

METALOWY SZABLON O ZRÓŻNICOWANEJ GRUBOŚCI DO NAKŁADANIA PASTY LUTOWNICZEJ W TECHNOLOGII MONTAŻU POWIERZCHNIOWEGO

Sławomir Cendrowski, Eugeniusz Najdeker

Nowe problemy montażu powierzchniowego wywołuje zastosowanie układów scalonych z bardzo małym rastrem. Jakość złącza lutowniczego zależy od wyboru, zaprojektowania i wykonania narzędzia do nakładania pasty lutowniczej. Narzędziem tym jest metalowy szablon. W ITME opracowano własną metodę wytwarzania szablonoń metalowych dwupoziomowych o zredukowanej grubości w obszarze zajętym przez precyzyjne układy scalone (FPT).

1. WPROWADZENIE

Technologia montażu powierzchniowego - Surface Mounting Technology (SMT) przyniosła radykalne zmiany w montażu podzespołoń na płytках drukowanych. Obecnie nie jest możliwe uzyskiwanie coraz bardziej zminiaturyzowanych modułoń elektronicznych przy jednoczesnym wzroście liczby realizowanych funkcji bez zastosowania SMT. Niezależnie od ogólnego trendu w przechodzeniu od montażu przewlekaneo do powierzchniowego, konstrukcja obudoń i rozmiary podzespołoń do montażu powierzchniowego Surface Mounting Design (SMD) podlegają stałemu rozwojowi, np. kondensatory strukturowe typów 1812 lub 2220 (wymiary odpowiednio 4,5 x 3 mm albo 5,5 x 5 mm) zostały obecnie zastąpione typem 0805 (2 x 1,25 mm).

W 1991 roku Grevik [1] z firmy Philips'a przedstawił kierunki rozwoju technologii montażu sprzętu powszechnego użytku (Tabela 1). Aczkolwiek w niektórych przypadkach dane te są wyolbrzymione, potwierdzają tendencję do maksymalnej miniaturyzacji tj. wzrostu gęstości upakowania podzespołoń na płytce.

Według danych koncernu Siemens'a [2] w przyszłości układy scalone będą się charakteryzowały coraz większą szybkością działania. Liczbą wprowadzeń w tych układach gwałtownie rośnie. Ponieważ powiększenie wymiaroń jest możliwe tylko w ograniczonym zakresie, oznacza to konieczność zmniejszenia rozmiaroń końcówek

i ich rozstawu. Podczas gdy w 1990 roku tylko około 10% układów scalonych posiadało raster wyprowadzeń 0,5 - 0,6 mm, to zakłada się w 2000 r. udział ich wzrośnie co najmniej dwukrotnie, ponadto w tym czasie co setny układ scalony będzie w obudowie z rastrem mniejszym niż 0,5 mm.

W nowej generacji układów scalonych wykonywanych technologią fine pitch technology (FPT), atrakcyjnych ze względu na swoje małe wymiary i większą liczbę wyprowadzeń, stosuje się zaostrzone wymagania w technologii montażu powierzchniowego. Szerokość wyprowadzeń obudów FPT, jak i odstępy między nimi są rzędu 0,3 mm, a nawet 0,2 mm. W technologii nanoszenia pasty lutowniczej powszechne staje się zapotrzebowanie na precyzyjny druk pasty na polach o szerokości równej lub mniejszej niż 0,2 mm.

Tabela 1. Kierunki rozwoju technologii montażu w sprzęcie powszechnego użytku [1].

Table 1. Developments of mount technology in production of common used equipment [1].

Parametr	1984	1986	1989	1992
Typowa szerokość ścieżki [μm]	300	200	100	50
Gęstość upakowania podzespołów [szt/ cm^2]	4	6	10	20
Liczba warstw w płytce	1	2	4	6
Grubość płytki [mm]	1	0,8	0,6	0,6
Typowy raster układów scalonych [mm]	1,27	0,8	0,57	0,37
Udział montażu powierzchniowego [%]	60	85	95	100

Technologia nakładania pasty lutowniczej powinna zapewniać:

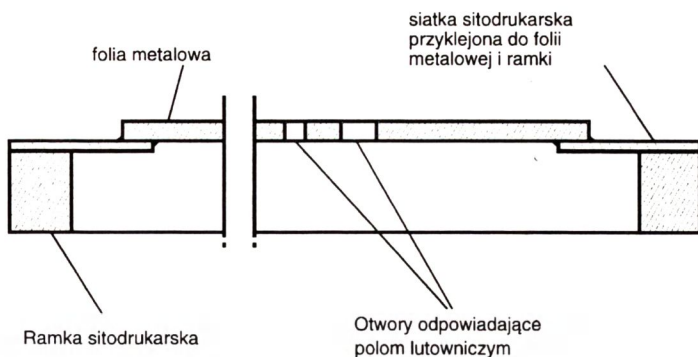
- uzyskanie wymaganej rozdzielczości druku,
- naniesienie odpowiedniej masy pasty,
- dużą jednorodność objętości i grubości pasty na wszystkich polach lutowniczych,
- powtarzalność ilości nanoszonej pasty,
- powtarzalność parametrów druku.

Wprowadzenie nowoczesnego montażu powierzchniowego zależy więc w znacznej mierze od wyboru, zaprojektowania i prawidłowego wykonania narzędzia do nakładania pasty lutowniczej. Role tę do niedawna spełniało sito, ale obecnie przy dużej wielkości produkcji i wymaganej precyzji wykonania złączy lutowniczych zastosowany może być jedynie metalowy szablon sitodrukarski [3, 4].

