

FORUM CZYTELNIKÓW

Forum Czytelników ma służyć celom edukacyjnym, wymianie doświadczeń i pomysłów.

Zasady są następujące:

- publikujemy wyłącznie projekty opracowane samodzielnie i nigdzie dotychczas nie publikowane (należy dołączyć stosowne oświadczenie z własnoręcznym podpisem);
- oprócz tekstu i rysunków, prosimy przysłać działający model lub jego fotografie (model odesłamy);
- publikacja projektu nie oznacza jego pozytywnej oceny przez redakcję EdW, lecz stanowi punkt wyjścia do publicznej dyskusji nad proponowanym rozwiązaniem. Etap dyskusji nazywany "Dogrywką", trwa dwa miesiące. W tym czasie oczekujemy nie tylko listów z uwagami krytycznymi, ale przede wszystkim propozycji innych, lepszych rozwiązań (tym razem wystarczy schemat z opisem działania układu);
- nagroda za opublikowany projekt wynosi 100 zł (brutto) za stronę artykułu w EdW. Nagroda nie zostanie przyznana, jeśli "Dogrywka" wykaże, iż projekt stanowi plagiat. Jeśli w "Dogrywce" zostaną zaproponowane lepsze rozwiązania, wówczas część nagrody (w proporcji uznanej przez redakcję EdW) zostanie przyznana autorom lepszych rozwiązań.

Prosimy też o załączenie do projektu fotografii paszportowej i kilku zdań życiorysu.

Prosimy nie przysyłać opisów urządzeń, które powstały tylko na papierze, a nie zostały zrealizowane w praktyce. Znamy się trochę na elektronice i wiemy, że większość takich układów nie będzie działać. Stąd nasza prośba o model lub przynajmniej fotografię modelu.

W tym odcinku Forum prezentujemy doświadczenia Czytelników dotyczące samodzielnego wykonywania płytek drukowanych. Z uwagi na specyficzną formę nie możemy wszystkim wymienionym kolegom zaproponować honorariów autorskich.

Płytki drukowane

Apel przedstawiony w rubryce Poczta, wywołał szeroki odzew Czytelników. Okazało się, iż płytki wykonujemy na różne sposoby. Na uwagę zasługują zwłaszcza doświadczenia najmłodszych Czytelników - okazuje się bowiem, że potrafią oni wykonać porządne płytki chodząc jeszcze do szkoły podstawowej. A cóż dopiero starsi wiekiem hobbyści, którzy nabrali znacznego doświadczenia, staranności i cierpliwości...

Dziękujemy za listy, miłe słowa i pozdrawiamy wszystkich, którzy chwycili za pióro i podzieliли się swym doświadczeniem. Wiele nadesłanych sposobów zasługuje na spopularyzowanie lub choćby na wzmanke. Wartościowych listów przyszło tak wiele, że w żaden sposób nie możemy zamieścić wszystkich.

W sprawie płytek napisali m.in.: **Tomasz Biczak** z Sosnowca, **Przemysław Bober** z Turka, **Adam Chudziak** z Włodawy, **Paweł Głogowski** z Łaska, **Marcin Goch** z Braniewa, **Arkadiusz Kalicki** z Popław, **Bartłomiej Kania** z Nowej Huty, **Marcin Kupczak** z Częstochowy, **Marek Słupczyński** z Płocka, **Artur Ste-**

ciuk z Łosic, **Paweł Szyński** z Częstochowy, **Adam Teżyk** z Białogardu, **Krzysztof Winkiel** z Kuluszek i inni.

Najpierw podamy wskazówki podane przez wymienionych kolegów, a potem przedstawimy kilka wybranych listów, pokazujących różne podejścia do tematu.

Przygotowania

Do cięcia laminatu używamy pilki do metalu, nożyc do blachy lub małej gilotyny.

Większość osób przykleja rysunek ścieżek do płytki za pomocą taśmy samoprzylepnej i punktuje, lub od razu wierci otwory. Inni stosują metodę z kalką. Oto fragment listu **W. Adamczyka** z Niedzicy, który przysłał też wykonaną przez siebie płytkę:

Na odtłuszczonej płytce kładę kalkę maszynową (ołówkowej nie znać), na kalkę kartkę z rysunkiem ścieżek. Spinam, by nie było przesunięć i zaznaczam dobrze piszącym długopisem obrysy wszystkich ścieżek. W ten sposób widzę, które ścieżki zaznaczyłem, a których jeszcze nie - widoczny ślad długopisu daje

100% pewności, że niczego nie pominię. Mając na płytce odbity przez kalkę obrys ścieżek zaczynam malowanie lakierem do paznokci. Odpowiednio przycięty pędzelek pozwala na malowanie nawet cienkich ścieżek.

Natomiast **Andrzej Siwek** z Ostrowia Wielkopolskiego pisze: Kartkę z rysunkiem przyklejam do płytki, zmatowionej "zerowym" papierem ściernym, za pomocą zwykłego kleju roślinnego. Klej taki trzyma około 3 godzin, dopóki nie wyschnie. Oстрым punktakiem zaznaczam punkty wiercenia, następnie skalpelem lub nożem do tapet zaznaczam przez papier kontury ścieżek, potem płytkę myję w ciepłej wodzie. Do malowania ścieżek wykorzystuję niedużą strzykawkę jednorazową, igłę stępiałam osetką pod bieżącą wodą. Płytki wychodzą super, bo nacięcia zrobione nożem do tapet (najlepszy) nie pozwalają na zacieki - małe zacieki likwiduję. Farba nie może być za gęsta.

