одеса; Республіканському семінарі "Методи мініатюризації і автоматизації виробництва компонентів ЕОМ" наукової ради з проблеми "Кібернетика", листопад 1988 р., Київ; Розширеному засіданні секції електролімінесценції наукової ради з лімінесценції АН СРСР, вересень 1989 р., Вільнюс; Всесоюзному семінарі "Фізико-хімічні властивості багатоконпонентних напівпровідникових систем. Експеримент і моделювання", червень 1990 р., Одеса; VI Республіканській конференції "Фізичні проблеми МДН-інтегральної електроніки", червень 1990 р., Севастополь; Міжгалузевій науково-виробничій конференції "Розвиток і удосконалення телевізійної техніки", 1991 р., Львів; III Всесоюзній конференції "Фізичні основи надійності та деградації напівпровідникових пристроїв", травень 1991 р., Кишинів; X Всесоюзній конференції з електролімінесценції, вересень 1991 р., Ангарськ; IV Міжнародній конференції "Фізика та технологія тонких плівок", травень 1993 р., Івано-Франківськ; 7 Міжнародній Нараді з електролімінесценції КЛ'94, жовтень 1994 р., Пекін, Китай.

Публікації. Основні результати дисертації викладено у 16 наукових роботах та в авторському свідоцтві на винахід.

Особистий внесок. Автором виконано повністю всі вимірювання, крім описаних у параграфі 4.1 (в їх виконанні він приймав участь) і теретична робота глави 2. Дисертант в активним і почесним членом авторського колективу в матеріалах, опублікованих в співавторстві.

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів з 38 малюнками та 4 таблицями, висновків, списку літератури, який має 113 найменувань, та долатка. Загальний об'єм дисертації: 175 сторінок машинописного тексту.

### ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовані актуальність теми дисертації, її новизна, практична цінність, сформульовані мета та завдання дослідження, наводяться основні положення, які винесено на захист.

У першому розділі здійснено огляд теоретичних та експериментальних робіт, присвячених дослідженню фізичних процесів у тонкоплівкових шаруватих електролімінесцентних структурах (ТПЕЛС) змінного струму.

Розглянуто фізичний механізм, який лежить в основі роботи тонкоплівкових електролімінесцентних структурах змінного струму. Наведені оцінки енергії активації ПЕС на межі поділу діелектрик-напівпровідник. Аналізуються основні фактори, які впливають на ефективність електролімінесценції ТПЕЛС. Наведені дані про структурні властивості тонких плівок ZnS.

У другому розділі наведені результати теоретичного аналізу основних кінетичних процесів в ТПЕЛС.

З урахуванням теорії плоского багаточарового конденсатора одержані вирази для напруженості електричного поля у напівпровідниковій плівці  $\mathcal{E}_s(t)$  у випадку слабого і сильного полів.

Одержана система рівнянь

$$I_{st}(t) = q \cdot N_{ss}(t) \cdot \int_{E_1}^{E_2} P(E_{ss}) \cdot f(E_{ss}) \cdot dE_{ss} \quad (1)$$

$$\frac{d\mathcal{E}_s(t)}{dt} = \frac{dV(t)/dt - 2 \cdot (d_t/c_t \cdot \epsilon_0) \cdot I_{st}(t) \cdot M(t)}{d_s + 2 \cdot (\epsilon_s/\epsilon_t) \cdot d_t} \quad (2)$$

де  $q$  - заряд електрона,  $I_{st}(t)$  - тунельна компонента струму;  $N_{ss}(t)$  - густина ПЕС;  $E_{ss}$  - енергія активації ПЕС;  $V(t)$  - напруга;  $M(t)$  - коефіцієнт лавинного помноження носіїв заряду в напівпровідниковій плівці;  $d_s$ ,  $\epsilon_s$ ,  $d_t$ ,  $\epsilon_t$  - товщина і відносна діелектрична проникність напівпровідникової та діелектричної

плівки, відповідно;  $P(E_{ss})$  - імовірність тунелювання.

Рівняння (1) і (2) розв'язувалися числовими методами на персональній ЕОМ типу IBM-PC, що дозволило визначити кінетичні залежності напруженості електричного поля і струму в напівпровідниковій плівці. Одержані результати використовувалися для розрахування хвиль яскравості.

