

Prototyp w godzinę

- precyzja niemal przemysłowa

Płytki drukowane w domu, część 3

Trawienie

Spośród całej gamy kąpeli przeznaczonych do trawienia miedzi na płytkach PCB, w warunkach amatorskich na uwagę zasługują trzy ich rodzaje:

- Roztwór chlorku żelazowego (FeCl_3) o stężeniu 28...42% (wagowo) z ewentualnym dodatkiem do 5% kwasu solnego (HCl). Chlorek żelazowy mimo swojej niekwestionowanej popularności ma kilka istotnych wad, m.in. wykonana z niego kąpiel wymaga intensywnego mieszania usuwającego powstające osady, a jej nieprzezroczystość utrudnia wizualną kontrolę postępu trawienia. Do tego należy jeszcze dodać legendarną zdolność do tworzenia nieusuwalnych plam.

- Kąpiele kwaśne złożone z kwasu siarkowego (H_2SO_4) lub solnego (HCl) z dodatkiem perhydrolu (30% nadtlenek wodoru, H_2O_2). Mieszanki te nadają się do trawienia płytek precyzyjnych, są również stosunkowo łatwe do zestawienia w warunkach amatorskich. Niestety ze względu na małą trwałość nie nadają się do przechowywania.

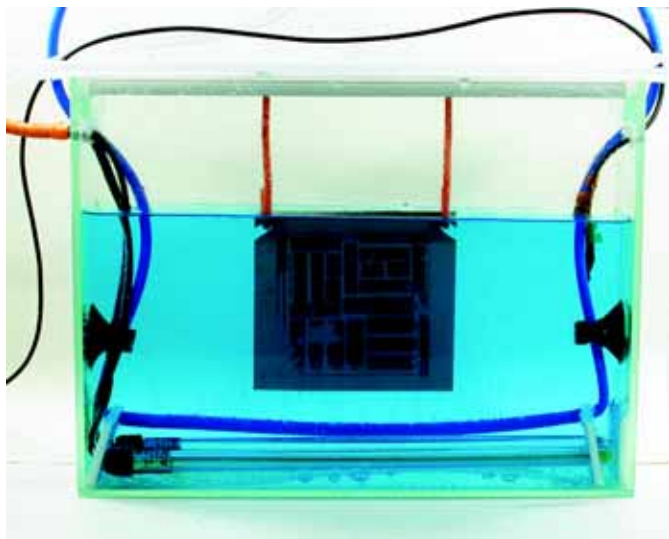
- Roztwór nadsiarczanu amonu (NH_4) $_2$ S_2O_8 . Ze względu na małą agresywność kąpiel nadaje się praktycznie do wszystkich rodzajów pokryć ochronnych, a zarazem pozwala na trawienie płytek o wysokiej jakości. W przemyśle jest obecnie stosowana rzadko, ze względu na trudności z regeneracją i odzyskiem miedzi z roztworu, co ma jednak niewielkie znaczenie

W trzeciej, ostatniej części cyklu przedstawiamy zagadnienia związane z trawieniem płytek drukowanych oraz - jest to namacalny dowód na duże możliwości opisywanej metody - wyniki osiągnięte podczas prac prototypowych. Zapraszamy!

w warunkach amatorskich. Według receptury podanej w [1] stężenie nadsiarczanu amonu powinno wynosić 200...300 g/dm³. Świeży roztwór jest bezbarwny, a w miarę zużywania stopniowo przybiera barwę intensywnie niebieską. Dzięki dobrej trwałości może być wykorzystany praktycznie do końca, a stosunkowo niska cena

głównego składnika również zachęca do stosowania w warunkach amatorskich. Ze względu na szybkość trawienia zaleca się podgrzewanie kąpeli do temperatury ok. 40°C.