2. METALOWY SZABLON SITODRUKARSKI

Metalowy szablon sitodrukarski składa się z folii (blachy) metalowej drukującej, przyklejonej centrycznie do napiętej na ramie siatki sitodrukarskiej (Rys. 1). Korzystnie jest, aby około 80-90% wewnętrznej powierzchni ramy stanowiła folia metalowa.

Siatka sitodrukarska (stalowa bądź poliestrowa) jest usunięta z obszaru zajmowanego przez folię. W folii wykonane są otwory odpowiadające polom lutowniczym na płytce drukowanej.



Rys. 1. Metalowy szablon sitodrukarski.

Fig. 1. Metal stencil for solder paste printing.

Metalowy szablon sitodrukarski łączy walory płaskiej maski metalowej (stosowanej np. w metalizacji próżniowej) ze sprężystością i elastycznością klasycznego szablonu sitodrukarskiego (sita). Objętość nałożonej za pomocą szablonu pasty jest większa, niż w przypadku konwencjonalnie wykonanego sita. Grubość warstwy pasty bezpośrednio po nałożeniu odpowiada grubości folii metalowej i może mieścić się w zakresie od 0,050 do 0,5 mm. Brak siatki w oknach wzoru przeciwdziała ich zapychaniu i ułatwia mycie. Trwałość szablonu metalowego jest około 25 razy wyższa od trwałości sita, podczas gdy koszt jego wykonania jest zaledwie kilka razy większy w porównaniu z ceną sita i zależy w znacznym stopniu od metody wykonania otworów w płaskiej folii metalowej.

Otwory w folii metalowej drukującej mogą być wytwarzane w procesie trawienia kształtowego, techniką wykrawania laserem lub za pomocą formowania galwanicz-

Tabela 2. Porównanie zdolności technologicznych wytwarzania szablonów metalowych za pomocą formowania galwanicznego, lasera i trawienia kształtowego [5].

Tabela 2. Comparison of technological capability of metal stencils fabrication by electroforming, laser and photoetching methods [5].

Cechy	Laser	Formowanie galwaniczne	Trawienie kształtowe
Sterowanie wielkością szczeliny	****	****	***
Gładkość ściany szczeliny	*	****	****
Sterowanie kształtem szczeliny	****	****	***
Wykonanie schodkowych szablonów	*	**	****
Wytrzymałość folii metalowej	****	**	****

nego. W Tabeli 2 przedstawiono ocenę technologicznych możliwości wytwarzania szablonów metalowych podanymi metodami [5]. Cztery gwiazdki oznaczają rezultaty najlepsze, natomiast jedną gwiazdką oznaczono wynik najmniej korzystny. Obecnie na świecie około 95% wszystkich szablonów metalowych wytwarzanych jest techniką trawienia kształtowego [6], polegającą na fotochemicznym trawieniu folii metalowej.

Zastosowanie techniki formowania galwanicznego jest bardzo pracochłonne (konieczność wykonywania dodatkowych matryc), poza tym obróbka laserem i formowanie galwaniczne są znacznie droższe od trawienia kształtowego.

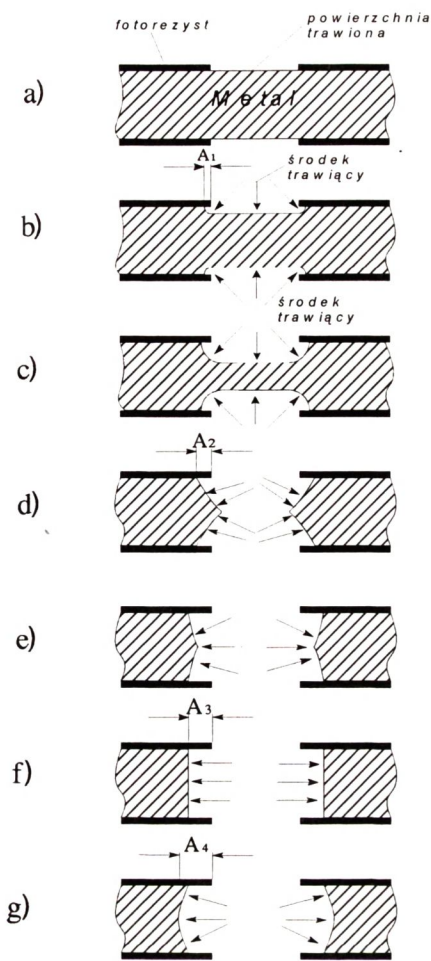
Zalecane wielkości okien w zależności od obudowy układu scalonego FPT oraz grubości folii metalowej szablonu przedstawiono w Tabeli 3 [7]. Natomiast Crum [3] oraz firma Heraeus [8] twierdzą, że najlepsze efekty osiąga się, gdy stosunek szerokości otworów w folii metalowej do grubości szablonu wynosi 1,5 : 1.

Tabela 3. Zalecane wielkości okien do układów scalonych o różnym rastrze w zależności od grubości folii metalowej [7].

Table 3. Recommended aperture size for integrated circuits with different raster in dependence on metal foil thickness [7].

