

Дебелослойна технология за производство на електролуминисцентни дисплеи

Проф. д-тн Т. Б. Таков, проф. д-р Т. Д. Нешков, З. Н. Узунов
Технически университет – София

Резюме: Този доклад представя разработката на технология за електролуминисцентни дисплейни структури с електролюминофорина фирмите Dupont и Aqua върху гъвкави подложки. Експерименталните резултати от опитните образци дават основание да се направят изводи както за подобряване на технологията за производство, така и за оптимизиране на режимите за експлоатация и създаване на подходящ дизайн с цел постигане на по-качествено осветление при минимизиран разход на енергия.

Ключови думи: електролуминисцентни дисплеи, дебелослойна технология, гъвкави подложки, ситопечатна техника

Въведение

Електролуминисценцията се нарича луминисценцията, при която светещото тяло черпи енергия непосредствено от електрическо поле. Различават се два вида електролуминисценция – инжекционна, която възниква в PN преход, включен в права посока и предпробивна, която възниква при особено силни полета. Предпробивна електролуминисценция се наблюдава при прахообразните цинкосулфидни електролюминофори, диспергирани в диелектрик и разположени между електродите на кондензатор в силно променливо поле. Понастоящем този вид електролуминисценция най-широко се прилага в електролуминисцентните устройства.

Съществуват два вида електролуминисцентни дисплейни структури (ЕЛДС) – за променливо и постоянно напрежение. За този вид структури се използват прахообразни и дебелослойни луминофори, отложени по различни технологии. В зависимост от приложението, дисплейните структури могат да бъдат с различен цвят на светене, конфигурация и линейни размери. Сравнително широко се използват структурите с дебелослоен луминофор (цинков сулфид) нанесени върху стъклена подложка чрез дебелослойна технология. Много перспективни са новоразработвани структури, получавани върху гъвкава подложка.

В този доклад са разгледани особеностите на ЕЛДС, изготвени от неорганични електролюминофори върху гъвкава подложка чрез дебелослойна технология.

Дебелослойна технология

За изработването на ЕЛДС чрез дебелослойна технология се използват две основни технологични направления, в зависимост от природата и свойствата на материалите, използвани в качеството на свързващо вещество (биндер):

- структури с органичен биндер ;
- структури с неорганичен биндер.

За нанасянето на биндерните слоеве най-подходяща е ситопечатната техника. При използването на ситопечат трябва да се посочат две важни свойства на течността (използвания лак или хетерогенна смес): вискозитет(вътрешно триене) и повърхностно опъване. Електролуминисцентната хетерогенна смес се състои от електролюминофор, диспергиран в полиестерен биндер с висока молекулна маса (4000-6000 mol/un). Епоксидната смола съдържа 4-5 % фенол за осигуряване на нейната стабилност.

Експериментите са провеждани във фирма ХИС АД – софия и ТУ-София. Електролуминисцентните дисплейни структури са изработени на базата на електролюминофориот фирмите Dupont и Aqua и излъчват в зелено-син цвят. Особеното при разработваните структури е тяхната забележителна гъвкавост и малка

дебелина. Относително голямата площ на образците (20-25cm²) наложи изработване на специална измервателна установка. Използваното оборудване за ситопечат се състои от:

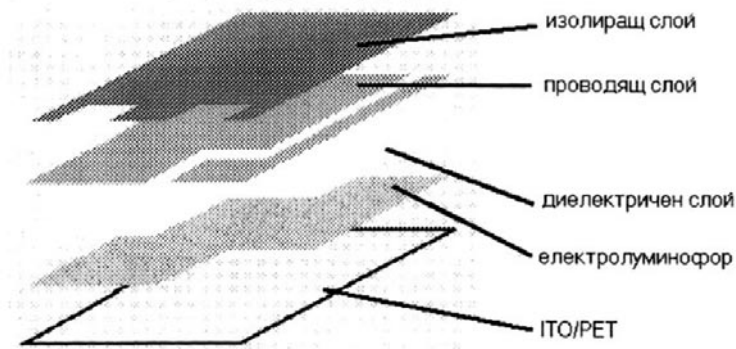
- Полиестерно сито с размер на отворите в зависимост от вида на лака и електролуминисцентната хетерогенна смес. Подходящи за изготвянето на ЕЛДС са ситовите тъкани тип Т-100 и Т-110, за нанасяне на киселоустойчив лак и тъкани тип Т-51HD и Т-77, за нанасяне на електролуминисцентна хетерогенна смес, произведена от Switzerland Screen Printing Fabric. Върху полиестерната тъкан на ситото чрез подходящ фотошаблон се оформя съответната ситомаска за нанасяне на слоя.
- Държател на ситовата тъкан, с помощта на който се осъществява съвместяване на ситото и гъвкавата подложка.
- Държател на подложката, който е необходим за точното и фиксиране спрямо осите Х и Y.
- Пластмасов ракел, с помощта на който се запълват с паста (лак или хетерогенна смес) отворите на ситото, а след това пастата се пресова при допира с подложката. Необходимо е да се спазва постоянен „ъгъл на атака“ (ъгълът, сключен между ракела и повърхността на ситото) и постоянен натиск. Острието на ракела се изготвя от синтетичен хлоропренов каучук, уретан, полиуретан и др.
- Метален държател на ракела.
- Върху ситопечатната технология влияят следните основни фактори:
- Реология на пастите. Необходимо е те да са с достатъчна подвижност.
- Подложката и нейните качества - вид на материала, плоскопаралелност, деформация, точност на размерите, чистота на повърхността и др.
- Геометрия на маската, оформена върху ситопечатната тъкан.
- Скоростта на връщане на ситото в изходно положение.
- Материалът, формата и движението на ракела.
- Експериментиранияте електролуминисцентни дисплейни структури се характеризират със следните основни характеристики:
- Зависимост на яркостта на светене от стойността на възбуждащото напрежение.
- Спектър на светене. Той зависи от условията на възбуждане и главно от честотата на възбуждащото напрежение.
- Светлинен добив, т.е. отошеното на мощността, излъчена във вид на светлина, към електрическата мощност, погълната от електролуминисцентната структура.
- Инерционни характеристики.
- Температурна зависимост на характеристиките на електролуминисценция.
- „Старене“ на електролюминофорите. То се проявява в това, че яркостта на светене на ЕЛДС намалява с течение на времето на работа.
- Надеждност.
- Контраст на ЕЛДС.

