

Urządzenie do laserowej mikroobróbki materiałów

Streszczenie. Na świecie stosowanie mikroobróbki laserowej staje się coraz powszechniejsze, przyczyniając się do szybkiego rozwoju wysokozaawansowanych technologii. W Polsce mikroobróbka laserowa nie jest praktycznie stosowana z powodu braku odpowiednich urządzeń. Niniejszy artykuł przedstawia laserowe urządzenie do mikroobróbki materiałów przystosowane do wykonywania szablonów do nakładania pasty lutowniczej, stosowanych podczas montażu powierzchniowego elementów montowanych powierzchniowo.

Abstract. Systems for laser micromachining of the materials are very popular on the world. Unfortunately, this technology is not used widely in Poland. This is a result of very high prices of systems for laser micromachining. This article is focused on Polish proposition of the system for laser micromachining, which is adapted to producing metal stencils used in PCB manufacturing. (**Systems for laser micromachining of the materials**)

Słowa kluczowe: laser, mikroobróbka, cięcie, szablony, płytki drukowane.

Keywords: Laser, micromachining, cutting, stencils, PCB.

Wstęp

W Polsce działa kilkadziesiąt małych przedsiębiorstw zajmujących się wytwarzaniem płytek drukowanych metodą montażu powierzchniowego. W przedsiębiorstwach tych szablony do nakładania pasty lutowniczej wytwarzane są za pomocą trawienia chemicznego. Metoda ta ma kilka wad, najważniejsze to, że jest droga i szablony są niskiej jakości. Poza tym za pomocą trawienia chemicznego nie można wytwarzać szablonów do produkcji płytek w technologii „high density” – gdzie rozmiary wycinanych padów (pojedynczych otworów w szablonie do nakładania pasty lutowniczej) są mniejsze niż 100 μm . Mimo tych wad, trawienie chemiczne szablonów wciąż pozostaje podstawową techniką produkcji szablonów, ponieważ urządzenia do wycinania szablonów laserem są bardzo drogie. Pomimo, że na rynku pojawiły się lasery Nd:YAG nowej generacji w cenie od 50 – 60 tys. euro to proces wycinania szablonów jest na tyle skomplikowany, że najprostsze urządzenie mogące służyć do wycinania szablonów kosztuje około 0,5 mln euro. Małe lub średnie przedsiębiorstwa w Polsce nie mogą sobie pozwolić na zakup takiego urządzenia.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie możliwości laserowego urządzenia do mikroobróbki materiałów pracującego na bazie polskich komponentów. Urządzenie to jest przystosowane przede wszystkim do wykonywania szablonów do nakładania pasty lutowniczej w procesie montażu powierzchniowego (technologia SMT – Surface Mounted Technology) elementów elektronicznych na płytkach drukowanych [1]. Najczęściej stosuje się szablony z blachy stalowej, niklowej lub mosiężnej o grubości

80 – 200 mm [2]. Możliwości tego urządzenia są jednak o wiele większe i pozwalają na cięcie i strukturyzację wielu innych materiałów. Urządzenie to bazuje na nowoczesnym laserze Nd:YAG ($\lambda=532$ nm) pompowanym diodowo o mocy średniej 12 W.

Opis urządzenia do mikroobróbki materiałów

Na rys. 1 przedstawiono schemat urządzenia laserowego do cięcia metalowych szablonów. Urządzenie to posiada specjalistyczny system sterowania odchyleniem wiązki laserowej za pomocą sterowanego zwierciadła, dzięki czemu możliwy jest do uzyskania trapezoidalny kształty wycinanych otworów. Ma to kluczowe znaczenie dla jakości wykonywanych szablonów metalowych stosowanych przez producentów PCB, gdyż nakładana na szablony pasta lutownicza nie przykleja się do szablonu podczas zdejmowania go z płytki drukowanej. Podstawowe parametry urządzenia do laserowej mikroobróbki materiałów to:

- średnica zogniskowanej plamki laserowej – 10 μm ,
- obszar roboczy stołu XY – 60 cm x 60 cm,
- prędkość cięcia blachy o grubości 200 μm – 5 cm/s,
- powtarzalność wycinania poszczególnych elementów – 1 μm ,
- dokładność w całym obszarze roboczym stołu XY – 4 μm ,
- optyczny system auto-ogniskowania,
- minimalny rozmiar wycinanego elementu – 30 μm ,
- średnia prędkość wycinania standardowych elementów – 2 pady/s,
- możliwość cięcia blach o grubościach nie przekraczających 500 μm .

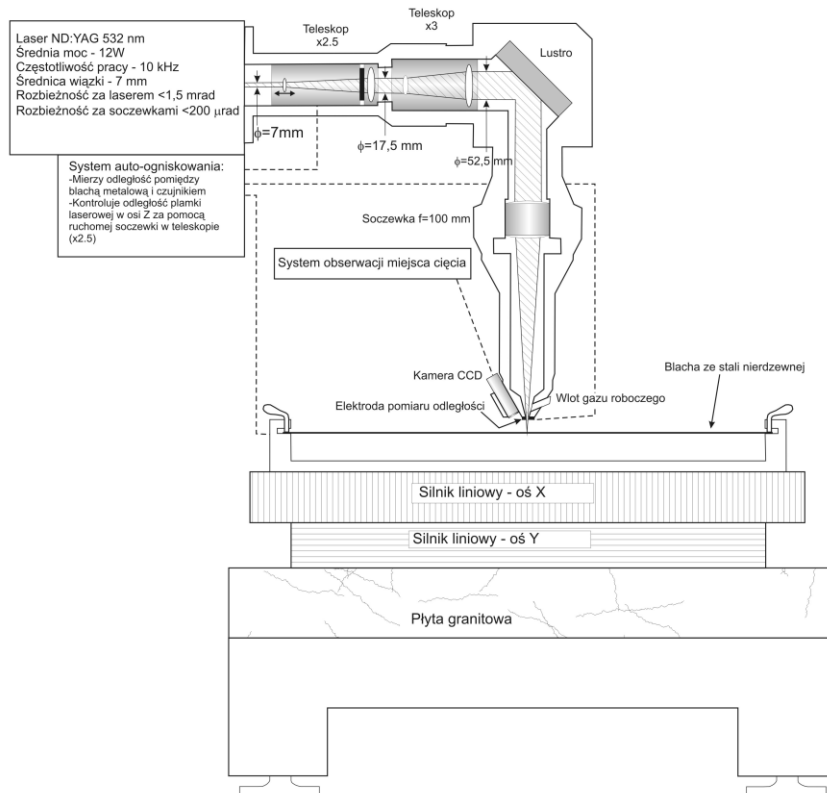
Stół XY jest napędzany nowoczesnymi modułami liniowymi charakteryzującymi się bardzo dużymi przyspieszeniami. Dzięki temu zapewniona jest jednakowa jakość cięcia laserowego podczas wykonywanych przemieszczeń stołu XY. Cały stół XY jest umieszczony na grubej granitowej płycie izolowanej mechanicznie. Pozwala to na odseparowanie całego systemu od wpływu zewnętrznych drgań. Zastosowany teleskop pozwala na sterowanie powiększeniem wiązki laserowej, dzięki czemu możliwe jest kontrolowanie rozmiarów zogniskowanej plamki laserowej.

System do laserowej mikroobróbki materiałów posiada również dodatkowe systemy wspomagające mikroobróbkę, m.in.:

- System obserwacji miejsca cięcia
- System ogniskowania wiązki laserowej,
- System nachylenia kąтового wiązki laserowej.

