

FABRICAȚIA ULTRARAPIDĂ A CIRCUITELOR IMPRIMATE PRIN METODA TRANSFERULUI TERMIC

(Press and Peel – PnP, Toner Transfer System – TTS, PCB Thermal Transfer – PCBTT etc.)

Norocel Codreanu

Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației din București

Fabricația plăcilor de circuit imprimat în laboratorul propriu sau în laboratoare standard de electronică (nu se iau în considerare fabricile specializate) implică uzual folosirea metodei de realizare a cablajelor prin procedee de gravare mecanică a foliei conductoare sau metodei foto profesionale, care utilizează laminate acoperite cu folii de fotorezist și echipamente de expunere folosind radiație ultravioletă. Dezavantajele metodei din urmă (pe lângă multiplele avantaje binecunoscute de specialiști și pasionați) sunt date de utilizarea unor echipamente speciale, folosirea de camere sau incinte obscure, utilizarea mai multor substanțe chimice, unele toxice și extrem de periculoase sau, uneori, folosirea de negative fotografice.

În continuare se va prezenta o tehnică nouă (figura 1), încadrată la categoria „direct etch” (corodare directă) și utilă atât pentru timpul de procesare extrem de scăzut (15 minute pentru parcurgerea tuturor fazelor) cât și pentru rezoluția foarte bună pe care cablajul final o poate avea (6mil (0,15mm) – rezoluție maximă, în cazul laminatelor placate cu folie de cupru având grosimea de 9 μ m, 8 – 12 mil (0,2 ...0,3mm) în mod curent, pentru laminate având cuprul de 18 μ m sau 35 μ m).



Fig. 1 Metoda „direct etch” de fabricație a circuitelor imprimate (utilizând o imprimantă laser)

Lucrarea de față are la bază informațiile detaliate și procedurile specificate de firmele Pulsar și Techniks cu privire la fabricația PCB prin această metodă, numită și metoda transferului termic. Tehnica despre care se va discuta în cele ce urmează poartă denumirea TTS/PNP/PCBTT și are la bază o folie specială pe care se realizează transferul primar al imaginii circuitului imprimat. Ca și în cazul altor metode apropiate ca principiu, tehnica TTS/PNP/PCBTT necesită accesul la o imprimantă laser de bună calitate pentru imprimarea circuitului proiectat uzual prin metode CAD.

Imprimarea trebuie să fie de înaltă calitate atât pentru atingerea rezoluțiilor dorite cât și pentru faptul că toner-ul va deveni rezistul de protecție a structurii de interconectare la acțiunea agentului corodant (în cele mai multe cazuri clorura ferică). Motivul pentru care toner-ul poate îndeplini acest rol este acela că el este în fapt o pudră compusă din particule de polietilenă, carbon, oxizi de fier, diferite materiale triboelectrice și lubrifianți. Avantajele utilizării toner-ului ca material de protecție sunt date de proprietățile sale de a deveni lipicios la aplicarea de căldură (și, deci, de a adera prin presare la folia de cupru a laminatului) și de a nu fi solubil în apă (de a putea fi imersat în apă sau spălat sub jet de apă fără riscul de a fi eliminat).

Fluxul tehnologic cuprinde o serie de faze obligatorii și opționale, funcție de nivelul de calitate dorit și de materiile prime/materialele avute la dispoziție. Acestea sunt următoarele:

Faza 1: transferul imaginii circuitului: se utilizează o imprimantă laser de bună calitate (minim 600dpi, recomandabil 1200dpi sau chiar mai mult) pentru transferul imaginii circuitului imprimat pe folia TTS/PNP/PCBTT, print-area circuitului făcându-se “în oglindă” pe fața lucioasă a foliei albe sau pe fața MATĂ (cu pigment albastru) a foliei albastre.). Imprimanta trebuie setată pentru regimul de print-are “best” (“dark”), în vederea utilizării cantității maxime de toner. Folia trebuie manipulată cu grijă, prin susținerea ei cu mâini curate și uscate doar de margini. În plus, aceasta nu trebuie introdusă în imprimantă dacă s-a umezit. Producătorul consideră că folia (higroscopică prin natura ei în cazul TTS și PNP-white) va rămâne plană și perfect utilizabilă până la o umiditate relativă de aproximativ 70%.