Встановлено, що величина фазового зсуву між максимумом струму у напівпровідниковій плівці і максимумом напруги збудження залежить від локалізації і густини ПЕС на межі поділу діелектрик - напівпровідник ТПЕЛС. Залежність зсуву між максимумами струму і напруги від густини ПЕС має вигляд:

$$\Delta t = A \cdot \ln N_{ss} - B(V), \quad (3)$$

$A$  - стала;  $B(V)$  - функція, яка залежить від амплітуди напруги збудження  $V$ .

Одержано вираз для оцінки глибини ПЕС із вимірювань величини заряду, який переноситься через ТПЕЛС, для двох різних тривалостей імпульсів напруги збудження.

Показано, що при розрахунках хвиль яскравості необхідно урахувати залежність квантової ефективності ТПЕЛС від часу.

У третьому розділі наведені експериментальні методики одержання ТПЕЛС і дослідження їх характеристик.

Розглянуто особливості одержання ТПЕЛС на основі сульфідів цинку електронно-променевим методом і визначено основні технологічні умови процесів осадження ламінарного та діелектричних шарів ТПЕЛС.

Спектри електролюмінесценції ТПЕЛС і спектри пропускання плівок в діапазоні видимого світла досліджувалися за допомогою уніфікованого спектрально-обчислювального комплексу КСОВ-23. Вимірювання яскравості зразків виконувалося фотометром типу ФПЧ УХЛ4. Товщина плівок вимірювалась за допомогою мікроінтерферометра типу МПІ-4. Ємність і тангенс кута діелектричних втрат визначались за допомогою вимірника Е7-8. Описані методики дослідження спектрів електролюмінесценції і кінетики світіння, а також методики вимірювання яскравості, заряду, активного струму і розрахунку світлової ефективності ТПЕЛС. Наведені структурні схеми експериментальних установок. Методики, які використовуються, дозво-

ляють проводити комплексні дослідження характеристик ТПЕМС, а також електрофізичних характеристик діелектричних плівок з похибкою вимірювань в інтервалі  $\pm(3+15)\%$ .

У четвертому розділі наведено результати дослідження ТПЕМС  $\text{ITO-HfO}_2\text{:Nd}_2\text{O}_3\text{-ZnS:SmF}_3\text{-HfO}_2\text{:Nd}_2\text{O}_3\text{-Al}$ .

Відзначено, що надійність ТПЕМС тісно зв'язана з можливістю одержання висоякісних бездефектних діелектричних плівок. Досліджені діелектричні властивості плівок  $\text{HfO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$  різного складу. Встановлено, що їх можна використовувати як діелектричні шари ТПЕМС із вмістом  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  в діапазоні від 20 до 35 мас.%. В цьому випадку забезпечується максимальне значення діелектричної проникності та пробивного поля.

Спектр випромінювання ТПЕМС на основі  $\text{ZnS:SmF}_3$  з двома діелектричними шарами із  $\text{HfO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$  має три основні лінії з максимумами на 565 нм, 600 нм и 649 нм. Випромінювання в кожному піку зумовлено електронними переходами на внутрішніх оболонках атомів самарія:  $^4G_{5/2} \rightarrow ^6H_{9/2}$  (565 нм),  $^4G_{5/2} \rightarrow ^6H_{7/2}$  (600 нм),  $^4G_{5/2} \rightarrow ^6H_{5/2}$  (649 нм). Інтенсивність основних ліній випромінювання залежить від умов виготовлення. Випромінювання сприймається як оранжево-червоне.

Наведені результати дослідження залежності спектра випромінювання ТПЕМС на основі  $\text{ZnS:SmF}_3$  от амплітуди синусоїдальної напруги збудження. Виявлено, що на ділянці експоненціального росту яскравості при збільшенні напруги збудження спостерігається більш повільний ріст інтенсивності високо-частотних ліній випромінювання в спектрах електролюмінесценції порівняно з лініями випромінювання меншої частоти. Це є свідченням того, що в цьому випадку механізм збудження люмінесцентних центрів відрізняється від ударного. Припускається, що в дослідженій ТПЕМС поряд з ударним збудженням активних люмінесцентних центрів відбувається і резонансно-рекомбінаційне.

