

DESIGN AND CHARACTERIZATION OF ORGANIC SEMI-CONDUCTOR COMPONENTS

Martin Juračka

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xjurac03@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Sedláček

E-mail: xsedla44@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: This work describes basic materials for production of organic thin film transistors (OTFT) and it presents designed structure of OTFT transistors with their measured VA characteristics. Furthermore, the process of manufacturing samples is introduced and as a result, the comparison of the measured parameters is stated for individual structures during the darkness and light. Two sets of structures have been designed. The first one contains three samples out of which only two samples have been used for measurements and the second set consists of four samples of OTFT transistors which will be characterized after all manufacturing operations.

Keywords: DPP, conjugated polymers, small molecule materials, pentacen, semiconductor, flexible material, VA characteristic

1. ÚVOD

Organické polovodičové součástky nejsou výdobytkem několika posledních let moderní doby. První experimenty s polovodivými polymery probíhaly již v roce 1977. Od té doby na tento zásadní objev navázalo mnoho vědeckých skupin i univerzit s cílem vyvinout organický tranzistor, který by mohl zastoupit dnes běžně používané tranzistory na bázi křemíku.

Tato práce popisuje navržené 2 sady struktur organických TFT tranzistorů, jejich výrobu a výsledky měření na jednotlivých strukturách.

2. MATERIÁLY PRO ORGANICKÉ TFT TRANZISTORY

Organické polovodivé materiály lze v podstatě rozdělit na dvě skupiny a to konjugované polymery a nízkomolekulární materiály [1].

2.1 Konjugované polymery

Polymery jsou všeobecně známy jako izolanty. Elektrické vodiče se z nich stávají až účinkem dopování sloučeninami. Podstatný rozdíl mezi dopováním anorganických a organických polovodičů spočívá v tom, že u anorganických látek dokážeme výrazně ovlivnit elektrické vlastnosti materiálu již při stopových koncentracích dopující látky, u polymerů potřebujeme řádově vyšší koncentrace – jednotky až desítky procent. Mezi nejběžnější konjugované polymery patří polyacetylen a polyanilin [2].

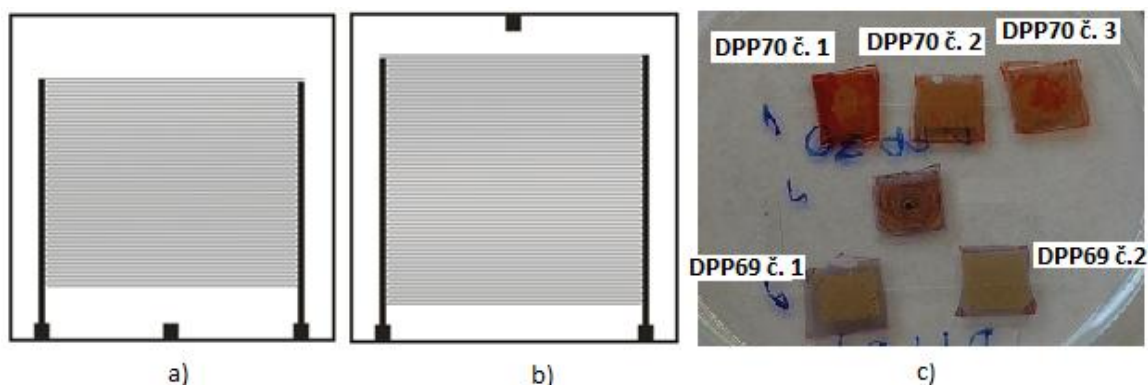
2.2 Nízkomolekulární materiály

Mnoho nízkomolekulárních materiálů je nerozpustných v běžných organických rozpouštědlech, ale často je lze bez problémů nanášet teplotním napařováním ve vakuu nebo nanesením organické plynné fáze. Mezi tyto materiály patří, mimo jiné, pentacen. Zájem o pentacen v posledních letech dramaticky vzrostl díky tomu, že se tenké vrstvy pentacenu chovají jako polovodič *p* typu a mohou tak být použity k výrobě organických tranzistorů OFET [1], [3].

