

OBWODY Drukowane

(Metoda fotochemiczna)

W „MT” nr 2/72 opisaliśmy, jak w amatorskich warunkach wytworzyć laminat miedziany — tworzywo sztuczne, służący do produkcji obwodów drukowanych. Teraz poznamy metody wykonania z laminatu gotowego już obwodu drukowanego.

Zasada produkcji obwodów drukowanych jest zasadniczo bardzo prosta. Na powierzchni folii miedzianej laminatu nanosi się substancją odporną na chemikalia rysunek ścieżek i połączeń przyszłego obwodu. Po takim zabezpieczeniu, płytkę laminatu poddaje się trawieniu. W odpowiednio dobranym roztworze, rozpuszczeniu, czyli wytrawieniu, ulega miedziana folia w miejscach nie pokrytych substancją zabezpieczającą.

Ogólny schemat takiego procesu przedstawiony na rysunku na str. 105.

Zabezpieczenie powierzchni

Teoretycznie zabieg ten jest nadzwyczaj prosty. Niestety, w praktyce, gdy chodzi już o gęstą sieć ścieżek, sprawa trochę się komplikuje.

Gdy obwód drukowany tworzy prosty rysunek o szerokich ścieżkach i dużych płaszczyznach, wówczas można się posłużyć techniką najprostszą, to jest zwykłym miękkim, wąskim pędzelkiem. Pędzelkiem takim nakładamy na powierzchnię folii miedzianej, lakierem poliwinylowym lub klejem butaprenem, sieć ścieżek i połączeń, narysowaną uprzednio miękkim ołówkiem na miedzi. Po wyschnięciu lakieru lub kleju, pokryte nimi powierzchnie są już chemoodporne, a więc nie ulegną trawiącemu działaniu roztworu.

Oczywiście, opisany sposób postępowania jest nadzwyczaj prymitywny, może być stosowany jedynie do bardzo prostych obwodów i nie nadaje się do wie-

lokrotnego powielania jednego rysunku. Dlatego też w technice rysunek ścieżek przyszłych obwodów drukowanych wytwarzany jest metodą fotochemiczną, kserograficzną, sitodrukową lub metodą druku offsetowego.

W warunkach amatorskich praktycznie można z dobrym skutkiem stosować jedynie metodę fotochemiczną. Dlatego też tylko tą metodą zajmiemy się dokładnie.

Fotochemiczna metoda nanoszenia rysunku obejmuje następujące czynności:

- 1) przygotowanie emulsji,
- 2) przygotowanie płytki,
- 3) nakładanie emulsji na płytkę,
- 4) naświetlanie,
- 5) naniesienie farby,
- 6) wywoływanie obrazu,
- 7) trawienie.

1. Przygotowanie emulsji. Do tego celu stosuje się głównie emulsje chromiowe. Wielkocząsteczkowe związki organiczne zmieszane z wodnym roztworem dwuchromianu sodu, potasu czy amonu i wysuszone tracą po naświetleniu zdolność do rozpuszczania się w wodzie, zmienia się ich zdolność do przyjmowania farb tłustych lub sproszkowanych oraz stopień nasiąkliwości wodnymi roztworami tych farb.

Istota tego zjawiska polega na tym, że pod wpływem energii świetlnej następuje redukcja dwuchromianów do związków chromu trójwartościowego. Powstający tlenek chromu garbuje wielkocząsteczkowe związki organiczne, przy tym stopień zgarbowania, przejawiający się właśnie obniżeniem rozpuszczalności w wodzie jest w dużym stopniu proporcjonalny do naświetlenia. Obraz powstaje dopiero pod działaniem ciepłej wody, wymywającej koloidy organiczne, i to w stopniu odwrotnie proporcjonalnym do ilości światła, które padło na warstwę

światłoczułą. A oto najprostszy skład emulsji zawierającej klej stolarski:

klej stolarski	94 g
dwuchromian amonu,	
$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	13 g
25-proc. roztwór wodorotlenku amonu, NH_4OH	7 ml
woda destylowana do	100 ml