Należy jednak wspomnieć o pewnym istotnym szczególe. Otóż według receptury, do stabilnej pracy kąpeli zalecana jest domieszka katalizatora (chlorek



Fot. 14. Trawiarka napełniona roztworem B327. Na dnie widoczne są dwie grzałki akwaryjne, a z tyłu - kurtyna pęcherzyków powietrza powodująca intensywne a jednocześnie równomierne mieszanie roztworu. Pojemność robocza zbiornika wynosi ok. 2,5...3 dm³

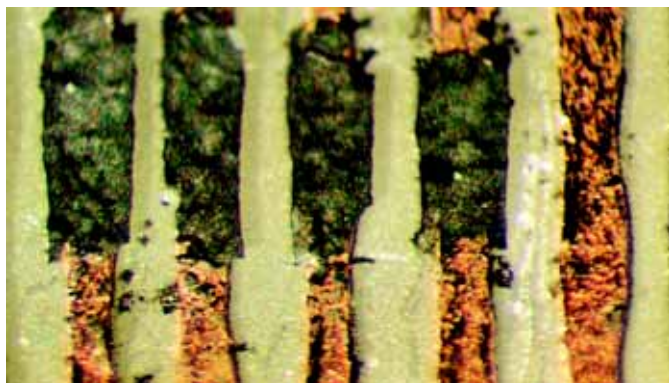
ręci (II) HgCl₂ o stężeniu 8 mg/dm³). O ile całkowita ilość i stężenie katalizatora zawartego w kąpieli są stosunkowo niewielkie (dopuszczalne stężenie rtęci w ściekach zrzucanych do kanalizacji komunalnej nie może przekraczać 0,1 mg Hg/dm³), to operowanie stężonymi związkami rtęci podczas przygotowania roztworu wymaga zachowania specjalnych środków ostrożności.

Dostępny w handlu *Wytrawiacz Drobnokrystaliczny B327*, mimo braku na opakowaniu jakichkolwiek informacji o jego składzie, jest najprawdopodobniej mieszaniną sporządzoną na bazie nadsiarczanu amonu lub nadsiarczanu sodu. W chwili obecnej można go uznać za jeden z najwygodniejszych i łatwo dostępnych preparatów do trawienia miedzi. Za jego stosowaniem przemawia m.in. to, że nie

narusza resztek powłoki kredowej, a także komfort wynikający z klarowności kąpieli.

Na fot. 14 pokazano wygląd amatorskiej trawiarki napełnionej częściowo użytym roztworem B327. Umieszczone na jej dnie grzałki akwaryjne wraz z regulatorem utrzymują temperaturę kąpieli na poziomie ok. 40...42°C, natomiast widoczna z tyłu rurka napowietrzająca wytwarza kurtynę pęcherzyków powietrza powodującą intensywne i równomierne mieszanie roztworu. Czas trawienia miedzi o grubości 35 µm wynosi w takich warunkach przeciętnie 12...15 minut.

Na fot. 15 przedstawiono wygląd ścieżek o nominalnej szerokości 6 mils, po wytrawieniu i częściowym mechanicznym usunięciu maskującego je tonera. Krawędzie maski tworzą prze-



Fot. 15. Podtrawienie krawędzi ścieżek. Na zdjęciu - ścieżki 6 mils po wytrawieniu i mechanicznym usunięciu części maskującego. Widoczne "okapy" powstały na skutek rozpuszczenia miedzi pod krawędzią tonera. Zwróćmy uwagę, że rozlanie tonera i podtrawienie kompensują się wzajemnie, dzięki czemu finalna szerokość ścieżek niewiele różni się od zamierzonej

wieszono okapy, natomiast ukryte pod nimi ścieżki uległy podtrawieniu na głębokość porównywalną z grubością warstwy miedzi. Wszystkie próbki prezentowane w artykule zostały wykonane na standardowych laminatach o grubości miedzi 35 µm - czyli ok. 1,4 mils. Z drugiej strony, jeżeli porównamy uzyskane szerokości ścieżek z wymiarami nominalnymi (projektowymi), to możemy stwierdzić, że poszerzenie na skutek rozpląnięcia tonera i zwięźnienie powstałe w efekcie podtrawienia kompensują się wzajemnie, a finalna szerokość niewiele odbiega od założonej.