System obserwacji miejsca cięcia składa się z kamery CCD (2 mln pix) połączonej do komputera PC poprzez kartę video. Obserwacja odbywa się poprzez specjalistyczne oprogramowanie z zastosowaniem algorytmów rozpoznawania obrazów, które monitoruje na bieżąco kształt i rozmiar plamki laserowej. Ten system jest także wykorzystywany do obserwacji kształtu plamki pilotującej (z czerwonego lasera półprzewodnikowego o mocy 1 mW), która służy jako plamka referencyjna dla system pomiaru odległości pomiędzy folią stalową a czujnikiem optycznym. Każda zmiana odległości blachy względem czujnika powoduje zmianę położenia obserwowanej plamki lasera czerwonego.

Automatyczny system ogniskowania wiązki laserowej składa się z czujnika na głowicy laserowej i z ruchomej soczewki sterowanej komputerowo. Ten system działa na zasadzie sprzężenia zwrotnego, gdzie niewielka zmiana położenia blachy względem czujnika jest od razu korygowana poprzez ruch soczewki, która przesuwa położenie ogniska wiązki laserowej w osi Z



Rys. 1. Schemat urządzenia do laserowej mikroobróbki materiałów

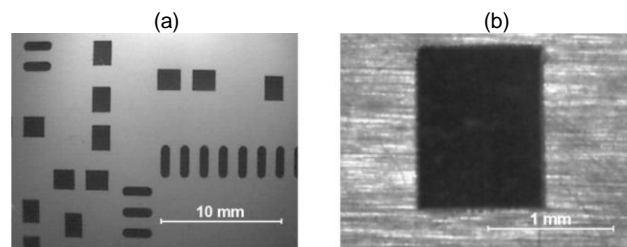
System nachylenia kąowego wiązki laserowej składa się z tzw. piezo-lustra, które można odchylić o niewielki kąt za pomocą przetwornika piezoelektrycznego. System ten służy do uzyskiwania otworów o ściankach przyjmujących kształt trapezoidalny. Taki kształt ścianek wyciętych elementów ułatwia odklejanie się pasty lutowniczej od blachy zaraz po nałożeniu jej na płytkę drukowaną. Szablony do nakładania pasty lutowniczej wycinane bez tego systemu nieraz powodowały odrywanie się nałożonej pasty lutowniczej z pytki drukowanej, co powodowało, iż proces nakładania trzeba było wykonywać jeszcze raz.

Testy porównawcze wykonywania metalowych szablonów

W ramach wykonanych testów wycinania folii metalowych wykonano porównanie jakości cięcia laserowego z innymi konkurencyjnymi metodami wytwarzania szablonów do nakładania pasty lutowniczej w procesie produkcyjnym płytek drukowanych dla elementów montowanych powierzchniowo (SMD). W tabeli 1 przedstawiono wyniki procesu trawienia chemicznego, procesu elektroformowania oraz mikroobróbki laserowej. Na rysunku 2 przedstawiono przykład wyciętego za pomocą lasera otworu w folii metalowej (o grubości 150 μm)

Jak widać, mikroobróbka laserowa jest stosunkowo dobra do wykonywania metalowych szablonów do nakładania pasty lutowniczej, gdyż łączy w sobie wszystkie dobre parametry pozostałych metod. Najważniejszym parametrem dla potencjalnych klientów jest przede wszystkim cena, dlatego najbardziej popularną metodą ciągle jest trawienie chemiczne. Jednak szukając większej dokładności wykonania szablonów, mikroobróbka laserowa jest najbardziej wydajną i przyjazną dla środowiska metodą. W tej metodzie nie trzeba wykorzystywać żadnych środków chemicznych. Jedyną wadą tej metody jest cena systemu do mikroobróbki laserowej. Cena jest wysoka ze względu na użyty w tym urządzeniu laser, charakteryzujący się

bardzo dobrą jakością wiązki laserowej przy stosunkowo dużej mocy średniej wiązki.