Înainte de transferul imaginii pe laminatul PCB suprafața de cupru trebuie curățată temeinic de grăsimi și oxizi care ar putea împiedica un transfer de calitate. Transferul propriu-zis al imaginii cablajului imprimat se realizează prin utilizarea căldurii (“fuzing technique”) în condițiile aplicării de presiune asupra foliei TTS/PNP/PCBTT. Se poate folosi un echipament special, asemănător laminatoarelor utilizate în birotică sau, mai simplu, un fier de călcat. Folia TTS/PNP/PCBTT se plasează cu fața imprimată în jos. Aplicarea de căldură are o durată între câteva zeci de secunde și 4 minute, funcție de fierul de călcat utilizat și de nivelul de încălzire setat (se setează temperatura inițială a fierului de călcat la o poziție mediană între "acrylic" și "polyester", temperatura de start corespunzătoare fiind situată în domeniul 135 - 160°C). Este de remarcat faptul că unii specialiști au propus (pentru realizarea unei presiuni uniforme, o alunecare mai ușoară a fierului și un transfer de căldură mai uniform), plasarea între acesta și folia TTS/PNP/PCBTT a unei foi de hârtie obișnuită (80g/m² sau de o densitate mai mare, 120 g/m²), sau a unei hârtii speciale utilizate la coacerea în cuptor. În această perioadă toner-ul va adera termic la suprafața de cupru, devenind rezistul de protecție la corodare. Culoarea acestui rezist special va fi neagră datorită prezenței carbonului în componența toner-ului.

Eliminarea hârtiei ce a reprezentat suportul foliei TTS/PNP/PCBTT-white se realizează prin imersarea laminatului PCB într-o cuvă cu apă (figura 2).

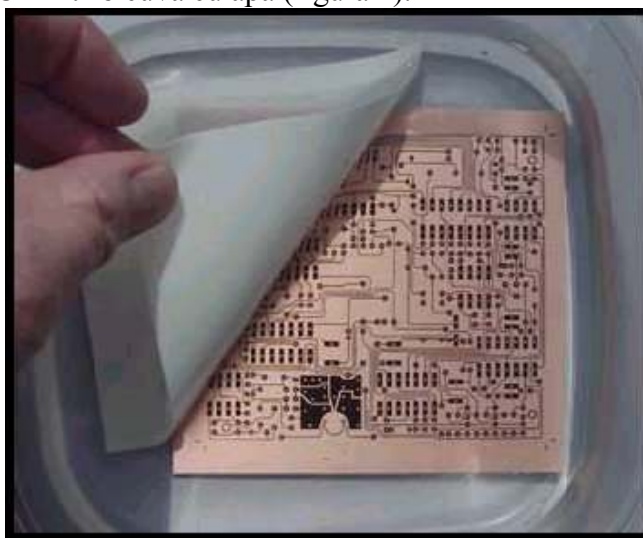


Fig. 2 Transferul imaginii circuitului imprimat pe laminatul placat cu cupru

În cazul PNP-blue nu este necesară imersarea în apă, “cojirea” foliei făcându-se în mod treptat, după răcirea ansamblului folie-laminat PCB. În final, placa este spălată (pentru TTS/PNP/PCBTT-white) în vederea eliminării eventualelor reziduuri.

Faza 2 (opțională): aplicarea foliei “green TRF (Toner Reactive Foil): foliile TRF sunt folii de mylar cu grosime de 12,7μm pe care este depus un pigment special. Acestea sunt de

cinci tipuri: “clear TRF”, “metallic TRF”, “green TRF”, “white TRF” și “shadow TRF” (figura 3). În fabricația cablajelor imprimate sunt utilizate foliile “green TRF” și “white TRF”.