Emulsję przygotowuje się w ten sposób, że oddzielnie, w osobnych naczyniach, rozpuszcza się dwuchromian i klej stolarski. Roztwór dwuchromianu alkalinizuje się bardzo powoli NH_4OH , ciągle mieszając, aż do uzyskania słomkowo-żółtej barwy. Klej stolarski zalewa się wodą i moczy przez 12 godzin, po czym ogrzewa na łaźni wodnej aż do zupełnego rozpuszczenia, a następnie oba roztwory miesza się razem i pozostawia w ciemnym miejscu na jeden dzień, w celu dojrzewania. Tak otrzymanej emulsji można używać przy przechowywaniu w temp. ok. 15°C w ciągu kilku tygodni.

Podobnie można przygotować emulsję z żelatyny. Jednak zarówno emulsje z kleju stolarskiego, jak i z żelatyny, nie są dostatecznie odporne na działanie roztworu trawiącego i wymagają dodatkowego zabezpieczenia.

Najczęściej stosowanym dodatkowym składnikiem zabezpieczającym przed działaniem roztworu trawiącego jest drobno sproszkowana kalafonia, którą po naniesieniu na płytkę podgrzewa się do temperatury $80\text{--}90^\circ\text{C}$, dlatego nieraz emulsje tego rodzaju nazywamy emulsjami gorącymi.

2. Przygotowanie płytki. Przed nałożeniem emulsji płytka od strony folii miedzianej powinna być dokładnie oczyszczona i odtłuszczona. Folię dokładnie zczyści się pumekсовym proszkiem i odtłuszcza acetonem, a następnie wapnem wiedeńskim tak, aby woda równomiernie zwilżała całą powierzchnię płytki. Po wysuszeniu można nakładać emulsję.

3. Nakładanie emulsji. Emulsję wykonaną z kleju stolarskiego lub żelatyny przed nałożeniem należy podgrzać na łaźni wodnej do temperatury około 30°C .

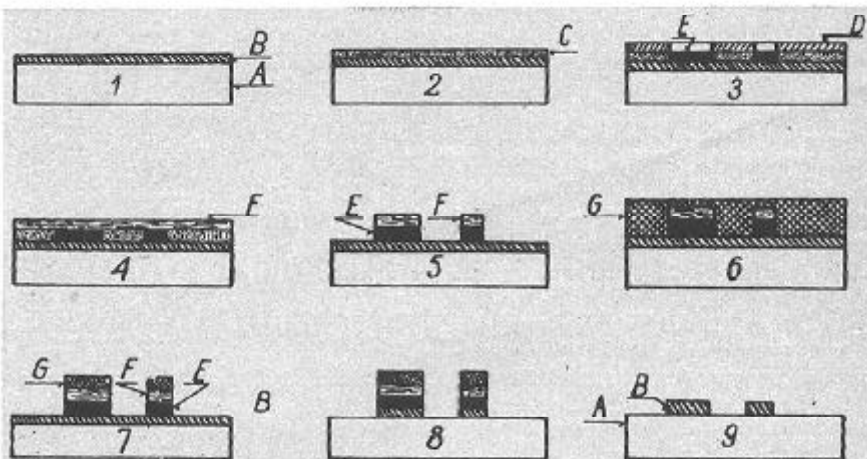
A teraz uwaga — sprawa odpowiedniego wylania emulsji jest bardzo ważna. Chodzi przecież o uzyskanie możliwie równomiernej grubości warstwy, gdyż tylko właściwa grubość gwarantuje dobrą jakość przyszłego obrazu. Dlatego też, aby uzyskać równomierną grubość warstwy, emulsję należy wylewać koniecznie na płytę umieszczoną na wirówce. W amatorskich warunkach rolę tę może doskonale spełniać adapter. Na przygotowaną już uprzednio płytkę laminatu, ogrzaną do 35°C i umieszczoną na krążku gramofonowym, na sam jej środek wylewamy, możliwie z małej wysokości, ciepłą emulsję.