Grubość folii metalowej [μm]	Wielkość rastra [mm]				
	0,375	0,500	0,625	0,775	1,27
50	125-200	-	-	-	-
100	150-200	225	-	-	-
150	175-200	250	300	350	625
200	200	250	325	375	625
250	-	-	350	400	625

Na jakość metalowych szablonów wytwarzanych metodą chemigraficzną (trawieniem) istotny wpływ ma właściwie zaprojektowana fotomaska. Bardzo ważną rolę odgrywa uwzględnianie naddatków wymiarów na podtrawienie, gdyż trawienie postępuje nie tylko w głąb materiału, lecz również na boki pod obrzeżem warstwy maskującej, w miejscu wykopiowanego wzoru (Rys.2). Wielkość naddatków (zapas na podtrawienie) zależy między innymi od wymiarów trawionych szczelin i otworów [9]. Naddatki uwzględnia się na rysunku fotomaski w ten sposób, że wymiary okien szablonu na fotomasce są mniejsze od żądanych wymiarów pól szablonu o szerokość naddatku. Ustalenie wielkości naddatków wymaga wielu prób trawienia i dokładnych pomiarów wytrawionych otworów. Wielkość zapasów na podtrawienie zależy także od grubości i rodzaju trawionego materiału, rodzaju środka trawiącego, metody trawienia i rodzaju środka maskującego. Dotychczas nie opracowano uniwersalnej zależności umożliwiającej określenie wielkości zapasów na podtrawienie. Im wymiary okien w folii metalowej (szablonie) są mniejsze, tym trudniej wycisnąć z nich pastę podczas druku. Czynnikiem, który na pewno ułatwia uwalnianie pasty jest



Rys. 2. Etapy typowego procesu trawienia dwustronnego. A1, A2, A3, A4 - wielkość podtrawienia bocznego.

Fig. 2. Stages of double-sided etching process. A1, A2, A3, A4 - size of lateral under-cutting.

elektroniczne, wielowyprowadzeniowe układy scalone w obudowach z precyzyjnym rastrem) na płytce drukowanej i gęstości ich upakowania, rosną wymagania dotyczące niezawodnego sposobu nanoszenia pasty lutowniczej. Szablon metalowy dla płytek zawierających różne podzespoły (szczególnie, gdy występują precyzyjne układy scalone) musi umożliwiać nakładanie zróżnicowanej ilości pasty. Ideałem byłoby

sposób wykonania wytrawionego otworu, czyli zakończenie procesu trawienia na odpowiednim etapie. Właściwy otwór powinien posiadać pionowe ściany o lustrzanej gładkości powierzchni.

Ze względu na różne rozmiary pól montażowych na płytce drukowanej, a tym samym na szablonie metalowym, konieczna jest znajomość minimalnej wielkości otworu możliwego do wykonania przy danej grubości folii i przy zachowaniu przyjętej wartości zapasów na podtrawienie. Dlatego też, konieczne stają się wcześniejsze konsultacje projektanta fotomaski z wykonawcą metalowych szablonów sitodrukarskich.

W najprostszym przypadku można przyjąć, że wykonanie określonego otworu w zależności od grubości materiału przedstawia się następująco:

- dla grubości poniżej 0,025 mm minimalną średnicę otworu można określić jedynie eksperymentalnie,
- dla grubości od 0,025 mm do 0,125 mm minimalna średnica równa się co najmniej grubości materiału,
- dla grubości większej niż 0,125 mm - powyżej 120% grubości materiału.

Szczegółowe dane dotyczące możliwości trawienia kształtowego, tolerancji wymiarowych dla różnych metali i ich grubości przedstawione są w pracy [10].

W miarę wzrostu różnorodności podzespołów (rezystory, typowe kondensatory, standardowe układy scalone, złącza i elementy stykowe, kondensatory tantalowe i

nałożenie dużej ilości pasty na pola lutownicze podzespołów strukturalnych oraz układów scalonych o rastrze powyżej 0,775 mm (zabezpieczenie przed tworzeniem złączy otwartych) oraz zmniejszonej ilości pasty pod obudowy FPT (zabezpieczenie przed tworzeniem się mostków - zwarć). Stąd powstała konieczność opracowania metody różnicowania ilości nakładania pasty lutowniczej, przez zmianę sposobu wykonywania szablonu metalowego.

3. SZABLON METALOWY ZRÓŻNICOWANEJ GRUBOŚCI

Zróżnicowanie grubości nakładanej pasty może być osiągnięte różnymi drogami. W technologii, opracowanej w Instytucie Tele i Radiotechnicznym i Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych, zastosowano metodę polegającą na kontrolowaniu ilości nakładanej pasty selektywnie modyfikując rozmiary pól nakładania pasty [7]. Dla blachy kowarowej (stop FeNiCo) o grubości 200 μm dolna granica szerokości szczeliny (okna) wynosi 250 μm . Oczywiście, wykonanie węższych otworów jest możliwe, ale wiąże się z przetrawieniem okien o większych wymiarach występujących na tym samym szablonie (różnice w szybkości trawienia w zależności od wymiarów szczeliny). Problem ten rozwiązuje się przez selektywną kompensację pól fotomaski. Dla obudów FPT okna o szerokości 200 μm będą wymagały zmniejszenia pól fotomaski o 100 μm (zapas na podtrawienie). Natomiast dla pozostałych podzespołów na płycie zmniejszenie pól na fotomasce będzie odpowiadało właściwym naddatkom na podtrawienie tj. 160 μm . Stosując ten sposób otrzymuje się w jednym procesie trawienia, okna o prawidłowych rozmiarach pola nałożenia pasty pod obudowy o różnych rastrach wyprowadzeń.