Ciekawego porównania dostarcza fot. 16. Zestawiono na niej fragment mozaiki złożonej z równoległych ścieżek o szerokości 6 mils wykonanych w różnych technologiach. Począwszy od góry możemy zobaczyć wydruk maski (600 dpi) na papierze kredowym (a) i ścieżki uzyskane za jej pomocą (b) oraz rezultaty technologii przemysłowej z maską fotopolimerową (c) oraz z maską metaliczną Sn-Pb (d). Technologie przemysłowe gwarantują niemal idealną powtarzalność i jakość krawędzi niedostępna dla mozaiki transferowanej z wydruku 600 dpi. Jednak z drugiej strony zwróćmy uwagę na zaskakującą próbkę (d), gdzie z nominalnej szerokości ścieżek pozostało jedynie ok. 2 mils.

Mycie i zabezpieczenie płytki

Po wyjęciu płytki z trawiarki pozostaje już tylko zmycie maski ochronnej. Polimerowy toner daje się łatwo usunąć za pomocą popularnych rozpuszczalników organicznych np. acetonu lub (lepiej) rozpuszczalnika Nitro. Jak się jednak zdążyłem przekonać, po zmyciu tonera na powierzchni miedzi pozostaje cienka, woskowa warstwa mogąca skutecznie uprzykrzyć późniejsze lutowanie. Dlatego przed pokryciem płytki warstwą topnika warto ostatni raz przeszlirować ją pod bieżącą wodą za pomocą bardzo drobnego papieru ściernego (>1000).

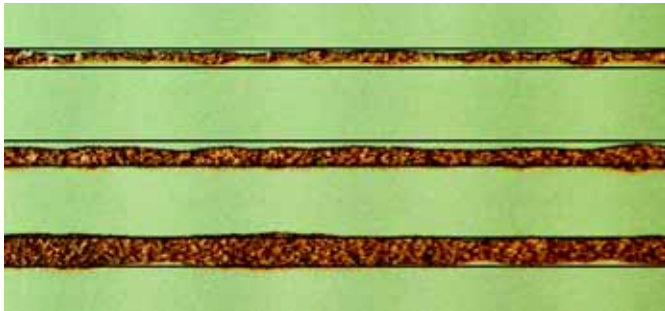
Rezultaty

Po szczegółowym przedstawieniu metody nadeszła pora na prezentację i omówienie uzyskanych wyników. Licząc swoje osiągnięcia w wytwarzaniu domowych PCB, najchętniej podajemy minimalne uzyskane szerokości ścieżek. Na fot. 17 przedstawiono próbę oceny metody według tego właśnie kryterium. Jak widać, ścieżka o nominalnej szerokości 4 mils zachowała elektryczną ciągłość. Oczywiście nie namawiam nikogo do realizacji takich projektów, a sam test należy potraktować z przymrużeniem

oka. Jednak daje on pewną orientację co do potencjalnych możliwości technologii „kredowej”. Oprócz minimalnej szerokości ścieżek, drugim ważnym parametrem są minimalne separacje gwarantujące uniknięcie zwarców. Wykonane specjalnie w tym celu próbki testowe składały się z rzędu równoległych ścieżek o stopniowo rosnących odstępach. Na fot. 18 pokazano fragment próbki złożonej ze ścieżek o nominalnej szerokości 6 mils. Liczby na rysunku oznaczają odstęp pomiędzy osiami ścieżki centralnej a osiami jej najbliższych sąsiadów. Jak można zauważyć, w miarę oddalania stopniowo zanikają oddziaływania między sąsiadującymi elementami mozaiki. Zapewnienie odstępu 6 mils w zasadzie gwarantuje, że pomiędzy sąsiadującymi elementami



Fot. 16. Ścieżki 6 mils w różnych wykonaniach: wydruk 600 dpi na papierze kredowym (a); termotransfer z papieru kredowego (b); technologia profesjonalna z maską fotopolimerową (c); technologia profesjonalna z maską metaliczną Sn-Pb (d). Wykonania profesjonalne zapewniają znacznie lepszą równomierność ścieżek niż metoda termotransferowa, ale nie bez niespodzianek - w ostatniej próbce (maska SnPb) ze ścieżek o projektowanej szerokości 6 mils zostało zaledwie ok. 2 mils



Fot. 17. 6 mils... 5 mils... 4 mils... Gdzie leży granica? Ścieżka 4 mils mimo wyraźnych głębokich przewężeń zachowała ciągłość i nienaruszoną górną płaszczyznę

mozaiki nie wystąpią zwarcia wynikające ze zbyt bliskiego sąsiedztwa.