Аналізується вольт-яскравісна характеристика (ВЯХ) ТПЕМС. Показано, що ВЯХ має три ділянки. Яскравість на кожній з них добре описується емпіричною формулою:

$$B = B_0 \cdot \exp(-b/\sqrt{U}). \quad (4)$$

Досліджена частотна залежність яскравості ТПЕМС при збуд-

женні синусоїдальною напругою в діапазоні 0,2+5 кГц. Апроксимуюча степенева функція має вид

$$V = V_0 \cdot j^{\alpha} \quad (5)$$

Показник ступеня  $\alpha$  залежить від амплітуди напруги збудження і лежить в межах від 0,7 до 0,8. Із збільшенням частоти спостерігається зменшення заряду, перенесеного через активний шар ППЕЛС. Така поведінка заряду зв'язується з більш швидким зниженням діелектричної проникності діелектричних плівок порівняно з плівкою сульфід цинку при збільшенні частоти збуджуючої напруги, що приводить до зниження напруженості електричного поля в плівці сульфід цинку за рахунок перерозподілу напруги між напівпровідниковою і діелектричною плівками. В результаті частотна залежність яскравості стає сублінійною.

З вимірених значень яскравості і заряду розраховувалась світлова ефективність. Проаналізовані умови виникнення максимуму в залежності світлова ефективність-напруга.

Експериментально досліджені хвилі активного струму і хвилі яскравості ППЕЛС. Збільшення зсуву фаз між максимумами хвиль струму і напруги з ростом амплітуди синусоїдальної напруги збудження, яке прикладається до ППЕЛС пояснюється особливостями кінетики електричного поля в напівпровідниковій плівці та узгоджується з результатами теоретичних розрахунків.

Проаналізовані хвилі яскравості при різних амплітудах імпульсу збудження. Загасання світіння в ППЕЛС на основі  $ZnS:SmF_3$  після закінчення імпульсу збудження не залежить від його амплітуди. Ділянка загасання хвиль яскравості добре описується сумою експонент з різними сталими часу спаду. Припускається, що випромінювання в  $ZnS:SmF_3$  зумовлено різними комплексними центрами, які утворені самарієм у сульфіді цинку.

Встановлено, що хвилі яскравості, зумовлені імпульсами збуджуючої напруги різної полярності, асиметричні. Сильніше з'являється асиметрія виявляється при напругах поблизу порогових. Це може бути зв'язано з різницею меж поділу по обидві сторони від сульфід цинку, а саме, з існуванням ПЕС з різними енергіями активації  $E_{331}$  і  $E_{332}$ , причому  $E_{331} < E_{332}$ . Концент-

рація ПЕС з енергією активації  $E_{ss2}$  однакова на обох межах поділу, а концентрація ПЕС з енергією активації  $E_{ss1}$  різна. Крім того концентрація глибоких ПЕС більша концентрації мілких ПЕС.

Досліджені концентраційні залежності характеристик ТПЕМС на основі  $ZnS:SrF_3$ . Зміна концентрації  $SrF_3$  від 0,5 до 5 мас.% і температури відпалу в вакуумі від 300 до 500 °С практично не змінює спектри випромінювання ТПЕМС. Максимальна яскравість і ефективність при збудженні ТПЕМС синусоїдною напругою частотою 5 кГц спостерігається при концентрації  $SrF_3$ , яка дорівнює 1 мас.%.

Час спаду яскравості структур при збудженні ТПЕМС біполярними імпульсами частотою 100 Гц тривалістю 100 нс, при збільшенні концентрації  $SrF_3$  монотонно зменшується. Найбільш сильний вплив концентрація активатора чинить на швидку компоненту загасання хвиль яскравості. При збільшенні концентрації ця компонента зменшується, тоді як повільні компоненти практично не змінюються.

У п'ятому розділі наведені результати дослідження електрофізичних та оптичних характеристик системи  $ScF_3-NdF_3$ , а також ТПЕМС  $ITO-(Sc,Nd)F_3-ZnS:SmF_3-(Sc,Nd)F_3-Al$ .