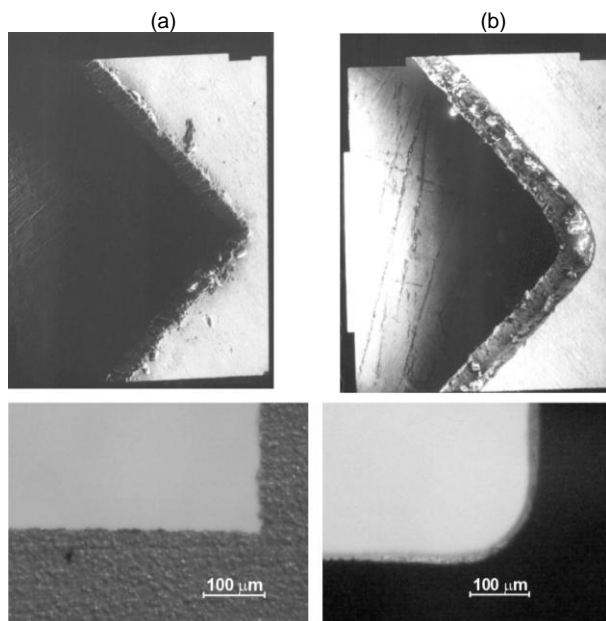


Rys. 2. (a) szablon z wyciętymi elementami, (b) pojedynczy element (stal nierdzewna, grubość – 150 μm)

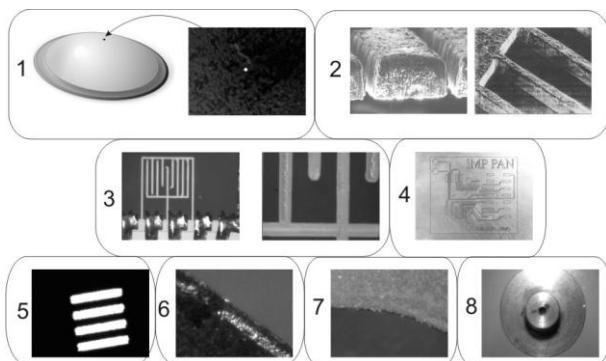
Tabela 1. Parametry metalowych szablonów dla trzech metod ich wytwarzania

Parametry	Trawienie chemiczne	Elektroformowanie	Mikroobróbka laserowa
Dokładność padów	Średnia	Bardzo dobra	Bardzo dobra
Gładkość ścianek otworów	Dobra	Bardzo dobra	Dobra
Kontrola kształtu otworów	Średnia	Bardzo dobra	Bardzo dobra
Zdolność do wykonywania szablonów o różnych grubościach	Bardzo dobra	Średnia	Dobra
Trwałość szablonów	Bardzo dobra	Dobra	Bardzo dobra
Efekt hermetyczny	Średnia	Bardzo dobra	Dobra
Cena	Niska	Wysoka	Średnia

Na rysunku 3 pokazano porównanie cięcia laserowego oraz trawienia chemicznego fragmentu otworu prostokątnego. Jak widać w metodzie chemicznej nie jest możliwe uzyskanie prostokątnych narożników – są one zaokrąglone. Jest to jedna z głównych wad metody chemicznej



Rys. 3. Porównanie pomiędzy mikroobróbką laserową (a) i trawieniem chemicznym (b)



Rys. 4. Zastosowania systemu do mikroobróbki materiałów (wyjaśnienie numeracji poniżej)

Prezentowane urządzenie do mikroobróbki laserowej jest przystosowane do wykonywania:

- mikrootworów o średnicach od 10 μm,
- superprecyzyjnej trepanacji otworów o średnicy od 50 μm,
- strukturyzacji powierzchni,
- miniścieżek, mininacięć, miniperforacji, wzorów o różnych kształtach w foliach stalowych, z metali kolorowych, w ceramice, diamentcie, graficie, itp. [3]
- Liniiowy wymiar charakterystyczny obróbki (np. min. szerokość mininacięcia) wynosi 10 μm z dokładnością ±1 μm.
- Inne niektóre zastosowania dla urządzenia do mikroobróbki oprócz wykonywania metalowych szablonów to:
- wykonywanie macierzy identycznych struktur (np. waferbumps), stosowanych do produkcji kuleczek lutowniczych stosowanych w procesie SMT,

- wykonywanie precyzyjnych metalowych siatek stosowanych w produkcji paneli LCD.