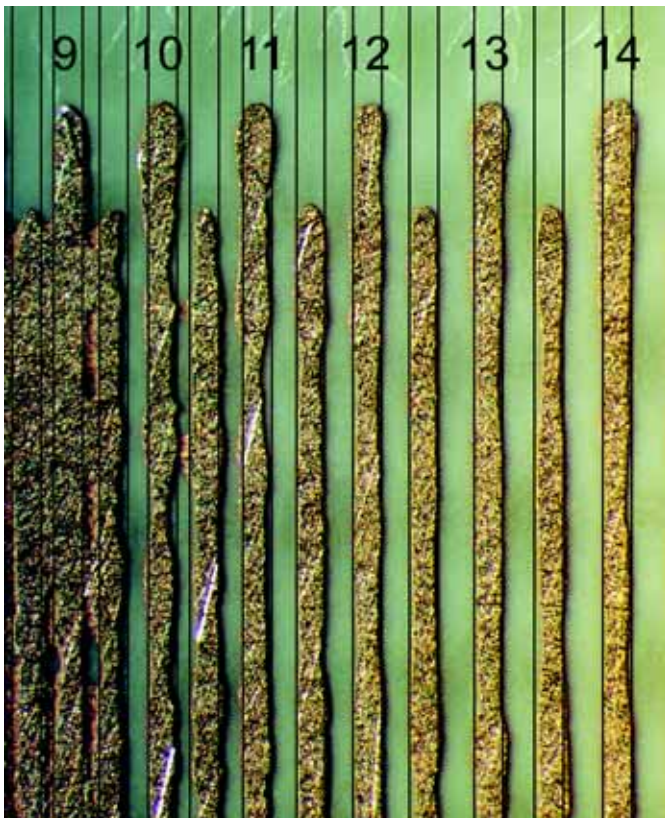
Kolejne zdjęcia prezentują przykłady struktur, z jakimi można się spotkać w rzeczywistych projektach. Są to przejścia ścieżek pod standardowymi elementami w obudowach SMD: 0805 (fot. 19) i SOT-23 (fot. 20) oraz trzy ścieżki o szerokości 6 mils (fot. 21) przeprowadzone pomiędzy polami lutowniczymi układu scalonego w obudowie DIP (pola o nominalnej średnicy 62 mils w rozstawie 100 mils).

Rozpoczynając artykuł wspominałem o rosnącym zapotrzebowaniu na precyzyjne, amatorskie PCB, wynikającym z silnego dążenia producentów do miniaturyzacji obudów. Na fot. 22 pokazano

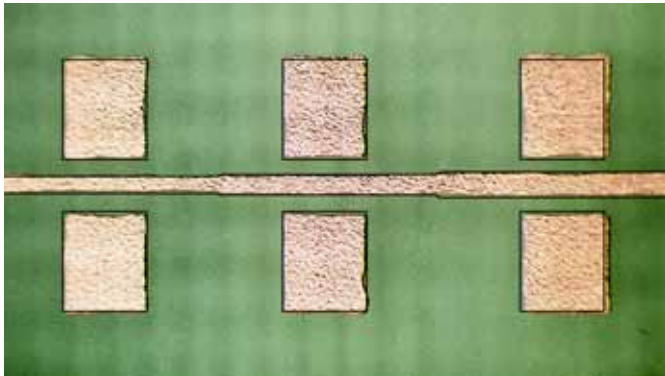
fragment płytki drukowanej z przylutowanym układem w obudowie QFP208 z wyprowadzeniami w rastrze 0,5 mm. Jakkolwiek nie widać tego na zdjęciu, to mogę zapewnić, że wszystkie pozostałe wyprowadzenia zostały przylutowane do poprawnych pól lutowniczych wytrawionych bez zwarć i istotnych ubytków.