Обидва компоненти системи  $ScF_3-NdF_3$  є діелектриками. Аналізуються недоліки кожного компонента.

Наведені режими технологічного процесу осадження термостабільного тонкоплівкового діелектрика в вакуумі при резонансному нагріванні суміші порошоків  $ScF_3$  і  $NdF_3$ .

Наведені результати вимірювань діелектричних параметрів тонкоплівкових конденсаторів с діелектричними плівками  $ScF_3-NdF_3$ . Високі значення величини питомого заряду і висока термостабільність тонкоплівкового діелектрика на основі системи  $ScF_3-NdF_3$  зв'язується з утворенням твердого розчину при термодинамічно неравноважних умовах осадження.

В діапазоні концентрації фториду неодиму 30-90 мол.% одержується матеріал, який перевернує традиційно використовуваний в електроніці безкисневий нітрид кремнію за величиною питомого заряду.

По обвідним екстремумам пропускання інтерференційної картини розраховувався показник заломлення  $n(\lambda)$  плівок

$ScF_3-NdF_3$ . В області спектра 400 - 700 нм показник заломлення плівки змінюється від 2,1 до 1,7.

Проаналізований вплив кисню в активному шарі на випромінювальні властивості ТПЕЛС. Показано, що можливі дифузія кисню в поверхневий шар напівпровідникової плівки з утворенням центрів гасіння люмінесценції та поява нестабільності характеристик, зниження інтенсивності електролюмінесценції і фотолюмінесценції, збільшення порогової напруги. Утворення окисульфідів цинку в напівпровідниковому шару та присутність окислів деяких металів викликають деградацію яскравості внаслідок формування безвипромінювальних комплексів активатора.

Одержані ТПЕЛС  $ITO - (Sc, Nd)F_3 - ZnS:SmF_3 - (Sc, Nd)F_3 - Al$  і досліджені їх характеристики. Порівняння вольт-яскравісних та вольт-зарядових характеристик ТПЕЛС на основі  $ZnS:SmF_3$  з оксидними і безкисневими діелектриками показало, що ефективність структур з діелектриками із вмістом фтору у 1,5 - 2 рази вище ефективності структур з оксидними діелектриками. Збільшення ефективності електролюмінесценції ТПЕЛС з  $ScF_3-NdF_3$  зв'язується з формуванням межі поділу діелектриків  $ZnS$  з більш глибокими рівнями порівняно з меєю поділу оксидний діелектрик -  $ZnS$ .

У підсумку сформульовані головні результати дисертації.

#### ВИСНОВКИ

1. Встановлені кінетичні залежності напруженості електричного поля, струму і яскравості в напівпровідниковій плівці ТПЕЛС шляхом числового розв'язання системи рівнянь. Уперше показано, що при розрахунку хвиль яскравості необхідно ураховувати залежність квантової ефективності електролюмінесценції від напруженості електричного поля.

2. Показано, що за величиною фазового зсуву між максимумом струму в напівпровідниковій плівці і максимумом напруги збудження можна визначити густину поверхневих електронних станів на межі поділу діелектрик-напівпровідник ТПЕЛС.

3. Встановлений зв'язок між складом і діелектричними властивостями тонкопліткових систем  $HfO_2-Nd_2O_3$  і  $ScF_3-NdF_3$ .

Плівки  $HfO_2-Nd_2O_3$  можна використовувати як діелектричні

шари ТПЕЛС, що забезпечує зниження порогової напруги у 1,5-2 рази порівняно з ТПЕЛС, в яких традиційно використовується, наприклад,  $Y_2O_3$  або  $Al_2O_3$ .

Запропонований метод одержання термостабільного безкисневого тонкоплівкового діелектрика з високим питомим зарядом на основі систем  $ScF_3:NdF_3$ . Метод захищений авторським свідоцтвом на винахід.

4. Механізм електролюмінесценції в ТПЕЛС на основі  $ZnS:SmF_3$  визначається конкуренцією процесів ударного та резонансно-рекомбінаційного збудження активних центрів.

5. Частотна залежність яскравості в ТПЕЛС на основі  $ZnS:SmF_3$  пояснюється більш швидким зниженням діелектричної проникності діелектричних плівок порівняно з плівкою сульфїду цинку при збільшенні частоти збуджувачої напруги.

