

Zastosowanie matryc DMD do bezpośredniego naświetlania obrazu ścieżek elektrycznych o wysokiej gęstości upakowania na płytkach drukowanych

mgr inż. ROBERT BARBUCHA¹⁾, dr MAREK KOCIK¹⁾, prof. dr hab. inż. JERZY MIZERACZYK^{1,2)}

¹⁾ Centrum Techniki Plazmowej i Laserowej, Instytut Maszyn Przepływowych PAN im. Roberta Szewalskiego, Gdańsk

²⁾ Akademia Morska, Wydział Elektryczny, Gdynia

Dzisiejszy przemysł elektroniczny wymaga mniejszych, lżejszych, tańszych i bardziej złożonych (szybka transmisja informacji) płytek drukowanych. Zwiększające się zapotrzebowanie na płytki drukowane o coraz większej gęstości upakowania wymaga nowych, dokładniejszych i szybkich technologii ich wytwarzania. Aby sprostać tym wymaganiom, konieczne jest opracowywanie nowych sposobów tworzenia mozaiki ścieżek elektrycznych na PD.

W ostatnich latach coraz więcej polskich firm zaczęło produkować tzw. płytki wielowarstwowe. Obwody drukowane na poszczególnych warstwach w takich płytkach coraz częściej są wykonywane na świecie w technologii HDI, co pozwala na znaczący optymalizację połączeń w procesie projektowania obwodu drukowanego (a tym samym miniaturyzację całej płytki drukowanej). Aby wykonać obwód drukowany w płytce wielowarstwowej o dużej gęstości połączeń, konieczne jest stosowanie laserowej metody bezpośredniego naświetlania laserowego mozaiki ścieżek na poszczególnych warstwach płytki drukowanej. Tzw. technologia LDI (*Laser Direct Imaging*) – jest jak na razie jedyną komercyjnie dostępną technologią, umożliwiającą wykonywanie połączeń w technologii HDI [1-8].

Technologię HDI definiuje się podając dwie charakterystyczne cechy płytek drukowanych: średnicę otworu oraz szerokość ścieżek i odstępów pomiędzy ścieżkami. Istnieje kilka klas technologii HDI charakteryzujących gęstość upakowania ścieżek elektrycznych na PD (np. 50 $\mu\text{m}/50 \mu\text{m}$, 25 $\mu\text{m}/25 \mu\text{m}$ – szerokość ścieżek/odstęp pomiędzy ścieżkami). Wprowadzenie ścieżek i odstępów o wymiarach poniżej 100 μm wymaga zastosowania drogiej technologii LDI. Jest to poważna bariera technologiczno-ekonomiczna dla małych i średnich polskich przedsiębiorstw zajmujących się wytwarzaniem obwodów elektrycznych na PD.

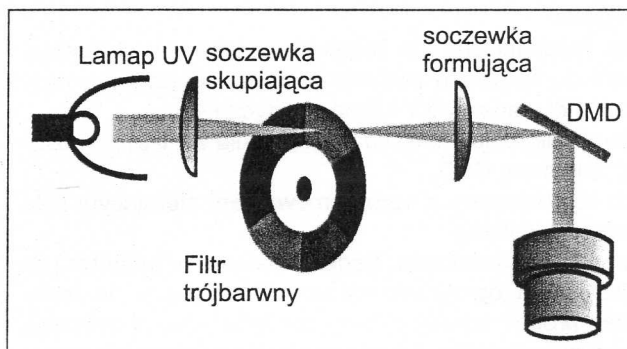
W latach 2004 – 2006 w Ośrodku Techniki Plazmowej i Laserowej (Instytut Maszyn Przepływowych PAN im. Roberta Szewalskiego w Gdańsku) prowadzono prace badawcze dotyczące opracowania metody bezpośredniego naświetlania laserowego. Badania te zakończyły się opracowaniem laboratoryjnego urządzenia do bezpośredniego naświetlania laserowego, które może pracować w technologii HDI. Zaproponowane przez nas urządzenie laserowe do bezpośredniego naświetlania mozaiki ścieżek na PD (cena szacunkowa ok. 0,5 mln PLN) pozwala wytwarzać mozaikę ścieżek o gęstości upakowania 50 $\mu\text{m}/50 \mu\text{m}$, a więc na poziomie wymaganym przez współczesne nowoczesne technologie obwodów drukowanych na PD. Przewidujemy, że opracowane przez nas urządzenie zostanie w najbliższym czasie wdrożone, stając się w ten sposób dostępne dla polskich MiSP zajmujących się technologią wytwarzania obwodów elektronicznych na PD.