Na rysunku 4 przedstawiono testy dotychczas wykonane za pomocą urządzenia do mikroobróbki materiałów

1. Drażnienie otworów w hermetycznych pojemnikach aluminiowych,
2. Wycinanie szczelin w cienkich warstwach grafitowych,
3. Korekcja rezystorów cienko-warstwowych,
4. Wytwarzanie obwodów elektrycznych na płytkach drukowanych metodą laserowej strukturyzacji powierzchni,
5. Wycinanie szczelin w blaszkach z brązu stosowanych jako filtry do kalibracji kamer termowizyjnych (średnice szczelin pomiędzy 20 – 2000 μm),
6. Wycinanie klisz do naświetlarek (w folii metalowej o grubości 200 μm) powiększenie zdjęcia na rysunku – 60x,
7. To samo, co w pkt. 6, powiększenie zdjęcia na rysunku 4 – 200x
8. Drażnienie mikro-dysz w głowicach precyzyjnych zaworów (średnica dyszy – 60 μm).

Podsumowanie

Prezentowane uniwersalne urządzenie do mikroobróbki laserowej charakteryzuje się wysoką precyzją (rzędu kilku mikrometrów) i jakością obróbki materiałów. Zostało ono przystosowane do wykonywania metalowych szablonów stosowanych w technologii montażu powierzchniowego (SMT). Szablony wykonane za pomocą tego urządzenia charakteryzują się większą precyzją wykonania niż szablony wykonane tradycyjną metodą chemiczną. Jednocześnie koszt wykonania szablonu tym urządzeniem jest niższy niż przy pomocy elektroformowania, a porównywalny z kosztem wykonania szablonów metodą chemiczną. Jednocześnie urządzenie do laserowej mikroobróbki materiałów pozwala na pełną kontrolę procesu cięcia poprzez:

- kontrolę rozmiaru ogniska laserowego,
- kontrolę mocy średniej lasera,
- zmianę kąta nachylenia wiązki,
- zaawansowane algorytmy przesuwania plamki laserowej wzdłuż ścieżki cięcia,
- kontrolę położenia ogniska laserowego względem obrabianego materiału oraz kontrolę prędkości cięcia.

Urządzenie zostało wykonane w ramach Projektu Rozwojowego MNiI nr R02 021 01.

LITERATURA

- [1] Hackiewicz H., Metalowe szablony do montażu powierzchniowego, *Elektronika*, 12, 1999, s. 37
- [2] Coleman W.E., Metal stencils for adhesive printing, *Global SMT & Packaging*, Vol. 2, N. 1, 2002, str. 27-30
- [3] Kocik M., Dąbrowski A., Kasperkowicz T., Mizeraczyk J., Sabotinov N., Kostadinov I., CuBr laser system for precision processing of the materials, *Proc. SPIE (USA) vol. 4397, Lasers, Physics and Applications*, Eds.: Atanasov P.A., Cartaleva S., 2000, str. 353-357

Autorzy:

mgr Robert Barbucha, dr Marek Kocik, Ośrodek Techniki Plazmowej i Laserowej, Instytut Maszyn Przepływowych prof. dr hab. inż. Jerzy Mizeraczyk, Ośrodek Techniki Plazmowej i Laserowej, Instytut Maszyn Przepływowych, Katedra Elektroniki Morskiej, Wydział Elektryczny, Akademia Morska