Zaproponowanej metody nie można jednak przyjąć bezkrytycznie. W przypadku precyzyjnych układów scalonych o bardzo małych wyprowadzeniach i małych odstępach między nimi, w czasie drukowania powstają wysokie i wąskie "słupki" pasty lutowniczej. W dalszych operacjach montażu istnieje niebezpieczeństwo nawet niewielkiego ich skrzywienia, co może doprowadzać do tworzenia mostków (zwarć).

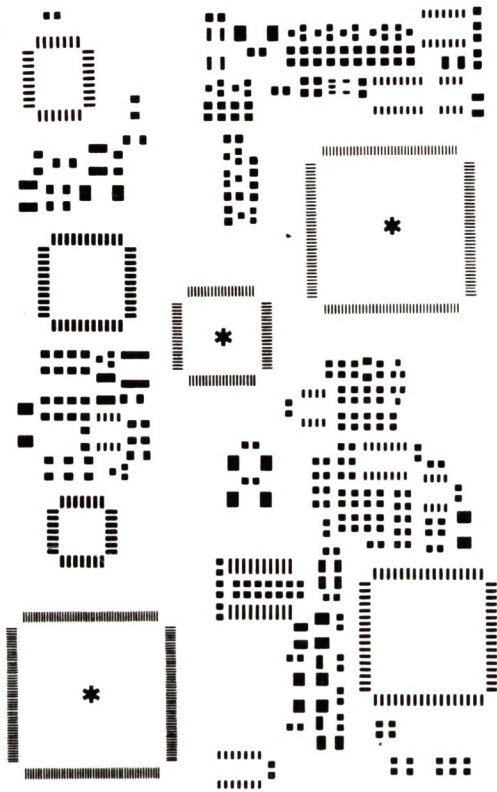
Inną metodą różnicowania grubości nakładanej pasty lutowniczej jest stosowanie tzw. szablonów laminowanych [11]. Szablon o grubości np. 250 μm składa się z dwóch warstw folii metalowej. Na jednej z nich o grubości 150 μm trawi się cały wzór. Na drugiej o grubości 100 μm trawi się tylko okna o dużych rozmiarach (dla typowych podzespołów elektronicznych), a w miejscach układów scalonych FPT wytrawia się prostokąty (kwadraty) o wymiarach zewnętrznych nieznacznie większych od całkowitych pól zajmowanych przez obudowy FPT. Nałożenie dwóch warstw folii na siebie daje w rezultacie gotowy szablon. Metoda ta wymaga jednak dokładnego połączenia (sklejenia) folii, jak również precyzyjnego spasowania krawędzi okien w dwóch niezależnie wytrawionych blachach. W przeciwnym wypadku może nastąpić przesunięcie pól lutowniczych, wpływając niekorzystnie na rozdzielczość druku.

Możliwość różnicowania ilości nakładanej pasty można otrzymać przez zmianę sposobu wykonania szablonu. Należy stworzyć warunki, aby uzyskać miejscowe obniżenie bądź zwiększenie grubości folii metalowej w newralgicznych miejscach druku. Można to osiągnąć, posługując się techniką galwaniczną lub poprzez odpowiednie zaprojektowanie i zróżnicowanie obu stron fotomasek.

Nowy sposób wytwarzania szablonu polega na wykonaniu szablonu dwupoziomowego o zredukowanej grubości w obszarze zajęтым przez układy scalone z bardzo małym rastrem (poniżej 0,7 mm) bądź o zwiększonej “dołożonej” grubości na

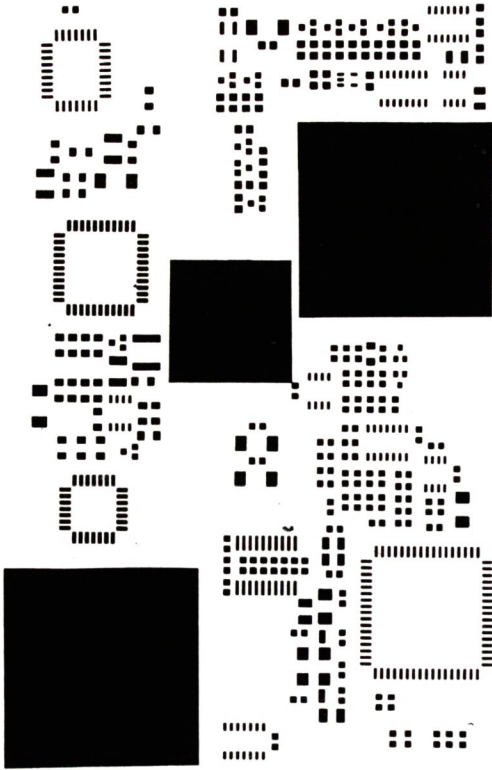
powierzchni folii metalowej zawierającej pozostałe podzespoły strukturowe.