Тъй като по време на експериментите не беше възможно да се изследват всички характеристики на електролуминисценцията, то беше обърнато внимание само на тези с най-голямо практическо отношение, а за останалите продължават изследванията.

Експериментални образци

Разработени са три вида опитни образци, съответно А, Б и С. Всеки от тях е изработен на базата на електролюминофор и диелектрик (биндер) на фирмата Dupont. Структурите излъчват синьо-зелен цвят.

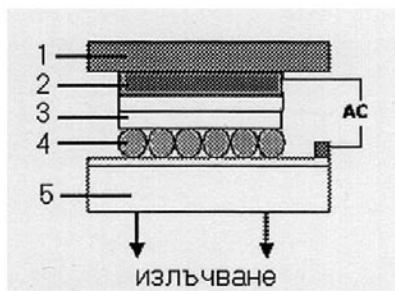
Образец А, чиято структура е посочена на фиг 1, е изработен на базата на електролюминофор 1NPOO2. Луминофорът се продава от производителя като две отделни съставки – смола и луминофорен прах, които се смесват според изискванията на клиента. Другите компоненти на структурата са : диелектрик – 1IND001, проводящ слой – 1INC001 и изолационен слой -452SS.



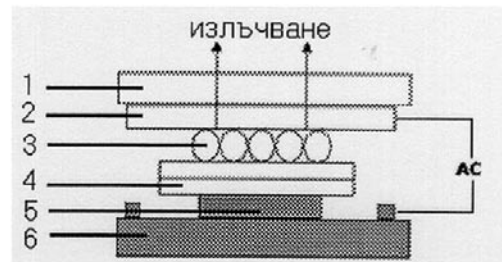
Фиг. 1.

Образец В (фиг. 2) е изработен на базата на електролуминофор 7151J и полиестер. Другите компоненти на структурата са : диелектрик – 7154НК , проводящ слой – 7144RE на базата на сребро (Ag) и капсулиращ слой -5018UVC.

Образец С е изработен на базата на електролуминофор 7151J и PWB подложка. Останалите компоненти на структурата са: диелектрик – 7153НК, проводящ слой -5000RE на базата на сребро (Ag) и преден проводящ слой -7164FE.



Фиг. 2. Структура на опитен образец В : 1- капсулиращ слой, 2- проводящ слой, 3 – диелектричен слой, 4 – електролуминофор, 5 –ITO полиестерен слой



Фиг. 3. Структура на опитен образец С : 1- преден прозрачен електрод, 2 – проводящ ITO слой, 3 – електролуминофор, 4 – диелектричен слой, 5 – проводящ слой, 6 – PWB субстратен слой

Образец А има светеща площ $S = 80 \times 80 \text{ mm} = 32 \text{ cm}^2$, нанесена върху полимерна подложка с ITO слой, имаща размери $60 \times 100 \text{ mm}$. Образци В и С имат еднаква светеща площ $S = 34 \times 41 \text{ mm} = 14 \text{ cm}^2$, нанесена върху полимерна подложка с ITO слой с размери $50 \times 50 \text{ mm}$.