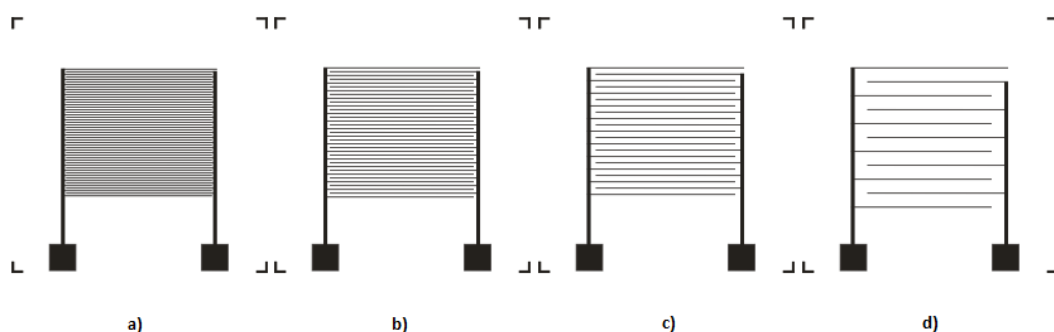
3. NÁVRH STRUKTUR ORGANICKÝCH TFT TRANZISTORŮ A VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Celkem byly navrženy 2 sady vzorků. První obsahuje 3 struktury vyrobené na skleněném substrátu lišící se velikostí aktivní plochy a umístěním elektrody hradla. Jako aktivní polovodivý materiál byl použit diketopyrrolopyrrol (DPP). K praktickému měření byly použity jen 2 struktury na obrázku 1 a) a b), které mají větší aktivní plochu. Druhá sada vzorků (obrázek 2) obsahuje 4 struktury. Ty se vzájemně liší mezerami v hřebínkovité struktuře. Nové struktury budou, na rozdíl od těch stávajících, vyrobeny na flexibilním podkladovém materiálu.

Technologický postup výroby vzorků sestává z vytvoření hřebínkovité struktury na základním skleněném nebo flexibilním substrátu, vytvořením vodivé struktury a nanesením organické polovodivé vrstvy metodou spin coated (rotační metoda nanášení tenkých vrstev). Všechny tranzistory mají délku i šířku 1 cm, mezery v hřebínkovité struktuře jsou u první sady vzorků 50 μm , u druhé sady jsou mezery 50 μm , 100 μm , 200 μm a 500 μm .



Obrázek 1 Struktury navržených a vyrobených tranzistorů první sady



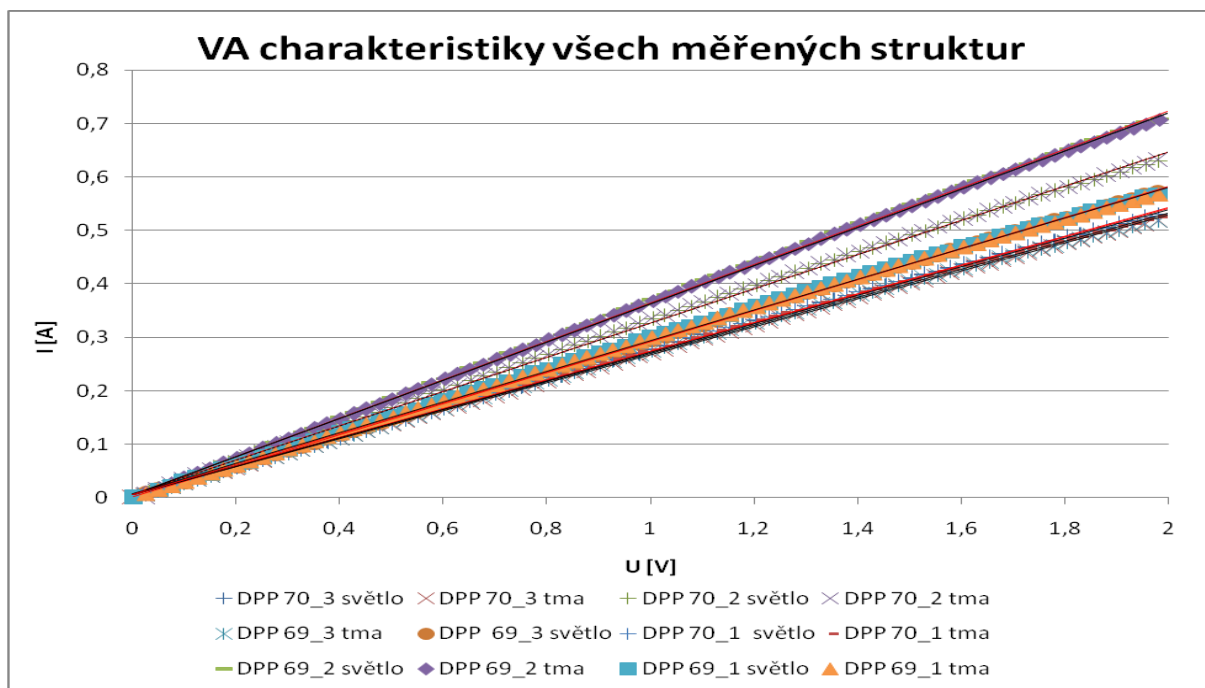
Obrázek 2 Nové 4 návrhy tranzistorových struktur (druhá sada vzorků) s různou mezerou v hřebínkovité struktuře: a) 50 μm , b) 100 μm , c) 200 μm , d) 500 μm