Szablon o zredukowanej grubości wykonuje się techniką chemigraficzną, wykorzystując dwustronne fotomaski niecałkowicie symetryczne o zróżnicowanych naddatkach na podtrawienie. Istotę powyżej podanej metody można wytłumaczyć na podstawie następującego przykładu. W przypadku płytki drukowanej posiadającej pola lutownicze pod podzespoły tak jak przedstawiono na Rys. 3, wykonanie szablonu metalowego w klasyczny sposób nie da zadowalających efektów. Występowanie obudów układów scalonych z bardzo małym rastrem (oznaczono na rysunku *) powoduje, że po wytrawieniu blachy o grubości 120 μm okna pod obudowy (*) będą wystarczające, ale dla innych podzespołów objętość nakładanej pasty będzie za mała. Natomiast stosując blachę o grubości 200 μm , uzyskamy odpowiednią już ilość pasty pod podzespoły strukturowe, ale dla układów scalonych (*) “stępki” pasty będą za wysokie, a tym samym staną się przyczyną powstawania zwarc. Rozwiązaniem w takim przypadku jest zastosowanie szablonu dwupoziomowego, wykonanego z jednej blachy o grubości 200 μm . Fotomaska stosowana w chemigraficznej metodzie będzie składała się z dwóch niesymetrycznych stron. Pierw-



Rys. 3. Fotomaska stosowana do wykonywania szablonów metalowych o zredukowanej grubości. Wzór fotomaski odpowiada powierzchni folii metalowej stykającej się z polami lutowniczymi płytki drukowanej.

Fig. 3. Photomask used for metal stepstencil fabrication. Pattern of photomask corresponds to metal foil areas which contact printed circuit boards.



Rys. 4. Fotomaska stosowana do wykonywania szablonów metalowych o zredukowanej grubości. Wzór fotomaski odpowiada powierzchni folii metalowej szablonu od strony druku pasty lutowniczej.

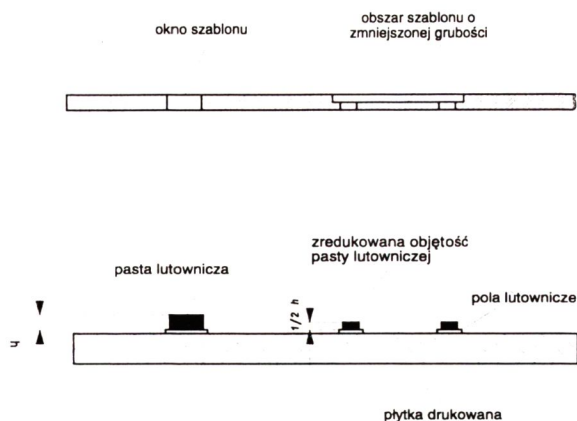
Fig. 4. Photomask used for metal stepstencil fabrication. Pattern of photomask corresponds to metal foil areas of stencil seen from the side of solder mask printing.

dukowanie objętości pasty lutowniczej (Rys. 5), w ilości właściwej już dla montowanych układów. W opisany powyżej sposób wykonano szablony metalowe o różnych grubościach materiału wyjściowego. Jako materiał zastosowano mosiądz o grubościach 0,09; 0,11; 0,2; 0,3 i 0,4 mm.

W procesie chemigraficznym stosowano fotorezyst negatywowy na bazie alkoholu poliwinylowego (PAW) o lepkości 24 cP i gęstości 1,025 g/cm³. Fotorezyst nakładano metodą kontrolowanego wyciągania ($V = 32$ cm/min), a uzyskiwana grubość warstwy fotorezystu wynosiła 2,9 - 3,2 μm . Proces trawienia prowadzono

szka strona będzie odpowiadała stronie folii metalowej stykającej się z polami montażowymi płytki drukowanej i zostanie wykonana tak jak przedstawiono na Rys. 3. Druga strona fotomaski będzie obrazem powierzchni blachy od strony rakli (druku pasty lutowniczej), a przedstawiona jest na Rys. 4. Po dokładnym spasowaniu obu stron fotomaska jest gotowa do użycia, w procesie trawienia kształtowego.

W procesie trawienia stosowane są fotorezysty negatywowe (fotoutwardzalne), a to oznacza, że obszary odpowiadające czarnym polom na fotomasce będą trawione, a pozostałą powierzchnię blachy zabezpiecza warstwa fotorezystu. Z porównania Rys. 3 i 4 wynika, że okna pod pola lutownicze typowych podzespołów strukturalnych będą trawione dwustronnie, co da końcową grubość folii w tych miejscach taką jak grubość użytej blachy (200 μm). W przypadku obudów oznaczonych (*), z jednej strony trawione będą pola odpowiadające końcówkom wyprowadzeń, a ze strony przeciwnej powierzchnia kwadratu obejmująca cały obszar zajmowany przez obudowy FPT. W rezultacie dla tych układów scalonych uzyskamy około połowy grubości materiału trawionego (~ 100 μm). Podczas drukowania w miejscach o zmniejszonej grubości otrzymamy zre-



Rys. 5. Nakładanie pasty lutowniczej przez szablon o zróżnicowanej grubości.

Fig. 5. Solder paste deposition with metal stepstencil.

w trawiarce natryskowej DEA-242, stosując jako środek trawiący wodny roztwór chlorku żelazowego (42% wag.) z dodatkiem 0,3% HCl, o temperaturze 55°C.

W Tabeli 4 przedstawiono uzyskane wyniki podtrawienia bocznego dla pól podzespołów strukturalnych i dla ścienianych układów scalonych oraz wielkość zredukowanej grubości dla blachy mosiężnej o różnych grubościach wyjściowych.

Tabela 4. Charakterystyczne wielkości dla szablonów wykonywanych z blachy mosiężnej o różnej grubości.

Tabela 4. Parameters of brass stencils made from foils of different thickness.