W czasie pracy nad własną metodą i modelem urządzenia laserowego do bezpośredniego naświetlania mozaiki ścieżek na PD zauważyliśmy, że przy obecnym stanie technologii modułów MEMS (w 2006 roku pojawiły się w sprzedaży nowe moduły MEMS, zwane DMD [1]) możliwe jest dalsze udoskonalenie technologii naświetlania mozaiki ścieżek na PD, łączą-

ce zalety metody konwencjonalnej (jedorazowe naświetlenie całkowitego obrazu mozaiki, niestety – jak dotychczas – z rozdzielczością 100 $\mu\text{m}/100 \mu\text{m}$) z metodą LDI (wysoka rozdzielczość 50 $\mu\text{m}/50 \mu\text{m}$, ale „rysowanie” mozaiki „linia po linii”). W niniejszym artykule przedstawiona jest idea zastosowania modułów DMD do naświetlania mozaiki ścieżek na PD.

Proces naświetlania mozaiki ścieżek na PD przy użyciu modułu DMD

Jedyną jak dotychczas moduły DMD oferuje firma Texas Instruments. Weszły one na rynek dopiero w zeszłym roku i są stosowane w popularnych projektorach multimedialnych (cena około 5000 zł). Na rys. 1. przedstawiono schemat projektora z układem DMD, pracującego w technologii DLP™ (*Digital Light Projecting*) [2]. Moduły DMD składają się z macierzy 1024 x 768 mikrozwierciadeł o wymiarach 13 μm x 13 μm , poruszających się na „zawiasach” zamontowanych po przekątnej zwierciadeł (nazwa fabryczna tych mikrozwierciadeł to półprzewodnikowy przełącznik światła – *semiconductor light switch*). Każde z mikrozwierciadeł ma możliwość ruchu w granicach kątowych $\pm 10^\circ$ ($+10^\circ$ – całkowite „odbijanie” światła, -10° – całkowite „wygaszanie” światła) z maksymalną częstotliwością 1 kHz [3]. Zaletą modułów DMD jest wysoki kontrast obrazu wynoszący 2000:1.



Rys. 1. Schemat projektora z układem DMD [2]

Fig. 1. A multimedia projector schema with DMD inside [2]

Proces naświetlania bezpośredniego płytki drukowanej przy wykorzystaniu modułu DMD zilustrowano na rys. 2. Idea naświetlania mozaiki ścieżek polega na tym, że cały obraz mozaiki generowany w komputerze zostaje podzielony na podobszary, odpowiadające powierzchni modułu DMD. Następnie obraz wybranego podobszaru mozaiki ścieżek zostaje wygenerowany na module DMD i przeniesiony za pomocą układu optycznego na powierzchnię fotonopolimeru na płytce drukowanej. Każdy z podobszarów mozaiki będzie naświetlany na fotonopolimerze na PD przez czas, jaki jest potrzebny na utwardzenie fotonopolimeru. Następnie stół planarny XY przemieści płytkę drukowaną do kolejnego przylegającego obszaru, w którym będzie naświetlany już kolejny fragment całego wzoru mozaiki. Po zakończeniu ostatniej operacji przesuwania stołu i naświetleniu ostatniego

podobszaru na powierzchni fotopolimeru otrzymamy odwzorowany kompletny obraz mozaiki ścieżek.

