

Posudek oponenta k disertační práci

Development of light emitting Electroluminescent device by means of Material printing

Oponent: Doc. Ing. Tomáš Syrový, Ph.D., Univerzita Pardubice, Katedra polygrafie a fotofyziky

Autor disertační práce: Ing. Michal Hrabal

Vedoucí disertační práce: doc. Mgr. Martin Vala, Ph.D.

Škola: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická

Práce je zaměřená na výzkum a vývoj tištěných elektroluminiscenčních panelů (ACPEL). Na prvních 30 stranách autor zevrubně popisuje tiskové a nánosovací techniky, které se v materiálovém tisku běžně využívají pro přípravu rozličných funkčních vrstev a struktur. Pro jednotlivé depoziční techniky jsou uvedené i jednoduché vztahy definující přenos aplikačních formulací na tiskový substrát. V rámci jednotlivých technik jsou uvedeny i příklady funkčních vrstev, které byly jimi připraveny. Na tomto místě bych asi více ocenil, aby byla rešerše k daným technikám více směřována ke studovanému tématu, neboť tak citovaná literatura obsahuje odkazy na přípravu HBJ vrstev v případě štěrbínového nanášení, nebo polovodičových vrstev pro přípravu OTFT v případě kotoučového hlubotisku, přitom v odborné, či patentové literatuře lze nalézt i jejich využití pro zmiňovanou problematiku, či pro tvorbu partikulárních vrstev elektroluminiscenčních panelů. Tím by následně výběr depoziční techniky pro autorovu studii mohl být více kriticky diskutován, byť dominantní technikou je v dané oblasti síťotisk. V kapitole 4.3 je provedena rekapitulace depozičních technik včetně přehledu vybraných aplikací. V dané rekapitulaci jsou stručně zhodnoceny jednotlivé techniky z pohledu vhodnosti jejich využití směrem k ACPEL. Zde je potřeba připomenout, že i když má autor pravdu, že obecně nánosovací techniky neumožňují strukturování, byla právě technika štěrbínového nanášení dominantou v případě výroby velkoplošných elektroluminiscenčních panelů. Rovněž štěrbínové nanášení v současné době umožňuje tvorbu strukturovaných vrstev ve tvaru čtverců/obdélníků, což je běžný tvar prosvětlovacích panelů. Celkově má však literární část práce dobrý rozsah i strukturu.

V další části se autor věnuje charakterizačním technikám a interakci lidského zraku s viditelným zářením, výčtu radiometrických a fotometrických jednotek, aj. S ohledem na samostatnou kapitolu charakterizačních technik, mi přijde nesystematické zařazení popisu problematiky měření povrchového odporu a vodivosti, do spíše již experimentální části zabývající se přípravou elektrodových vrstev. Následuje experimentální část, která na cca 32 stranách popisuje výzkumnou problematiku disertační práce. V následujících kapitolách se autor věnuje přípravě a optimalizaci procesních podmínek přípravy EL panelů pro vrstvy dielektrika, elektrod a i samotné vrstvy luminoforu. Dané části jsou systematicky a věrohodně zpracovány, autor si vybral velmi vhodné charakteristiky k posouzení vlastností připravených vrstev. V daném ohledu mi trošku chybí informace o počtu charakterizovaných vzorků na jejichž základě byly stanoveny míry polohy, případně rozptýlení stanovených veličin. Logicky zahrnutá je i studie využití fotoluminiscence přidaného chromoforu pro ovlivnění emisního spektra elektroluminiscenčního panelu, která byla i u některých komerčních produktů v minulosti využívána. Autor se dále zabývá studiem vlivu parametrů použitého napětí na spektrální charakteristiky panelů, resp. i jeho vlivu na jejich stabilitu. V daném ohledu je navržena hypotéza případné nestability a na

základě modelování byly vypočteny odhady dlouhodobé stability panelů. V závěru práce je zhodnocena celá problematika přípravy elektroluminiscenčních panelů a jsou vyvozeny logické závěry.

Aktuálnost tématu

Předložená disertační práce je zaměřena na oblast tištěné elektroniky, která je velmi aktuálním tématem, jak z hlediska vědeckého výzkumu, tak i z pohledu potenciálních průmyslových aplikací. Ty zahrnují potenciální využití od reklamního průmyslu, přes bezpečnostní aplikace, až po aplikace velkoplošných světelných zdrojů.

Splnění stanovených cílů

Disertační práce měla za cíl vytvořit metodiku přípravy elektroluminiscenčních panelů na bázi ACPEL technologie za využití tiskových technik, konkrétně sitotisku. To bylo splněno za dosažení adekvátních kvalitativních parametrů vytištěných panelů, které měly plochu až 78 cm². Rovněž byly splněny i cíle vytvoření metodiky charakterizace elektroluminiscenčních panelů, která je nezbytná při jejich následné optimalizaci, či při kontrole jejich parametrů. Cíle disertace na základě kapitoly 7 spatřuji jako splněné.

Postupy zvolené k řešení problému

Autor práce zvolil k přípravě elektroluminiscenčních panelů vhodnou tiskovou techniku a rovněž použil i adekvátní přístupy k optimalizaci jednotlivých vrstev elektroluminiscenčních panelů. Rovněž byla vhodně studována problematika enkapsulace připravených elektroluminiscenčních panelů z hlediska prodloužení jejich stability. Pro charakterizaci panelů byly použity vhodné instrumentální techniky a postupy vyhodnocení naměřených dat.