Grubość blachy [mm]	Podtrawienie pola lutowniczego [mm]	Podtrawienie ścienianych pól pod układ scalony [mm]	Grubość obniżonego pola układu scalonego [mm]
0,09	0,010	0,040	0,045
0,11	0,015	0,050	0,060
0,20	0,085	0,120	0,105
0,30	0,160	0,210	0,145
0,40	0,340	0,420	0,220

Jak wynika z danych zamieszczonych w Tabeli 4. w tak prowadzonym procesie trawienia uzyskuje się zredukowanie grubości o ~ 50%, a wielkość podtrawień dla obniżanych pól jest większa niż dla otworów trawionych dwustronnie. Dlatego, przy projektowaniu fotomaski dla szablonów o obniżanej grubości, wielkości te należy uwzględnić w zakładanych zapasach na podtrawienie.

W przeprowadzonych badaniach nie ograniczono się jedynie do obniżania newralgicznych pól precyzyjnych układów scalonych do połowy grubości materiału, gdyż w praktyce montażu powierzchniowego może okazać się, że takie zredukowanie grubości jest za duże, co daje w konsekwencji za małą objętość nakładanej pasty lutowniczej. Wykonano więc próby ścieniania na wielkość pośrednią pomiędzy połową, a całkowitą grubością materiału.

Zróżnicowanie grubości na różnym poziomie zostało osiągnięte przez dwuetapowy proces trawienia. Po obniżeniu pola kwadratów o zamierzoną grubość, obszar ten maskowano fotorezystemem, a proces trawienia dla pól odpowiadających wyprowadzeniom układu scalonego był wtedy jednostronny. Dla pozostałych otworów proces przebiegał w sposób klasyczny - dwustronnie. Proces trawienia kończono w momencie, gdy uzyskano odpowiednie (proste) krawędzie dla ścienianych pól układów scalonych. Przykładowe wyniki uzyskane dla blachy mosiężnej o grubości 200 μm przedstawiono w Tabeli 5.

Tabela 5. Szablon metalowy o różnej grubości ścienionych pól pod układ scalony.
Table 5. Metal stepstencils with differently decreased thickness in fine pitch areas.

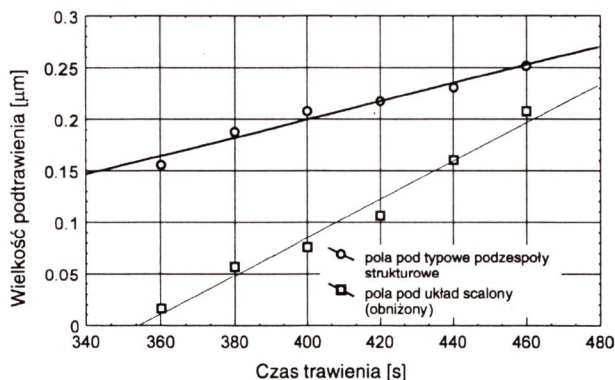
Grubość obniżonego pola [mm]	Podtrawienie pola lutowniczego [mm]	Różnica wymiarów pól pod układ scalony [mm]	Czas trawienia [s]
0,105	0,085	0,120	290
0,120	0,125	0,045	314
0,135	0,155	0,015	360
0,150	0,200	0	436
0,170	0,240	- 0,030	477

W trzeciej rubryce Tabeli 5 podana jest różnica szerokości pól wyprowadzeń ścienionego układu scalonego, a tym samym wymiarem na fotomasce, mierzona w świetle przechodzącym. Jest to istotna uwaga, gdyż w przypadku niesymetrycznie redukowanych wysokości szablonów wykonywanych z blachy o grubości powyżej 0,2 mm następuje pewne roztrawienie otworów od strony podłoża (płytki drukowanej). Kształt tych otworów w przekroju zbliżony jest wówczas do trapezu.

Z przeprowadzonych badań wynika, że można tak prowadzić proces trawienia, aby uzyskać zamierzone obniżenie grubości. Im mniejsze zredukowanie grubości materiału tym dłuższy jest czas trawienia oraz zwiększa się różnica podtrawień pomiędzy polami dla podzespołów trawionych dwustronnie i dla pól obszaru ścienianego. Zwiększa się bowiem różnica wymiarów dla typowych podzespołów strukturalnych, a dla pól powierzchni ścienianej efekt jest przeciwny. Różnice te są tym większe im większa jest wyjściowa grubość materiału zastosowanego na szablon metalowy.

Zgoła przeciwny rezultat uzyskuje się w przypadku dalszego trawienia, gdyż różnica pomiędzy podtrawieniami na omawianych polach ulega teraz ciągłemu zmniejszaniu, co przedstawia Rys. 6. Na wykresie pokazano zmianę wymiarów (podtrawień) dla pól szablonu metalowego ścienionego z 200 μm do 155 μm , w funkcji czasu trawienia.

Podczas wykonywania szablonów o zróżnicowanej grubości, aby uniknąć przetrawienia jednych pól, a niedotrąwienia drugich trzeba bardzo precyzyjnie dobrać wielkości zapasów na podtrawienie (kompensacja wymiarów). Wielkość nadatków jest inna dla pól typowych podzespołów strukturalnych oraz dla okien ścienianych



Rys. 6. Zależność wielkości podtrawienia pól szablonu metalowego od czasu trawienia.

Fig. 6. Dependence of lateral undercutting at the metal stencils apertures on etching time.