Fig. 3 Role de folie “green TRF” și “metallic TRF”

Aceasta se așează cu pigmentul în jos, peste laminatul pe care s-a transferat imaginea circuitului imprimat, utilizându-se aceeași metodă de aplicare a presiunii și căldurii ca în faza 1. Marele avantaj al foliei este că pigmentul verde va adera doar acolo unde există toner depus anterior. Astfel, rezistul de protecție inițial va fi dublat de depunerea de material plastic verde, devenind total impermeabil la agentul corodant (trebuie specificat că în lipsa foliei “green TRF” și în cazul unor timpi de corodare mai mari substanța de corodare poate pătrunde prin imperfecțiunile depunerii de toner conducând uneori la “franjurarea” și “perforarea” structurii metalice a traseelor).

Răcirea laminatului se face prin imersarea acestuia într-o cuvă cu apă sau prin lăsarea lui în aer liber pentru câteva minute. În final folia TRF este luată (“cojită”) de pe laminat (figura 4), pigmentul verde rămânând fixat în toate locurile cu toner. În cazul în care pigmentul verde nu a aderat peste tot, se poate refăce faza a II-a în zona respectivă.

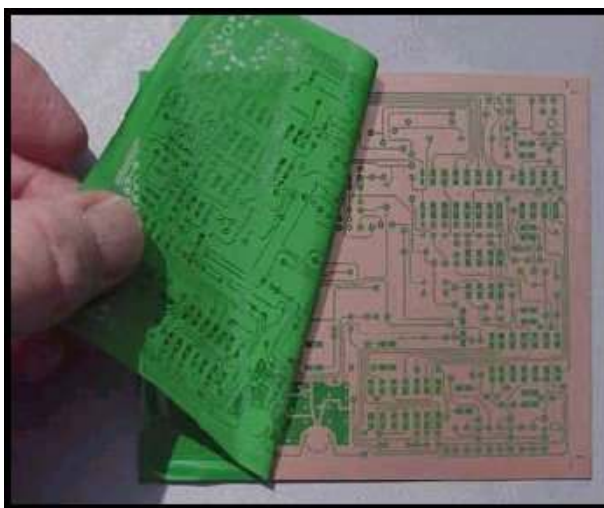


Fig. 4 Utilizarea foliei “green TRF” pentru protejarea suplimentară a depunerii de toner

OBSERVAȚIE: Folia PNP-blue conține încorporat pigmentul de protecție (de culoare albastră), astfel încât faza 2 nu se aplică în cazul PNP-blue. Pigmentul de protecție se depune, odată cu toner-ul, în cadrul primei faze!

Faza 3: corodarea laminatului și obținerea structurii PCB: operația de corodare se poate realiza cu orice substanță cunoscută și aflată la îndemâna specialistului care parcurge fluxul de fabricație (figura 5). Clorura ferică reprezintă agentul corodant cel mai întâlnit în laboratoarele de electronică din țara noastră dar ca substanțe des utilizate se pot aminti acidul nitric, persulfatul de amoniu, persulfatul de sodiu sau persulfatul de potasiu, acidul sulfuric plus peroxid, clorura cuprică, etc.

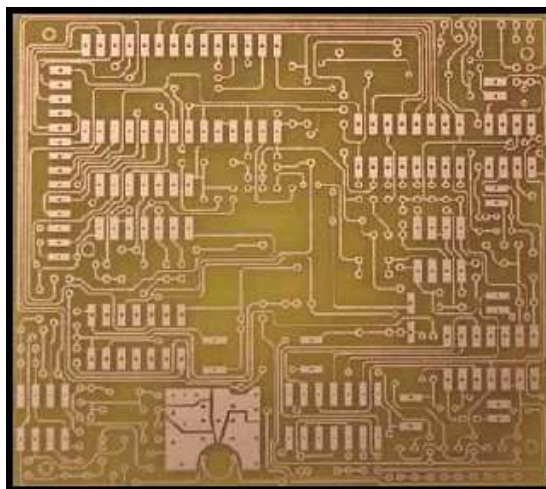


Fig. 5 Obținerea circuitului imprimat

Corodarea începe după imersia laminatului cu circuitul protejat de toner, eventual și de pigmentul de protecție, în soluția de corodare. Ea este îmbunătățită dacă recipientul în care se realizează această operație este deplasat stânga-dreapta sau de găsește în vibrație, în vederea scoaterii soluției din starea de repaus. Folosind un vas de corodare special (cu agitare cu bule de aer și încălzire) corodarea durează sub 5 minute, spre deosebire de cazul clasic (cu tavă, fără agitare și fără încălzire) când timpul de procesare poate fi de zeci de minute.

