

NEGATIVE PHOTORESIST EXPOSITION WITH LED APPLICATION

Jiří Chmelík

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xchmel10@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Starý

E-mail: stary@feec.vutbr.cz

Abstract: The purpose of this work is conception and realization of exposition unit for negative photoresist with ultra violet light emitting diodes application. For conception of this unit is necessary understanding of physical laws about light and radiation. The major part of this work is dealing with conception and construction of matrix array of LED. Next parts are about conception of power source, vacuum frame and timer controller. Final part is testing of matrix array and exposition times.

Keywords: exposition unit, exposition, negative photoresist, LED

1. ÚVOD

Pro výrobu desek plošných spojů se v dnešní době používá téměř výhradně expozice fotorezistu pomocí ultrafialového záření. Ve většině případů se používá výbojkových zářivek navržených pro vyzařování UV světla. Tyto zářivky však mají menší životnost než LED diody. LED dále také poskytují mnoho dalších možností využití, jako je například homogenní expozice trojrozměrných nepravidelných tvarů DPS. Tato práce je zaměřena na návrh expoziční jednotky pro laboratorní účely využívající UV LED.

2. ROZBOR

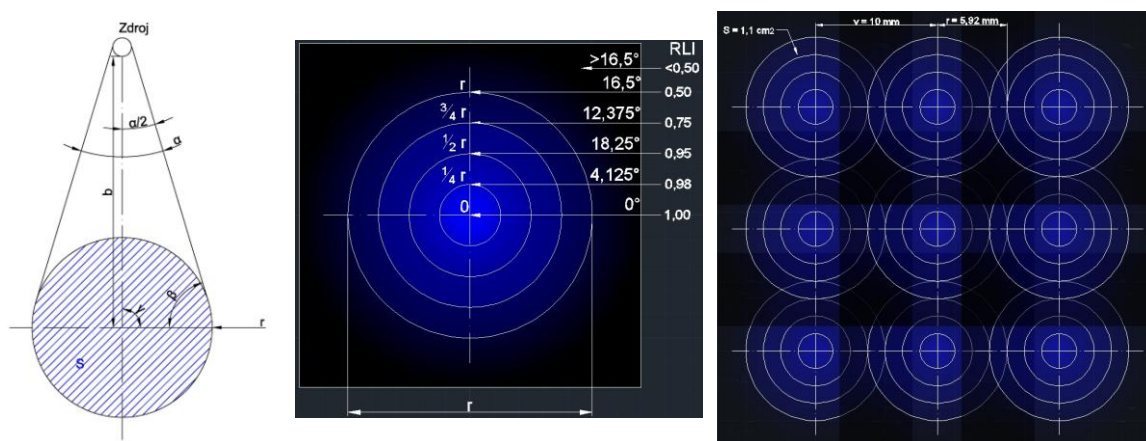
Pro správný návrh expoziční jednotky je třeba znát obecné informace ohledně fyzikálních zákonů záření, fotorezistu a LED diod. Expoziční jednotka bude obsahovat několik částí:

- maticové pole LED
- napájecí zdroj
- vakuový rám
- časovač.

2.1. NÁVRH MATICOVÉHO POLE LED

Tento návrh byl proveden na základě jednoduchých geometrických a fyzikálních zákonů. Z katalogového listu výrobce použitého fotorezistu vyplývá, že pro správnou expozici je nutná energie osvitu $50 - 90 \text{ mJ/cm}^2$ [1]. Tyto hodnoty energie se nejlépe dosahují s využitím světla v UV spektru, tedy s hodnotami vlnových délek pod 400 nm . Dále je výhodné zajistit co největší velikost vyzařovacího úhlu a velký zářivý tok LED prvků. Pro tuto expoziční jednotku byly zvoleny LED diody 530MUV9C firmy HEBEI vyzařující ve vlnové délce 400 nm s vyzařovacím úhlem 33° . Jeden LED zdroj záření má zářivý tok o velikosti 4 mW [3]. Tyto prvky jsou postačující z hlediska požadovaných parametrů i dostupnosti, a zároveň jsou nejvýhodnější z důvodu ekonomického. Geometrické vlastnosti jedné LED jsou znázorněny na obr. 1 vlevo. Mezi základní vlastnosti patří úhel α , tedy vyzařovací úhel diody. Dále pak vzdálenost b , znázorňující vzdálenost LED od exponovaného

materiálu. Dalším parametrem je ozářená plocha S a poloměr ozářené plochy r . Se znalostí těchto údajů a obecných informací o fotorezistu byla vypočítána doba potřebná pro správnou expozici [2] [5]. Tento čas se pohybuje kolem 45 sekund pro námi použitý fotorezist. Dalším krokem byl návrh samotného maticového pole. Zde je nejdůležitějším parametrem vzdálenost v . Je to rozteč mezi jednotlivými zdroji záření. Ta musí být dostatečně malá, aby docházelo k homogennímu osvětlení. Tento parametr je závislý na vyzařovacím diagramu LED a na poloměru ozářené plochy. Obecný gradient ozáření plochy je znázorněn na obr. 1 uprostřed. Je zde patrné, že se vzdáleností od středu ozářované plochy, klesá relativní intenzita záření. Bylo vypočítáno, že vzdálenost v , se musí přibližně rovnat 1,75 násobku poloměru r . Na obr. 1 vpravo je náčrt úseku maticového pole LED s naznačenými gradienty záření. V poslední části návrhu maticového pole bylo třeba vypočítat celkový počet LED v poli. Aby bylo možné exponovat materiál o velikosti formátu A4, musí se pole v ideálním případě skládat ze 630 prvků.