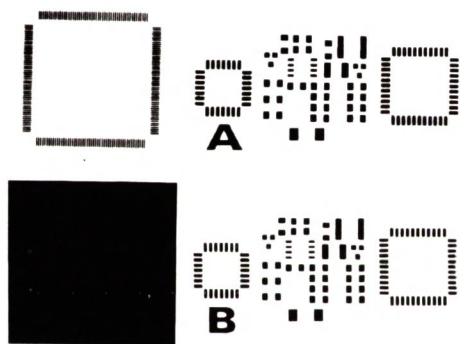
obszarów zajmowanych przez układy scalone. Obie te wielkości są jednocześnie ściśle uzależnione od grubości zredukowanego szablonu. Należy pamiętać, że krawędź obniżonego gniazda musi być w odpowiedniej odległości od trawionego wzoru układu scalonego. Z reguły obudowy FPT wymagają z czterech stron marginesu wynoszącego około 3 mm, tak aby umożliwić giętkiej krawędzi rakli prawidłowe ustawienie się względem obniżonej powierzchni szablonu.

Najlepszą odpowiedzią na pytanie, czy pocieniony szablon metalowy może być zastosowany do nakładania pasty lutowniczej na pola płytki drukowanej, gdzie

występują obok siebie różne podzespoły strukturalne łącznie z układami scalonymi z bardzo małym rastrem jest wykonanie profesjonalnych prób drukowania pasty.

Obecnie stosowane pasty do druku na szablony metalowych posiadają właściwości reologiczne zapewniające utrzymanie kształtu nadrukowanej warstwy (brak osiadania i podatności na rozplływ). Ponieważ pasty są bardzo drogie, w celu zmniejszenia ich zużycia wykonano szablony metalowe o wzorze przedstawionym na Rys.7. Szablon ten wykonano z folii kowarowej o grubości 0,12 mm i blachy mosiężnej 0,20 mm o obniżonym równomiernie polu obejmującym obudowę FPT odpowiednio do grubości 0,07 i 0,12 mm.

Testowe próby drukowania wykonano w Zakładzie Technik Montażu Instytutu Tele i Radiotechnicznego. Poprzez szablon metalowy nakładano pastę "fine - line 2000" firmy Alpha Metals o symbolu RMA 390D3M



Rys. 7. Szablon metalowy o zredukowanej grubości stosowany do druku pasty lutowniczej "Fine - line". A - powierzchnia folii metalowej od strony druku pasty. B - powierzchnia folii metalowej stykająca się z polami lutowniczymi płytki drukowanej.

Fig. 7. Metal stencil for printing solder paste "fine - line". A - metal foil surface seen from printing side. B - metal foil surface seen from the side contacting with printed circuit boards.

91.3.90. Poszczególne części składowe oznaczenia przedstawiają dokładną charakterystykę pasty, która doskonale nadaje się do druku przez szablony metalowe. Pasta ta zawiera topnik średnio aktywny o zawartości spoiwa (wielkość ziarna 35-50 μm) 91% i lepkości 900 000 mPas.

Proces drukowania prowadzono na laminacie miedzianym za pomocą sitodrukarki półautomatycznej typu 3230 firmy Aremco, stosując szybkość przesuwu rakli 20 cm/min. Po ustaleniu odległości szablonu od płytki drukowanej (druk kontaktowy) dobrano odpowiedni docisk rakli tak, że uzyskano wręcz idealne wyniki w nakładaniu pasty lutowniczej dla szablonu ścienianego o grubości 0,12 mm. Natomiast dla szablonu o grubości 0,2 mm, pomimo wielokrotnych prób, wynik był negatywny, gdyż tworzyły się mostki pomiędzy polami podzespołu FPT. Rezultat taki był jednak przewidywany, ponieważ do wykonania obydwu szablonów zastosowano tę samą fotomaskę o raz ustalonych zróżnicowanych zapasach na podtrawienie. Kompensacja wymiarów dla cieńszego szablonu była bardzo dobra, a dla szablonu o grubości 0,2 mm należało znacznie zwiększyć wielkość naddatków. Uzyskane wyniki jeszcze raz potwierdzają wniosek o konieczności właściwego zaprojektowania fotomaski podczas wykonywania zredukowanych szablonów metalowych.

Przeprowadzono również próby wykonywania szablonów o zwiększonej grubości w stosunku do grubości materiału wyjściowego. W tym wypadku wykorzystano proces elektroformowania warstwy niklu na całej powierzchni folii metalowej, poza obszarem zajmowanym przez obudowy FPT. Materiałem wyjściowym była folia z mosiądzu o grubości 0,11 mm i stalowa 0,15 mm, w których wytrawiano dwustronnie wzór będący odpowiednikiem fotomaski przedstawionej na Rys. 3. Po dokładnym usunięciu fotorezystu z obu powierzchni wytrawionej blachy, stronę która będzie stykała się bezpośrednio z polami lutowniczymi płytki drukowanej zabezpieczono stosowaną w galwanotechnice taśmą samoprzylepną. Z przeciwnej strony zabezpieczono taśmą jedynie pola zajmowane przez obudowy układów scalonych z bardzo małym rastrem (Rys. 4). Zastosowana taśma samoprzylepna jest odporna na długotrwałe działanie kąpieli galwanicznej, uniemożliwiając podpłynięcie roztworu pod chronioną powierzchnię.

W oparciu o dane literaturowe [12] i własne doświadczenia związane z wykonywaniem elektroformowanych masek niklowych do metalizacji próżniowej, warstwę niklu nakładano z kąpieli amidosulfonianowej niskostężeniowej o następującym składzie:

amidosulfonian niklawy $\text{Ni}(\text{SO}_3\text{NH}_2)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$	- 300 g/l,
kwasy borowy H_3BO_3	- 30 g/l,
chlorki niklowe $\text{NiCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$	- 30 g/l,
sacharyna $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3\text{NS}$	- 60 mg/l.