Stół planarny XY jest obecnie jednym z najnowszych urządzeń do precyzyjnego przemieszczania elementów (w naszym przypadku PD) w płaszczyźnie XY. Charakteryzuje się zwartą i stabilną konstrukcją, która wprowadza minimalne drgania do procesu naświetlania. Stół ten składa się ze statora i rotora, które – w przeciwieństwie do tradycyjnych silników – są rozwinięte w płaszczyźnie. W rezultacie platforma stolika „lewituje” na poduszce magnetyczno-powietrznej nad statorem. Rozmiar roboczy wybranego przez nas stołu będzie odpowiadał rozmiarom płytek drukowanych, jakie są obecnie naświetlane metodą konwencjonalną w zakładach wytwarzających obwody elektryczne na płytkach drukowanych.

Odpowiedzi wymaga pytanie, czy wystarczy zastosować jedynie stół planarny XY w celu przemieszczania PD do kolejnych fragmentów naświetlanego wzoru, czy też zostanie zastosowany skaner optyczny, który lokalnie zwiększy prędkość przemieszczania naświetlanego obrazu. Przy zastosowaniu skanera kilka podobszarów będzie naświetlanych przy jednej pozycji stołu XY. Po ich naświetleniu stół planarny XY będzie przemieszczał PD do kolejnych obszarów roboczych skanera optycznego.

W skład urządzenia do naświetlania mozaiki ścieżek za pomocą proponowanej metody wchodzi:

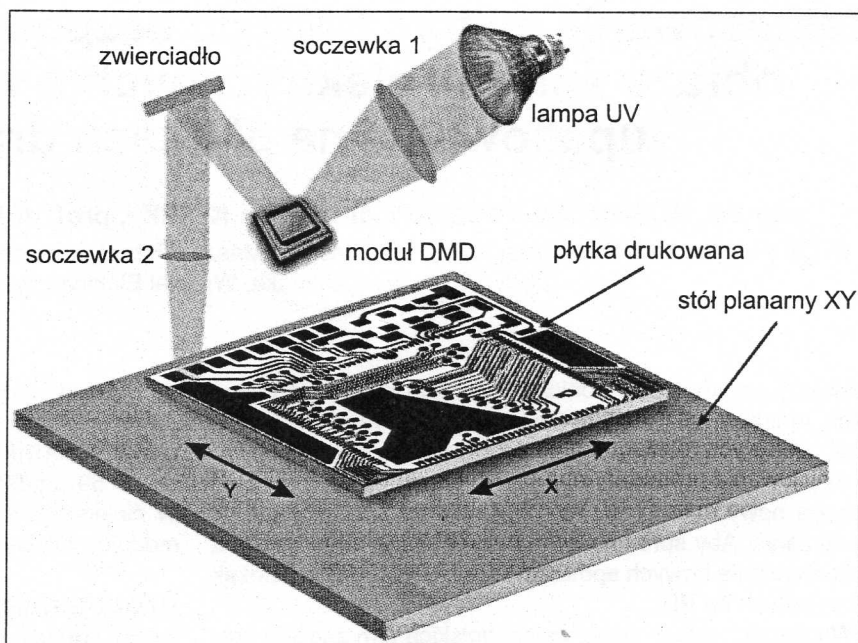
- źródła promieniowania UV (lampa generująca promieniowanie 350...400 nm lub laser UV),
- układ modulujący promieniowanie UV (kontrola ilości promieniowania docierającego do fotopolimeru),
- układ optyczny do transmisji obrazu generowanego w module DMD,
- układ mechaniczny do przemieszczania naświetlanego obrazu do kolejnych podobszarów na PD (stół planarny XY lub stół planarny XY i skaner optyczny),
- system kalibrujący miejsce naświetlania na PD, wyposażony w kamerę CCD,
- układ komputerowy z oprogramowaniem sterującym procesem naświetlania.