6. Загасання світіння в ТПЕЛС на основі  $ZnS:SmF_3$  описується сумою експонент з різними сталими часу спаду, що пояснюється утворенням різних комплексів самарію в плівці сульфїду цинку. Сильна асиметрія хвиль яскравості в галузі порогової напруги зв'язується з існуванням на межі поділу ПЕС з різною концентрацією та енергією активації.

7. Ефективність електролюмінесценції ТПЕЛС залежить від частоти і амплітуди напруги збудження, густини і енергії активації поверхневих електронних станів межі поділу діелектрик-напівпровідник, концентрації активатора, технології виготовлення та конструктивних особливостей ТПЕЛС.

8. Концентраційних ефектів в спектрах випромінювання ТПЕЛС на основі  $ZnS:SmF_3$  при вмісті активатора від 0,5 до 5 мас.% не виявлено. Максимальна яскравість при збудженні ТПЕЛС синусоїдальною напругою частотою 5 кГц спостерігається при концентрації  $SmF_3$ , яка дорівнює 1 мас.%.

#### ГОЛОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНО В РОБОТАХ:

1. Андриянов А.В., Миронов В.С., Родионов В.Е., Сузарев Д.Г., Цацко В.И. Электролюминесценция тонкопленочных  $Mn^{2+}$  структур с фторсодержащими и оксидными диэлектриками. // Письма в ЖТФ. - 1991. - Т. 17, No. 3. - С. 50-53.

2. Сузарев Д.Г., Миронов В.С., Андриянов А.В., Иванов И.К. Электролюминесцентные структуры с изменением цвета све-

чения. // Письма в ЖТФ. - 1993. - Т. 19(24). - С. 54-60.

3. Сухарев Ю.Г., Андриянов А.В., Миронов В.С. Кинетика электрического поля, волны тока и яркости в тонкопленочных электролюминесцентных структурах. // ЖТФ. - 1994. - Т. 64-В.8. - С. 48-54.

4. Сухарев Ю.Г., Акулович И.Л., Миронов В.С., Андриянов А.В., Жеревчук В.В. Электрофизические свойства пленок систем  $ZrO_2 - Y_2O_3$ ,  $HfO_2 - Nd_2O_3$ ,  $HfO_2 - Y_2O_3$  // Неорганические материалы. - 1994. - Т. 30, No. 4. - С. 556-558.

5. Сухарев Ю.Г., Цацко В.И., Магунов Р.Л., Андриянов А.В. Способ получения термостабильного бескислородного диэлектрика. // А.С. № 1742862. Зарегистрировано 22 февраля 1992 г.

6. Сухарев Ю.Г., Миронов В.С., Антонов С.Ю., Тростянская Н.И., Цацко В.И., Андриянов А.В. Многоцветные устройства отображения информации. // Деп. в УкрНИНТИ 25.01.89. - No. 397- Ук89.

7. Сухарев Ю.Г., Цацко В.И., Магунов Р.Л., Андриянов А.В. Получение и электрофизические свойства диэлектрических пленок твердых растворов фторидов скандия и неодима. // Всесоюзное научно-техническое совещание "Пути совершенствования технологии полупроводниковых и диэлектрических материалов электронной техники.": тез. докл. - Одесса. - 1988. - С. 18.

8. Сухарев Ю.Г., Андриянов А.В., Миронов В.С. Кинетика электролюминесценции тонких пленок на основе  $ZnS:TbF_3$ ,  $ZnS:SmF_3$  при различных условиях возбуждения. // Расширенное заседание секции электролюминесценции научного совета по люминесценции АН СССР: тез. докл. - Вильнюс. - 1989. - С. 57.

9. Сухарев Ю.Г., Андриянов А.В., Миронов В.С., Цацко В.И. Получение и свойства тонкопленочных электролюминесцентных структур с фторсодержащими диэлектриками. // Всесоюзный семинар "Физико-химические свойства многокомпонентных полупроводниковых систем. Эксперимент и моделирование.": тез. докл. Одесса, июнь, 1990. - Новочеркасск. - 1990. - С. 51.