Parametry pracy kąpieli:

temperatura	- 46-48 °C,
pH	- 4.0 ,
gęstość prądowa	- 1 A/dm ² .

Stosując różne czasy nakładania niklu (od 2,5 do 3,5 h) otrzymano pogrubienie szablonu odpowiednio od 35 μm do 50 μm .

Nałożona dodatkowa powłoka niklu posiadała jednak pewne naprężenia wewnętrzne, co deformowało cały szablon metalowy. Jednakże uzyskane wyniki były na tyle obiecujące, że prace związane z formowaniem galwanicznym dodatkowej warstwy będą w przyszłości kontynuowane. Należy również pamiętać, że podczas tego procesu powłoka niklu nie tylko odkłada się na samej powierzchni materiału, ale równocześnie następuje zarastanie (zmniejszanie wymiarów) pól pod typowe podzespoły strukturalne. W tym więc przypadku zróżnicowane zapasy na fotomasce będą uwzględniane odwrotnie, niż przy metodzie redukcji grubości szablonu. Założona wielkość nadkładu na zmniejszenie wymiarów musi być dodana do wymiarów nominalnych otworów pod pola lutownicze płytki drukowanej.

PODSUMOWANIE

Wprowadzenie do SMT układów scalonych o bardzo małych wymiarach i dużej liczbie wyprowadzeń wiąże się z nowymi wymaganiami dotyczącymi montażu. Jakość złącza lutowniczego zależy nie tylko od właściwości pasty lutowniczej, parametrów operacji sitodruku, dokładności wykonania obudowy, ale w dużej mierze od umiejętności wyboru, zaprojektowania i wykonania narzędzia do nakładania pasty lutowniczej. Narzędziem tym jest szablon metalowy o zróżnicowanej grubości.

Opracowano metodę wytwarzania szablonów metalowych dwupoziomowych o zredukowanej grubości w obszarze zajęтым przez precyzyjne układy scalone - FPT. Przy wykonywaniu szablonów o zróżnicowanej grubości, w celu uniknięcia przetrawienia jednych pól, a niedotrąwienia innych, należy bardzo dokładnie obliczyć wielkości zapasów na podtrawienie (kompensacja wymiarów). Wielkość nadkładów jest inna dla pól typowych podzespołów strukturalnych oraz dla okien ścinianych obszarów, zajmowanych przez układy scalone. Obie te wielkości są jednocześnie ściśle uzależnione od grubości samego szablonu i od stopnia jego zredukowania.

Szablon metalowy o zróżnicowanej grubości umożliwia nałożenie dużej ilości pasty na pola lutownicze dla podzespołów strukturalnych oraz układów scalonych o dużym rastrze (zabezpieczenie przed tworzeniem złączy otwartych) oraz zmniejszonej ilości pasty pod obudowy FPT (zabezpieczenie przed tworzeniem się mostków).

Walory szablonów metalowych dwupoziomowych wykonywanych według technologii opracowanej w ITME predysponują je do szerokiego rozpowszechnienia zarówno na rynku krajowym i zagranicznym. Mamy nadzieję, że artykuł ten przyczyni się do rozszerzenia znajomości korzyści i zalet zastosowania takich szablonów wśród wytwórców sprzętu elektronicznego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Grevik D. J.: Surface mount technology. Conference Electronic Passive Components, Warsaw 1993.
- [2] SIEMENS: The World of Surface Mount Technology, Elektronika 1995, 1-9
- [3] Crum S.: Choosing stencils for solder paste deposition, Electronic Packaging and Production, February 1991, 66-68
- [4] Cendrowski S., Najdeker E.: Szablon sitodrukarski stosowany w SMT, V Konferencja Naukowa Technologia Elektronowa, ELTE'94, 114-116
- [5] Coleman W. E.: Photochemically etched stencils for ultra - fine - pitch printing, Surface Mount Technology, June 1993, 18-24
- [6] Hutchins C. L.: Stencil technology: an evolution, Surface Mount Manufacturing, September 1994, 16-18
- [7] Hackiewicz H, Goldberg S.: Wybrane problemy technologii montażu powierzchniowego układów scalonych w obudowach FPT. Elektronika, sup. 2, 1992, 12-16
- [8] HERAEUS: SMT - Materials, Materiały firmowe, Symposium Warszawa 1995
- [9] Stösser G.: Ätz - und Galvanoformtechnik, Metaloberfläche 43, 1989, 4, 28-35
- [10] Cendrowski S., Najdeker E.: Zastosowanie metody trawienia obrysowego przy wytwarzaniu precyzyjnych detali. Materiały Elektroniczne 4(76), 1991, 34-43
- [11] Hwang J.S.: Solder/screen printing, Surface Mount Technology 1994, 44-49
- [12] Qust J.: Galvanogeformte Planteile und deren Verwendung in der Industrie. Galvano-technik 79, 1988, 5, 1482-1484

METAL "STEP STENCIL" WITH DIFFERENTIATED THICKNESS FOR PRINTING SOLDER PASTE IN SURFACE MOUNTING TECHNOLOGY (SMT)

Summary

Introduction of integrated circuit packages with ultra fine pitch to SMT created some new technological problems. It is caused by necessity of simultaneous printing of thick layers of solder in region of the conventional components on circuit boards and much thinner layers in area destined for IC packages. The problem can be solved by so called "step stencils" with decreased thickness in fine pitch areas. A method of production of this kind of metal stencils has been developed.