Obr. 1: Geometrické parametry jednoho zdroje (vlevo), rozložení intenzity záření (uprostřed), úsek maticového pole LED (vpravo)

2.2. NAPÁJECÍ ZDROJ

Hodnoty napájecího zdroje byly vypočítány z množství a vlastností použitých LED. Při množství 630 LED, s napájecím napětím jedné LED 3,5 V a proudem 20 mA, byl při vhodné sérioparalelní kombinaci prvků vypočítán potřebný výkon zdroje, dodávané napětí a maximální dodávaný proud. S přidáním rezervy a s ohledem na další části expoziční jednotky byl zvolen spínaný zdroj s výstupním stejnosměrným napětím 15 V, maximálním proudem 6,7 A a výkonem 100 W. Při použití vhodné koncepce maticového pole, tak nebude zapotřebí ochranných odporů před LED prvky. Zdroj současně s použitým mezistupňem stabilizátorů napětí na 12 V a 5 V pokryje nároky dalších částí expoziční jednotky.

2.3. VAKUOVÝ RÁM

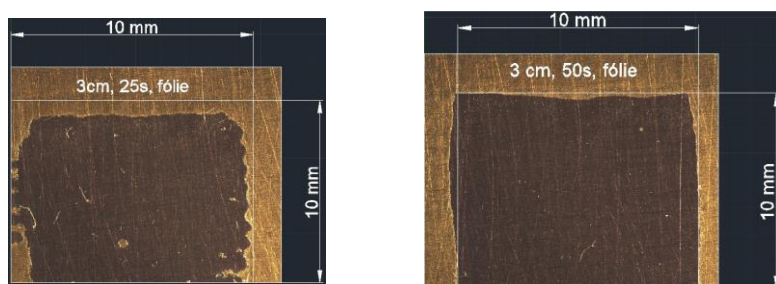
Aby byla expozice co nejpřesnější, je vhodné použít vakuového rámu. Tato část expoziční jednotky má za úkol odčerpávat vzduch z okolí exponovaného materiálu tak, aby připravená předloha v důsledku sníženého tlaku přilnula k nanosenému fotorezistu. Tím bude zaručena přesnost a ostrost motivu, protože mezi předlohou a fotorezistem bude minimální mezera. Tohoto podtlaku bude dosaženo využitím utěsněného rámu expoziční jednotky při uzavření a následným odčerpáním vzduchu vakuovou vývěvou na požadovanou mez. Tlak bude snímán tlakovým senzorem a relativně zobrazován na stupnici bargraf. Expozice nebude spuštěna, dokud nebude v jednotce dostatečný podtlak.

2.4. ČASOVAČ

Tato část expoziční jednotky má za úkol jednoduché nastavování dob expozice. Realizována bude pomocí mikroprocesorového časovače. Nastavování bude probíhat tlačítky. Informace o nastaveném času budou složeny ze sedmi-segmentových zobrazovačů. Na nich se také zobrazí zbývající čas do konce expozice po jejím spuštění.

2.5. TESTOVÁNÍ

Po sestavení testovacího maticového pole bylo provedeno testování na tuhém negativním fotorezistu Riston 215 od firmy DuPont. Byly provedeny dva druhy testů. První pro zjištění přibližných expozičních dob z různých vzdáleností a schopnosti expozice přes různé materiály. Druhý byl proveden na expozičním klínu dodávaným výrobcem fotorezistu. Na obr. 2 je znázorněna nedostatečná (vlevo) a dostatečná (vpravo) doba expozice. Pro nedostatečný expoziční čas je patrné odplavení fotorezistu. Oba příklady byly exponovány přes 3 vrstvy PET fólie ze vzdálenosti 3 cm.



Obr. 2: Nedostatečná doba expozice – 25 s (vlevo) a dostatečná doba expozice – 50 s (vpravo)

3. ZÁVĚR

Do této doby bylo realizováno pouze zkušební maticové pole o menších rozměrech a bylo provedeno jeho testování. Výsledky testů jsou pozitivní, proto bude dále zkonstruováno maticové pole pro expoziční jednotku. Dále budou realizovány další části expoziční jednotky, jako zdroj, vakuový rám a časovač. Na závěr bude celá jednotka podrobena dalším zkouškám. Tato koncepce expoziční jednotky je pouze laboratorní, avšak věřím, že v budoucnu bude možné LED prvky s výhodou použít i pro průmyslovou výrobu.

REFERENCE

- [1] DUPONT Co., DuPont Riston 200, katalogový list, 2001
- [2] HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J.: Fyzika, VUTIUM, 2000, ISBN 80-214-1869-9
- [3] HEBEI I. T. Co., 530MUV9C, katalogový list
- [4] KAZELLE, J. a kol.: Elektrotechnické materiály a výrobní procesy, elektronické skriptum, FEKT VUT v Brně
- [5] Reichl, J., Všetická, M., Encyklopedie fyziky [online], 30. 9. 2010 [cit. 11. 12. 2010], <<http://fyzika.jreichl.com/index.php>>
- [6] STARÝ, J., KAHLE, P.: Plošné spoje a povrchová montáž, elektronické skriptum, FEKT VUT v Brně
- [7] SZENDIUCH, I. a kol.: Mikroelektronika a technologie součástek, NOVOPRESS s.r.o., 2009, ISBN 978-80-214-3960-3