Ilość wylewanej na płytkę emulsji musimy dobrać eksperymentalnie. Po równomiernym rozlaniu się emulsji po powierzchni miedzi, płytkę suszymy w ciemności.

4. Naświetlanie. Przy świetle pomarańczowym na powierzchnię emulsji kładziemy negatyw lub pozytyw rysunku przyszłego obwodu drukowanego. Rysunek taki może być wykonany na przykład czarnym tuszem na kalce kreślarskiej. Następnie kalkę z rysunkiem przykrywamy czystą szklaną szybą i w odległości ok. 0,5 m zapalamy dużą lampę lub też całość wynosimy na światło słoneczne.

Czas naświetlania zależy od rodzaju i grubości warstwy emulsji. Podajemy więc jedynie, że orientacyjnie wynosi on w pełnym słońcu 5—8 min., a przy żarówce 100 W i odległości 0,5 m — 10 do 60 min.

5. Naniesienie farby, czyli zabezpieczenie emulsji. Po naświetleniu, powierzchnię emulsji należy pokryć cienką, lecz równomierną warstwą farby drukarskiej lub powielaczowej. Zabieg ten ma na celu wzmocnienie emulsji nie dośyć odpornej na działanie chemikaliów, a zwłaszcza roztworów stosowanych do trawienia miedzi. Farbę dokładnie roz-tartą na tafli szkła nanosi się cienką, lecz równą warstwą, najlepiej za po-



A-laminat, B-folia miedziana, C-emulsja światłoczuła, D-negatyw, E-naświetlona i zgarbowana część emulsji, F-cienka warstwa farby, G-warstwa kalafonii

mocą gładkiego gumowego walka fotograficznego.

6. Wywoływanie. Wywoływanie obrazu odbywa się w ciepłej wodzie w temp. ok. 40°C. Część emulsji, która nie została naświetlona, rozpuszcza się w wodzie, a wraz z nią znika również z płytki część naniesionej farby, dla której emulsja stanowiła podłoże. Jeżeli rysunek pod działaniem wody nie zostanie wywołany, to wówczas można płytkę lekko pocierać tamponem z waty, zwilżonym ciepłą wodą. Jeżeli i to nie spowoduje ukazania się rysunku na powierzchni płytki, znaczy to, że popełniony został błąd w którejś z poprzednich operacji.

Należy zwrócić uwagę na to, że dla wywołania rysunku po nawalcowaniu farby musi nastąpić przenikanie wody przez warstwę naniesionej farby do emulsji; w przypadku gdy nałożono zbyt grubą warstwę farby lub gdy farba nie przepuszcza wody, rysunek nie zostanie wywołany.

Po wywołaniu rysunku płytkę wyjmu-

jemy z wody i suszymy. Sama płytka zostaje całkowicie wysuszona, natomiast farba jest nadal wilgotna. Otrzymamy w ten sposób rysunek obwodu, na który składa się warstwa emulsji oraz cienka, higroskopijna warstewka farby. Następnie całą powierzchnię płytki posypujemy cienką warstwą kalafonii. Kalafonia stosowana do zabezpieczenia powinna być bardzo dokładnie utarta w moździerzu np. porcelanowym, a następnie odsiana przez gęste płótno. Cząstki kalafonii przylegają dobrze do wilgotnej farby, zaś cząstki kalafonii, znajdujące się na suchej miedzianej folii, usuwamy za pomocą suchego tamponu z waty. Następnie płytkę umieszczamy na 30 minut w piecyku ogrzanym do 80°C.

Na wtopieniu proszku kalafonii w emulsję kończy się cały cykl przygotowania i płytka jest już gotowa do trawienia.

7. Trawienie. Proces trawienia ma na celu usunięcie tych części folii, które nie zostały zabezpieczone przy nakładaniu

rysunku, tak, aby na płytce pozostała tylko ta część powierzchni folii, która odgrywa rolę elementów przewodzących w obwodach elektrycznych lub napisów informacyjnych.