Scopul fiind eliminarea zonelor de cupru neprotejate, este indicat să se monitorizeze procesul la diferite intervale de timp. Supra-corodarea cablajului poate provoca întreruperea traseelor de cupru, produsul final putând ajunge chiar inutilizabil. Temperatura optimă a corodantului este de 40 - 50°C, maximum 55°C. Dacă temperatura soluției este prea ridicată, puteți să supracorodați cablajul iar dacă aceasta este prea scăzută, există riscul de apariție a scurt-circuitelor între trasee adiacente.

Reacțiile chimice în cazul utilizării clorurii ferice au loc în trei etape și sunt următoarele:



Când toate zonele de cupru neprotejate au fost înlăturate, placa de circuit imprimat se extrage din cuva de corodare și se verifică integritatea structurii de interconectare fabricate. În cazul în care rezultatul este cel așteptat, placa se spală din abundență sub jet de apă în vederea eliminării totale a soluției de corodare (prezența ei pe placă va conduce în timp la microcorodări extrem de periculoase pentru viitorul produs electronic). Structurile PCB se usucă în aer liber, cu jet de aer cald sau cu ajutorul unor șervețele din hârtie de bună calitate.

Faza 4 (opțională): argintarea circuitului și aplicarea măștii de protecție: prin utilizarea kit-ului “Silver-Lining” sau a unor paste speciale pe bază de argint utilizatorul poate depune argint pur pe structura de interconectare (grosime - aprox. 0,1μm), conferind acesteia un aspect deosebit și o foarte bună solderabilitate. Depunerea se face prin umezirea pulberii din cadrul kit-ului și aplicarea acesteia cu o lavetă sau burete de uz casnic. Autorul este în faza de dezvoltare a unei metode proprii de argintare chimică, metodă ce se bazează pe utilizarea unei paste multi-componentă și care conduce la o metalizare tot pe bază de argint. Pasta va fi disponibilă în

următoarele luni. Utilizarea argintului ca material de protecție se datorează excelentelor proprietăți electrice, mecanice și de protecție la acțiunea mediului înconjurător.

Masca verde de protecție se depune prin spray-ere, după ce placa a fost corodată, eventual argintată suplimentar. Materialul depus este o peliculă acrilică translucidă care prezintă proprietatea că se vaporizează la aplicarea unei călduri intense. Astfel, cu toate că este depus peste tot pe placă, în momentul în care se dorește lipirea unui terminal de componentă (componentă clasică, în tehnologia THT), stratul de protecție este eliminat de căldura vârfului de lipire, permițând realizarea unei bune lipituri (figura 6).

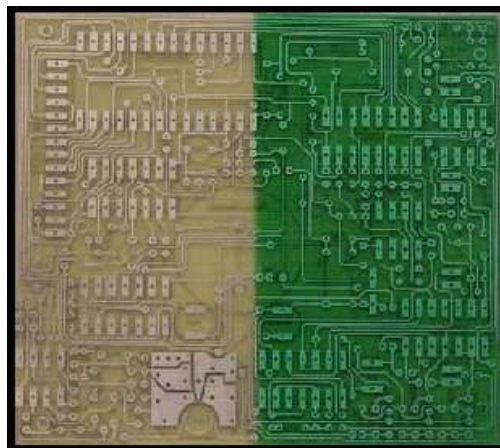


Fig. 6 Argintarea circuitului și aplicarea măștii de protecție

Faza 5 (opțională): Transferul imaginii măștii de inscripționare (silk-mask/silk-screen): pentru realizarea acestei măști utilizatorul trebuie să fie familiarizat cu elementele pe care trebuie să le conțină acest layer neelectric. Fără a intra în amănunte, trebuie spus că acestea sunt: contururile componentelor electronice, numele PCB ale componentelor (în exteriorul conturilor dar foarte aproape de acestea), semnele de identificare în cazul componentelor cu montare restrictivă, informații privind semnalele I/O, revizia, firma, țara, eventual alte inscripționări de identificare (figura 7).