Opisy - warstwy Overlay

Na zakończenie wspomnę o jeszcze jednym zastosowaniu metody termotransferowej. Kosztem dodatkowych kilku minut pracy możemy nanieść na płytkę opis elementów (warstwy *BottomOverlay* i *TopOverlay*) znakomicie ułatwiający późniejszy montaż (fot. 23). Ponieważ



Fot. 18. Ścieżki 6 mils w zmiennych odstępach. Liczby oznaczają odległość w milsach pomiędzy osią ścieżki centralnej a osiami jej najbliższych sąsiadów. Zachowanie ok. 6 mils separacji wystarcza do wyeliminowania zwarć

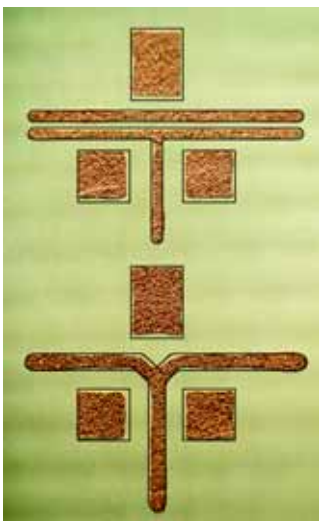


Fot. 19. Pojedyncza ścieżka (kolejno o szerokości: 10, 12, 15 mils) przeprowadzona pomiędzy polami elementu SMD0805

toner po zmyciu kredy przyjmuje nieciekawą szarosiwą barwę, a zarazem od warstwy opisowej nie oczekujemy idealnej szczelności krycia, to tym razem możemy znacznie uprościć technologię. Zamiast kąpieli i żmudnego zmywania kredy, po prostu odrywamy papier na gorąco, jeszcze przed zdjęciem płytki z żelazka. Wprawdzie znaczna część wydruku pozostanie na papierze, to jednak reszta przeniesiona na płytkę i tak zapewni dobry kontrast oraz czytelność znaków nawet o wysokości zaledwie 40 mils.

Podsumowanie

Porównując rezultaty metody termotransferowej z minimalnymi wymaganiami nakładanymi przez wiele firm zajmujących się produkcją płytek drukowanych, łatwo ulec złudnemu wrażeniu, że oto w amatorskim ręku mamy narzędzie doskonałe. Nie tracmy jednak zdrowego rozsądku. Graniczne możliwości profesjonalistów sięgają znacznie dalej, a stawiane ograniczenia mają zagwarantować niemal 100% bezbłądność i powtarzalność wykonania