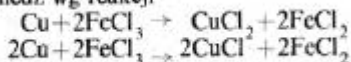
Spośród wielu roztworów stosowanych do trawienia folii miedzianej w warunkach amatorskich, najodpowiedniejszy jest chlorek żelazowy, FeCl_3 .

Uwaga: Wszystkich „racjonalizatorów”, jak też niecierpliwych ostrzegamy przed stosowaniem do trawienia roztworów kwasu azotowego, HNO_3 . Co prawda, kwas ten trawi miedź bardzo szybko, operacja się więc uda, lecz „pacjent nie wytrzyma”, a i sam „chirurg” może poważnie zachorować. Po prostu, HNO_3 trawi miedź zbyt gwałtownie, w sposób trudny do kontrolowania (niebezpieczeństwo strawienia cienkich ściezek), a ponadto — wydzielają się przy tym pokaźne ilości bardzo szkodliwych dla zdrowia tlenków azotu.

Dlatego też zalecamy trawienie miedzi przeprowadzać jedynie w wodnym roztworze FeCl_3 .

Czas trawienia folii miedzianej zależy od stężenia FeCl_3 oraz od temperatury roztworu. Zależności te podaje poniższa tablica.

Trawienie w chlorku żelazowym polega na tym, że chlorek żelazowy redukuje się do żelazowego, utleniając przy tym miedź wg reakcji



Otrzymany chlorek miedziowy, CuCl_2 , łatwo rozpuszcza się w wodzie, natomiast chlorek miedziawy, CuCl , praktycznie jest nierozpuszczalny. W czasie trawienia należy więc energicznie poruszać płytkę, w celu mechanicznego wymywania osadu z trawionych miejsc. *

Jeżeli proces trawienia przebiega bez regeneracji roztworu trawiącego, wówczas stężenie chlorku żelazowego stopniowo maleje, podczas gdy stężenie miedzi i chlorku żelazowego stopniowo rośnie. W miarę wzrostu zawartości miedzi w roztworze zdolność utleniająca

roztworu maleje, toteż wzrasta również czas trawienia. Można temu stosunkowo łatwo zaradzić wprowadzając mały dodatek nadtlenku wodoru, H_2O_2 (wody utlenionej) oraz kwasu solnego.

Zachodzą wówczas następujące reakcje

- a) $2\text{CuCl} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCl} \rightarrow 2\text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 b) $\text{Cu} + \text{CuCl}_2 \rightarrow 2\text{CuCl}$ (itd.)
 c) $6\text{FeCl}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{FeCl}_3 + 2\text{Fe}(\text{OH})_2$
 d) $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3$

W rezultacie więc regeneracji ulega niemal wszystek powstający CuCl , jak też i część FeCl_2 . Ponadto reszta żelaza przechodzi w nierozpuszczalny osad $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Reasumując — do trawienia sporządzamy wodny 30—40% roztwór FeCl_3 z małym dodatkiem HCl (ok. 1 ml na 100 ml roztworu). Samo trawienie prowadzimy w płaskiej kuwecie fotograficznej, przy czym trawionym obwodem trzeba stale poruszać. Co 2—3 min. dodajemy po 5 ml 3% H_2O_2 . W mieszaninie takiej poruszamy płytkę tak długo, aż folia z miejsc nieosłoniętych zostanie wytrawiona.

Czas (w minutach) trawienia folii grubości 25 μm w zależności od stężenia FeCl_3 i temperatury

10°C	15°C	20°C	30°C	% FeCl_3
16	13	10	6	40
13	11	9	5	30

Wykończenie. Po skończonym trawieniu płytkę dokładnie płuczemy w bieżącej wodzie, po czym przystępujemy do zdejmowania warstwy chroniącej ścieżki obwodów. Najprościej jest płytkę zanurzyć na 10—15 minut do nafty lub terpentyny. Oba te rozpuszczalniki usuwają zarówno farbę drukarską, jak też i kalafonij.

Mgr Stefan Sękowski