Procesem naświetlania będzie sterował komputer ze specjalistycznym oprogramowaniem. Ze względu na innowacyjność proponowanej metody oprogramowanie zostanie wykonane samodzielnie. Oczekuje się, że program sterujący będzie także zaawansowanym programem do przetwarzania obecnie stosowanych plików z danymi mozaiki ścieżek (obsługa formatów Gerber).

Proces wytwarzania mozaiki ścieżek o dużej gęstości połączeń (technologia HDI) będzie przebiegał zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 3. Z wyjątkiem metody naświetlania fotopolimeru jest on identyczny z procesem naświetlania mozaiki ścieżek w technologii LDI [9].

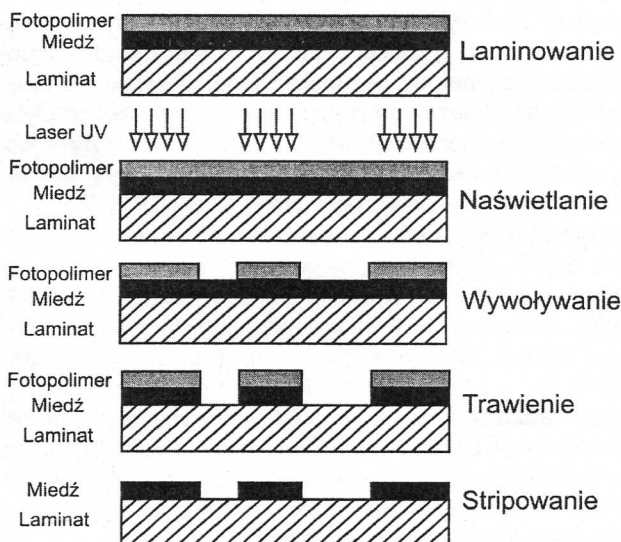
Wnioski

W artykule omówiono zasadę działania urządzenia do naświetlania schematów elektrycznych na płytkach drukowanych przy wykorzystaniu innowacyjnych układów MEMS o nazwie Digital Micromirror Device. Zasada działania tych układów została opracowana w firmie Texas Instruments już w roku 1987, jednak dopiero od niedawna są one stosowane w elektronice. Przykładem zastosowania tych układów są projektory multimedialne obecnie powszechnie dostępne na rynku elektroniki użytkowej (np. model Benq MP611c). Świetne parametry tych



Rys. 2. Metoda naświetlania mozaiki ścieżek na PD za pomocą modułu DMD przy wykorzystaniu stołu planarnego XY

Fig. 2. A method of imaging tracks on PCB using DMD and XY planar table



Rys. 3. Schemat procesu bezpośredniego naświetlania laserowego (LDI) [1]

Fig. 3. Steps of Laser Direct Imaging (LDI) process [1]

układów (np. wysoki kontrast, wynoszący 2000:1) przemawiały za wykorzystaniem ich w produkcji płytek drukowanych o wysokiej gęstości połączeń elektrycznych, gdzie dokładność naświetlania ścieżek jest bardzo istotna z punktu widzenia kolejnych procesów technologicznych produkcji płytek.

Literatura

- [1] http://www.dlp.com/dlp_technology/
- [2] http://www.audioholics.com/techtips/specsformats/displays_DLP_technology2.html
- [3] www.ece.drexel.edu/courses/ECE-E443/DLP_DMD.ppt
- [4] Ehlin M.J.: The wonderful World of Laser Direct Imaging (LDI) and how to realize it. Dupont.
- [5] Corbett S.: Achieving fine lines using UV laser photolithography. PCF vol. 24, no 7, July 2001.
- [6] Omer U.: An introduction to laser direct imaging for high density interconnects. Circuit World 29/1, 2002.
- [7] Atiya Y.: Thermal LDI: meeting HDI lithography challenges. The Board Authority 2000.
- [8] Vaucher Ch.: The sharper image: LDI and projection lithography. Circutree.
- [9] Barbucha R. i in.: Laboracyjne urządzenie do bezpośredniego naświetlania laserowego. Elektronika, nr 11, 2006, ss. 35-37.