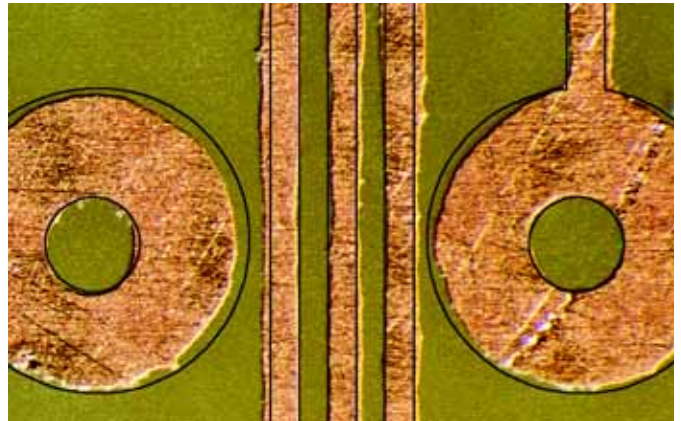


Fot. 20. Pojedyncze (12 mils) i podwójne (8 mils) przejście pod obudową SOT-23

w dowolnym punkcie formatki o rozmiarach znacznie większych niż osiągalne w metodzie „żelazkowej”. Jednak i ta metoda ma swoje niezaprzeczalne zalety. Jakkolwiek zaprezentowałem liczne przykłady wykonania ścieżek o szerokości 6 mils, to jednak nie wyobrażam sobie np. poprowadzenia w ten sposób magistrali 32 * 6 mils wzdłuż całej eurokarty. Jednak jak najbardziej realne wydaje się sięgnięcie po wymiar 6 mils w krytycznych punktach projektu, czy też np. wyprowadzenie ścieżek spod obudowy o rastrze 0,65 mm czy nawet 0,5 mm. Zwłaszcza że w realizacjach amatorskich można sobie pozwolić na każdorazowe dokładne obejrzenie przetransferowanej maski i ewentualne poświęcenie dodatkowych 20 minut na retusz lub zmycie tonera i kolejne prasowanie. Szybkość działania i to mimo czasu jaki trzeba poświęcić na ewentualne poprawki stanowi drugi niebagatelny atut metody. Biorąc pod uwagę, że na wykonanie płytki jednostronnej potrzeba nie więcej niż 50...60 minut (oczywiście nie licząc wiercenia), można się pokusić o wykonywanie płytek drukowanych *ad hoc*, do kolejnych wersji uruchamianego prototypu.

Przed wszystkim jednak zachęcam do eksperymentów. Prawdopodobnie spore możliwości tkwią jeszcze w wykorzystaniu coraz powszechniejszych drukarek 1200 dpi a także w poszukiwaniu innych materiałów do wydruku. Przypomnijmy - szukamy nośnika o gładkiej powierzchni, odpornego na temperaturę druku i prasowania a zarazem usuwalnego w wodzie lub innym rozpuszczalniku obojętnym wobec tonera.

Wachlarz zagadnień związanych z amatorskimi PCB jest dosyć szeroki, a kilka z nich zostało jedynie zasygnalizowane, jak np. sposoby wykonywania płytek dwustronnych czy konstrukcja trawiarki. Jeżeli Czytelnicy wykażą zainteresowanie tym tematem,



Fot. 21. Potrójne przejście pomiędzy polami układu w obudowie DIP (ścieżki 6 mils, pola lutownicze 62 mils w rozstawie 100 mils)

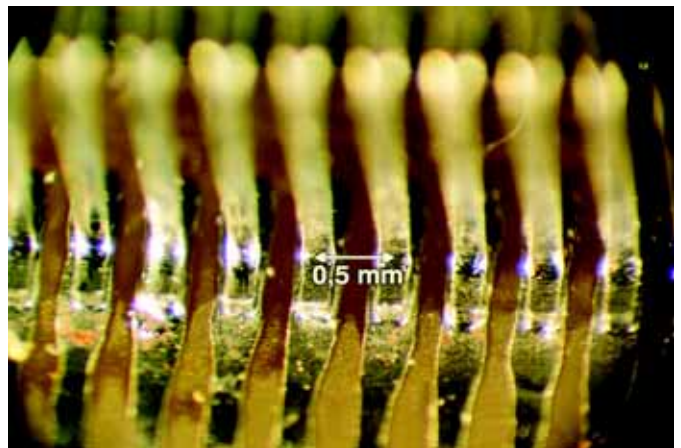
tem, to możemy powrócić do niego w kolejnych numerach.

Marek Dzwonnik, AVT
marek.dzwonnik@ep.com.pl

Odnosińki

1. „Technologia i montaż płytek drukowanych”, Jerzy Michalski, seria USE, WNT, Warszawa 1992, ISBN 83-204-1413-X
2. <http://www.crceurope.com/>
 -> KontaktChemie
 -> Positiv20

- specyfikacja zamieszczona na stronie producenta.
- 3. <http://www.ep.com.pl/?ftp/makepcb/index.html> - artykuł z EP
- 4. <http://www.mantech.co.za/kontakt/kc20man.HTM> - szczegółowa instrukcja stosowania Positivu
- 5. <http://www.easy-soft.tsnnet.pl/akademia/pcb/pcb.es.html> - polskie opisy wykorzystania Positivu i folii TES-200



Fot. 22. Fragment płytki testowej i zamontowanego układu scalonego w obudowie TQFP208 z wyprowadzeniami w rastrze 0,5 mm



Fot. 23. Złącze ISP na podstawie uruchomieniowej opisane (warstwa *Top Overlay*) metodą termotransferową z oderwaniem papieru na gorąco. Wzdłuż górnej krawędzi widoczny zarys sprężystych szpilek testowych produkowanych przez Q&A rozmieszczonych w rastrze 100 mils. Całkowita wysokość znaków wynosi 60 mils