10. Сухарев Ю.Г., Цацко В.И., Андриянов А.В., Карфидов В.В. Электрофизические характеристики тонкопленочных электролюминесцентных МДП-структур. // VI Республиканская конференция "Физические проблемы МДП-интегральной электроники": тез. докл. Севастополь, июнь, 1990. - Киев. - 1990. - С. 161.

11. Миронов В.С., Антонов С.Ю., Цацко В.И., Андриянов А.В. Исследование параметров электролюминесцентных структур. // Межотраслевая научно-производственная конференция "Развитие и совершенствование телевизионной техники": тез. докл.- Львов.- 1991.-С.114.

12. Сухарев Ю.Г., Антонов С.Ю., Иванов И.К., Андриянов А.В., Миронов В.С. Деградация тонкопленочных электролюминесцентных структур в процессе электротренировки //III Всесоюзная конференция "Физические основы надежности и деградации полупроводниковых приборов": тез. докл.-Кишинев.-1991.-С.162.

13. Сухарев Ю.Г., Антонов С.Ю., Иванов И.К., Андриянов А.В., Миронов В.С. Деградация тонкопленочных электролюминесцентных структур на основе сульфида цинка.//X Всесоюзная конференция по электролюминесценции: тез. докл.-Ангерск.-1991.- С.90.

14. Андриянов А.В., Сухарев Ю.Г., Миронов В.С., Иванов И.К. Моделирование кинетики электрического поля в тонкопленочных электролюминесцентных структурах.//IV Международная конференция "Физика и технология тонких пленок": тез. докл.-Ивано-Франковск.-1993.-С.63.

15. Миронов В.С., Андриянов А.В., Сухарев Ю.Г., Иванов И.К. Спектрально-кинетические характеристики электролюминесценции тонких пленок  $ZnS:LnF_3$  //IV Международная конференция "Физика и технология тонких пленок": тез. докл.-Ивано-Франковск.- 1993.-С.402.

16. Sukharev Yu.G., Andriyanov A.V., Akulyushin I.L. Generation and Relaxation Processes in TPEL Structures. // 1994 International Workshop on Electroluminescence. Digest of Technical Papers. - 1994.

17. Sukharev Yu.G., Akulyushin I.L., Andriyanov A.V., Mironov V.S. Thin Film Insulator for MISIM Structures.//1994 International Workshop on Electroluminescence. Digest of Technical Papers. - 1994.

Andriyanov A.V. Electroluminescence thin film layer structures on the  $ZnS:SmF_3$  base with manycomponent dielectrics. The dissertation in the form of manuscript for a Master's

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

Degree in field of solid state physics. Odessa State University. Odessa, 1995.

The aim of this work is investigation of electroluminescence of thin film layer structures based on  $ZnS:SmF_3$  with new dielectrics. Factors, influencing on electroluminescence efficiency are ascertained. The computer modeling of electric field kinetics, current and brightness waves in  $ZnS$  film are carried out. Model, which take account of the influence of the electric field strength on the electroluminescence efficiency is proposed. This model describes observed characteristics.

Андриянов А.В. Электролюминесценция тонкопленочных слоистых структур на основе  $ZnS:SmF_3$  с многокомпонентными диэлектриками.

Диссертация в виде рукописи на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 01.04.07 - физика твердого тела. Одесский государственный университет. Одесса, 1995.

Цель работы - исследование электролюминесценции тонкопленочных слоистых структур на основе  $ZnS:SmF_3$  с новыми диэлектриками. Выявлены факторы, влияющие на эффективность электролюминесценции ТПЭС. Проведено компьютерное моделирование кинетики электрического поля, воли тока и яркости в пленке  $ZnS$ . Предложена модель, учитывающая влияние напряженности электрического поля на эффективность электролюминесценции. Модель описывает наблюдаемые характеристики.

Ключові слова: електролюмінесценція, поверхневі електронні стани, ефективність.

---

Підписано до друку 11.10.95. Фогчат 60x84/16.

Папір письмовий. Друк офсетний. 0,93 ум.друк.арк. 1,0  
облік.- вид. арк. Тираж 100 прим. Замовлення № 266.

---

Одеський державний політехнічний університет  
270044, Одеса, пр.Шевченка, 1.