Výsledky dizertační práce

Výsledky disertační práce dosahují dobrých výsledků, i když nejsou na úrovni aktuálních nejlepších možností dané technologie. V rámci použitých komerčních materiálů však lze konstatovat, že autor dosáhl jejich maxima.

Význam pro praxi a rozvoj vědního oboru

Na základě provedeného výzkumu a vývoje bylo v rámci pracoviště vytvořeno know-how, které může být využito pro následné výzkumné úkoly s praxí v rámci vývoje komerčních aplikací. Z hlediska přínosu výzkumné činnosti disertační práce je jednoznačné, že vytvořené penzum znalostí bude zúročeno v dalším vědeckém výzkumu, který zajisté bude zaměřen na oblast dosažení vyššího jasu, stability, či ovlivnění spektrálního průběhu vyzařování elektroluminiscenčních panelů.

Formální úprava dizertační práce a jazyková úroveň

Práce je psána v anglickém jazyce s dobrou a srozumitelnou úrovní jazyka. Nižší úroveň shledávám ve směru terminologické čistoty použitých termínů, kdy místy jsou použity nevhodné termíny jako „... technologii tlustostěnného elektroluminiscenčního panelu“, „printing head“ u techniky šterbinového nanášení, „open image“ u sitotiskových šablon, „industry of foil substrates“ v případě obalového průmyslu, nebo „engraved cavities“ v případě jamek rastrového válce, „pre-printing“, aj. Na Fig. 7 vpravo není zobrazeno zařízení pro nánosování zátěrem, ale jedná se o flexotiskové nátiskové zařízení. Jsou využívány různé jednotky k definici viskozity tiskových formulací cPs, Pa·s.

Z hlediska typografického jsou přítomny drobné překlepy, některé obrázky vykazují nízké rozlišení, odsazení před některými nadpisy je menší nežli odsazení k následujícím odstavcům, není správně nakládáno s indexy veličin, aj. I přes jmenované nedostatky má však práce celkově dobrou úpravu a přehlednou formu prezentace dat.

Publikování výsledků práce

Autor práce má 5 záznamů v databázi Scopus a 3 záznamy v databázi WOS, kde je hlavním autorem v jedné publikaci v periodiku s IF a spoluautorem tematicky související publikace v dalším IF periodiku. Z přehledu literatury je patrné, že je i prvním autorem aktuálně akceptovaného článku v dalším IF periodiku. Je spoluautorem kapitoly v odborné knize. Lze tedy konstatovat, že autor disertační práce splnil i požadavky kladené na publikační činnost.

Splnění podmínek § 47 odst. 4 zákona

Na základě znalostí skutečností autor práce splňuje požadavky daného zákona

Připomínky a dotazy k obhajobě

- 1) Na straně 31 píšete „From the point of this definition the films prepared by a screen-printing should not be classified as thin layers.“. Je skutečně dané tvrzení adekvátní? I v ohledu, že jste sám připravoval vrstvy na bázi PEDOT:PSS?
- 2) V Tab. 5 uvádíte, že byla použita rychlost tisku 2 m/s, jak jste danou rychlost pohybu těrky měřil a nebylo to pro zařízení „téměř nebezpečné“?
- 3) Pro Tab. 5, z kolika panelů byla získána míra polohy, resp. míra rozptýlení? Vyjadřujete ji znakem \pm , tzn. že se jedná o nejistotu střední hodnoty?
- 4) Jak byly experimentálně měřeny spektrální charakteristiky, resp. intenzita vyzařování? Uvedte schéma, či fotografii instrumentálního uspořádání. Též by mě zajímala použitá instrumentace, v práci jsem nenalezl její soupis.
- 5) Více rozveďte možné vlivy na výsledky intenzity vyzařování elektroluminiscenčních panelů za použití elektrod na bázi PEDOT:PSS resp. uhlíkového kompozitu.
- 6) Proč byly provedeny testy stability jen po dobu 100 hodin, když z daných dat jsou následně prováděny predikce v řádu cca 2000 hodin?
- 7) Jak jste hodnotil homogenitu emise viditelného záření u připravených panelů?
- 8) V souvislosti s experimenty s přidavkem Rhodaminu B jste neprováděl ekvivalentní ředění pasty luminoforu, aby jste potvrdil/vyvrátil efekt luminiscenčního aditiva?
- 9) Dokázal by jste, na základě Vámi naměřených dat, stanovit konverzní účinnost přeměny elektrické energie na zářivou, především z pohledu viditelného záření? Víte jaká je úroveň konverzní účinnosti dané technologie?

Závěr

Na základě předložené práce a z pohledu publikace jejích výsledků v odborné literatuře lze konstatovat, že autor práce plně prokázal vědecky samostatně pracovat a že přispěl k rozvoji problematiky v rámci pracoviště. Disertační práce odpovídá obecně kladeným požadavkům nezbytným pro udělení akademického titulu Ph.D. Předloženou práci doporučuji k obhajobě.

V Pardubicích 3. června 2019



.....

Doc. Ing. Tomáš Syrový, Ph.D.