Výsledky měření

Naměřené VA charakteristiky struktur vykazují jen odporový charakter. Měření probíhalo za světla i za tmy kvůli možnému vlivu světla na aktivní polovodivou vrstvu. Výsledky měření jsou souhrnně prezentovány v jednom grafu na obrázku 3 a v tabulce 1. Vliv světla na struktury je zanedbatelný. Největší změna odporu při změně osvětlení je 0,361 Ω u vzorku DPP69 č. 3, některé struktury na světlo nereagovaly vůbec. Největší naměřený odpor představuje vzorek DPP70 č. 3, který je 3,81 Ω za tmy. Nejmenší pak vzorek DPP69 č. 2 s odporem 2,79 Ω za světla. U žádného vzorku se nepodařilo změřit VA charakteristiku podobnou diodě, jako je tomu typické u běžných TFT tranzistorů. Z tohoto důvodu byly navrženy další struktury tranzistorů (obrázek 2), které se od těch stávajících liší různou mezerou v hřebínkovité struktuře a jsou vyrobeny na flexibilním substrátu.

	G [S]		R [Ω]	
	světlo	tma	světlo	tma
DPP69 č. 1	0,2874	0,2874	3,479471	3,479471
DPP69 č. 2	0,3586	0,3575	2,788622	2,797203
DPP69 č. 3	0,2905	0,2629	3,442341	3,803728
DPP70 č. 1	0,2672	0,2661	3,742515	3,757986
DPP70 č. 2	0,3202	0,3202	3,123048	3,123048
DPP70 č. 3	0,2688	0,2619	3,720238	3,818251

Tabulka 1 Hodnoty vodivosti a odporu všech měřených struktur



Obrázek 3 Graf všech měřených vzorků

4. ZÁVĚR

Dosavadní měření na vzorcích první sady nepotvrdilo polovodivý charakter navržených struktur s materiálem DPP. Všechny vzorky vykazují jen odporový charakter. Z tohoto důvodu byly navrženy 4 další struktury druhé sady, z nichž každá struktura má jinou mezeru v hřebínkovité struktuře. Nově navržené struktury budou po všech výrobních operacích podrobeny charakterizaci.

REFERENCE

- [1] KLAUK, Hagen. Organic thin-film transistors. In *Chemical Society Reviews*. [s.l.] : [s.n.], 2010. s. 2643-2666.
- [2] NEŠPŮREK, Stanislav; PROKEŠ, Jan; STEJSKAL, Jaroslav. *Vodivé polymery / Časopis Vesmír / 80, 35, 2001/1 / vesmir.cz* [online]. 2001/1 [cit. 2011-12-02]. Vodivé polymery. Dostupné z WWW: <<http://www.vesmir.cz/clanek/vodive-polymery#box1>>.
- [3] PICHIERRI, Fabio. *Pentacene* [online]. 2006 [cit. 2011-12-02]. Pentacene. Dostupné z WWW: <<http://www.chm.bris.ac.uk/motm/pentacene/pentacene.htm>>.