Operațiile sunt identice cu cele prezentate la faza 1, în final obținându-se pe fața laminatului desenul de inscripționare (de culoare neagră, culoarea toner-ului, în cazul TTS/PNP-white/PCBTT sau albastră/neagră, în cazul PNP-blue).

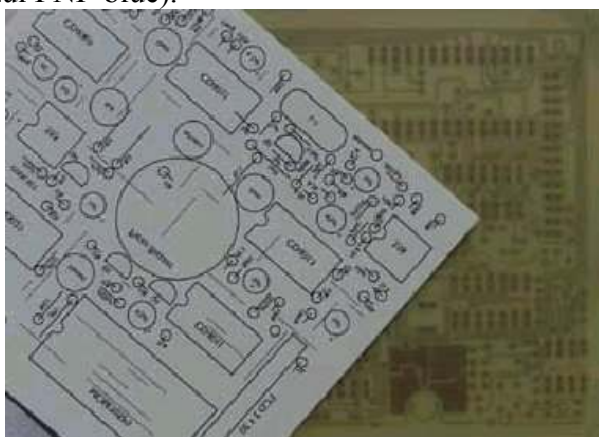


Fig. 7 Transferul imaginii măștii de inscripționare

Faza 6 (opțională): aplicarea foliei “white TRF”: ca și în cazul foliei “green TRF”, folia “white” se așează cu pigmentul în jos, utilizându-se aceeași metodă de aplicare a presiunii și

căldurii ca și în faza 1. Pigmentul alb va adera doar acolo unde există toner depus anterior. Astfel, masca de inscripționare neagră va fi dublată de depunerea pigmentului alb, fapt ce va conduce la generarea unui layer de inscripționare profesional, prezentând una din culorile standard utilizate în electronică.

Răcirea se face tot prin imersare într-o cuvă cu apă sau prin lăsare în aer liber pentru câteva minute. În final folia TRF este luată (“cojită”) de pe laminat (figura 8), pigmentul alb rămânând fixat în toate locurile cu toner. În cazul în care pigmentul nu a aderat peste tot, se poate reface această fază în zona respectivă.

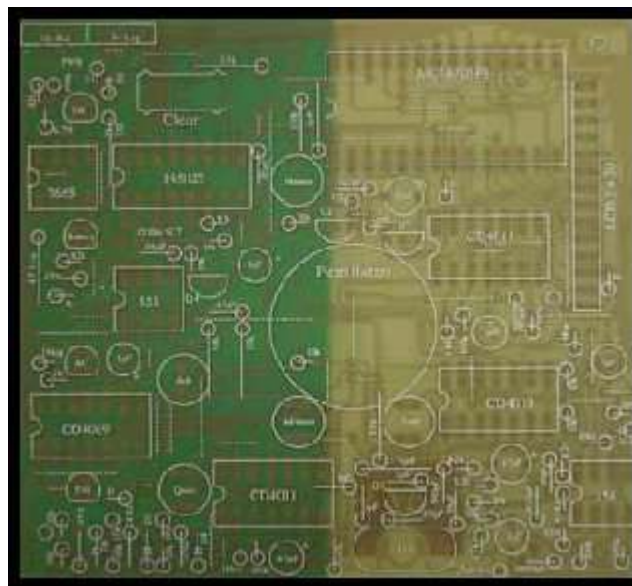


Fig. 8 Utilizarea foliei “white TRF” pentru realizarea măștii de inscripționare

La final, în figura 9, este prezentat un exemplu de structură de test ce evidențiază avantajele acestei metode ultrarapide de fabricație în laborator a plăcilor de circuit imprimat.



Fig. 9 Structură de test realizată prin metoda transferului termic

≈•≈