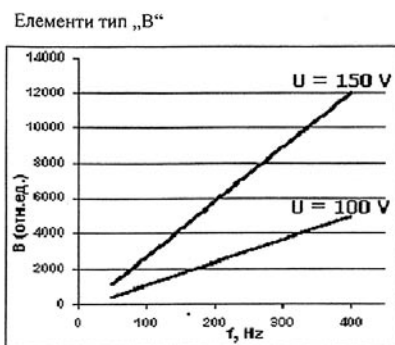
Яркостта на светене на изследваните структури се измерва чрез прецизен фотоумножител. Измерването се осъществява в специално разработена установка, като възбуждащото напрежение е синусоидално и се изменя в границите от 0 до 160 V за амплитуда и 50 до 1200 Hz за честота.

На фиг.4,5 и 6 са показани светите

яркостно – честотни характеристики на

при две стойности на амплитудата съответно за образци В, А и С.

Измерванията показват, че структурите имат до няколко пъти по-голяма яркост на светене при честота 400 Hz, отколкото при 50 Hz. По-нататъшното увеличаване на честотата не води до увеличаване на яркостта на светене, тъй като структурата изпада в състояние на насищане и процесите в нея не могат да завършат



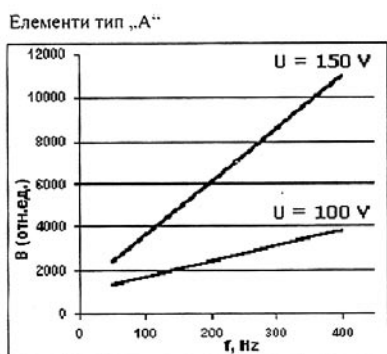
Фиг. 4

преди началото на новия период на захранващо напрежение.

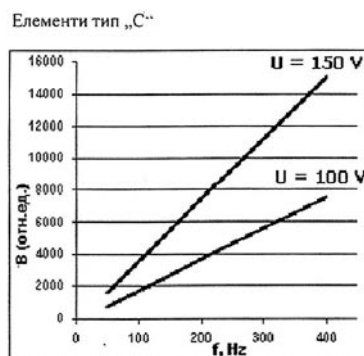
Характерно за структурите тип А е наличието на постоянен ток през структурата. Този ток има стойности от порядъка на стотици микроампери. Наличието му се обуславя от значителната площ на образеца, което предполага разпределянето на значителни токове без да настъпва пробив или смущения в режима на работа. Поради това може да се заключи, че подобни структури могат да издържат свръхнапрежение в продължение на няколко минути, без това да доведе до трайни изменения в структурата им.

След направените измервания на образци тип В се установи, че те имат по-добри яркостни характеристики от тип А. Най-висока яркост на светене се наблюдава при честота на възбуждащото напрежение 600 Hz. При тази честота яркостта на светене е 6 пъти по-голяма, отколкото тази за тип А при 400 Hz. При по-високи честоти структурата става нестабилна, което се изразява с нарушения в зависимостта на яркостта на светене от възбуждащото напрежение.

След направените измервания на



Фиг. 5



Фиг. 6

образци тип С се установи, че яркостта на светене се увеличава с увеличаване на честотата и амплитудата на възбуждащото напрежение, като най-голяма яркост на светене се наблюдава при $f = 1$ kHz.

В сравнение с образци тип В тези структури се характеризират с по-голяма стабилност на характеристиките, но с почти 2 пъти по-малка яркост. Това прави образци тип С подходящи за използване в по-широк честотен диапазонотколкото образците от останалите два типа, като се съчетават стабилността на структури тип А с голямата яркост на светене на структури тип В.

След този сравнителен анализ на трите изследвани типа електролуминисцентни структури, получени по работената дебелослойна технология, може да се направи извода, че най-добри характеристики има тип С. Той запазва стабилност на характеристиките при всички режими при сравнително висока яркост. Образците от тип В имат най- голяма яркост в сравнение с останалите, но при честоти над 600 Hz става нестабилен.

Заклучение

Изследваните ЕЛДС, получени по дебелослойна технология, са напълно нов тип структури, които имат няколко отличителни характеристики, отличаващи ги от стандартните дисплейни елементи. Това са : ниска консумация на мощност, голяма гъвкавост на структурата, голяма яркост на светене.

Тези качества определят и сферата им на приложение – очертаване на контури в слабо осветени места в обществени сгради, оцветяване на интериора и екстериора в различни цветове и дизайнерски форми, рекламни материали, билбордове, изработката на луминисциращи дрехи и др.

Литература

1. Solid State Luminescence. Theory, Materials and Devices (Ed.by A.N.Kitai), Chapman and Hall, London, 1993.
2. Dupont Luxprint, Polimer Thick Film Materials, Electroluminescent Lamps for Backlighting and Animated Signs, 2002.
3. Durel Corporation. Product Selector Guide, Electroluminescent Materials System, USA, 2003.
4. Верещчагин И.К.: Электролюминисцентные источники света, Москва, Энергоатомиздат, 1990.