Inni nie zaznaczają ścieżek, tylko załatwiają sprawę krócej: od razu przez papier wiercą otwory, a ścieżki malują odrećnie na podstawie rysunku mozaiki.

Prawie wszyscy zwrócili uwagę na konieczność odtłuszczenia i dokładnego oczyszczenia powierzchni miedzi. Używane są do tego aceton, denaturat, zmywacz do paznokci, różne rozpuszczalniki, ale okazuje się, iż wystarczy proszek do szorowania, na przykład kuchenny Ajax. Przed malowaniem ręce należy dobrze umyć mydłem, aby nie zostawić tłustych odciśnięć palców.

Na kwestię zachowania czystości przy wytwarzaniu płytek szczególną uwagę zwrócił **Maciej Sochaczewski** z *Chelmc*, który także radzi się przy tym nie spieszyć i uważać przy pracy z chlorkiem.

Michał Kapłon z *Zamościa* radzi:

(...) Uwaga! Odtłuszczonej płytki nie wolno dotknąć, gdyż cała praca pójdzie na marne. Z własnego doświadczenia wiem, że nieodtłuszczona lub pobrudzona płytka trawi się o wiele gorzej. W ten sposób zmarnowałem swoją pierwszą płytkę. Tkwiła w wytrawiaczu całą noc, ze ścieżek nie pozostało prawie nic, a na środku znajdowała się piękna "plama" miedzi. Jest to przestroga dla tych "najbardziej" początkujących. Jeżeli na płytce pozostaje dużo bezużytecznego obszaru miedzi, korzystniej jest go zamaskować, nie trawić.

Wiercenie otworów

Mniej więcej połowa osób wierci otwory przed malowaniem i trawieniem, inni wiercą po wytrawieniu. Więcej rzeczowych argumentów przemawia jednak za wierceniem przed malowaniem.

Przy braku odpowiedniej wiertarki jeden z kolegów proponuje użycie do wiercenia zegarmistrzowskiego narzędzia zwanego furka-delkiem.

Wiele osób nabyło małe wiertarki od bazarowych handlarzy ze wschodu, ktoś wykonał wiertarkę z silniczka od suszarki do włosów, inni wykorzystali silniki od magnetofonu.

Oczywiście znakomitą pomocą jest statyw do wiertarki, ułatwiający pracę i zmniejszający ryzyko złamania wiertła.

Ciekawymi uwagami podzielił się **Krzysztof Wilkosz** z *Wrocławia*:

Jeśli chodzi o silnik do wiertarki, to dobre, wysokoobrotowe silniki na napięcie od ok. 2V do 12V produkuje firma Mabuchi z Japonii. Silniki te mają nazwę Jumbo i można je nabyć w sklepach modelarskich. Mają dobry moment obrotowy, dużą moc i są w miarę tanie (jak na taką klasę - nie każdy silnik ma magnes samarowo-kobaltowy i wydajność około 90%). Cena wynosi około 20 - 30zł. (...) Mimo, że zakup takiego silnika może się wydawać burzujstwem, oplaca się. Zwykle silniki, np. z Silmy (od napędu magnetofonu) mają za mały moment obrotowy, a poza tym łatwo się przepalają - wiem, bo sam spaliłem jeden. Do zasilania można użyć zasilacza od kolejki PIKO pamiętając, aby nie przekroczyć dopuszczalnego napięcia. Praktyczne rady na temat takich silników można znaleźć w książce "Sekrety modeli latających z napędem elektrycznym".

Największym problemem przy samodzielnym wykonaniu miniwiertarki jest zgobycie dobrego uchwytu wiertła. Pewien kolega proponuje wykorzystanie ołówka automatycznego (aby zapobiec obracaniu się wiertła, trzeba trzonek wiertła zamoczyć w farbie lub lakierze i owinąć kilkoma warstwami nitki lub kilkoma warstwami papieru). Taki sam zabieg zmniejszy bicie wiertła przy zastosowaniu silniczka magnetofonowego i zacisku z kostki elektrycznej.

Ponieważ mimo wszystko często problemem jest bicie wiertła, niektórzy do wiercenia stosują szablon z blachy lub tworzywa sztucznego.

Tomasz Tylus z *Wolicy* napisał:

Szablon do punktowania otworów przygotowałem sobie z kawałka szybki do kasku motocyklowego. Otwory pod układy scalone nawierciłem używając jako wzoru płytki uniwersalnej. Otwory pod inne elementy przygotowałem wykorzystując stare płytki lub przykladając dany element i zaznaczając punkty. (...)

W Młodym Techniku sprzed kilku lat znalazłem opis przyrządu do malowania ścieżek. Jest on wykonany ze zwykłej strzykawki (małej "10-ki") i odpowiednio przyciętej i ukształtowanej igły. W strzykawce należy nawiercić otwór (o średnicy maksymalnej 1mm), tak, aby po wysunięciu tłoka mogło się do środka dostać powietrze. Po ucięciu igły do długości nie większej niż 15mm, należy ją nieco wygiąć, a końcówkę ścisnąć szcypcami, aby pozostał niewielki otwór. Igła nie powinna być zbyt gruba. Farby nie należy nabierać jednorazowo zbyt dużo, aby nie wylewała się przez nawiercony otwór. Do takiego "flamastra" proponuję używać spirytusowego roztworu kalafonii, bo farba nitro szybko zatyka igłę.

Malowanie ścieżek

Wiele osób stosuje gotowe pisaki *Paint Pen* (olejne lub nitro) o różnych grubościach, inni preferują specjalny pisak *Dalo 33*, jeszcze inni wypróbowali różne mikstury, na przykład wilbrę, farbę *Emolak*, kolorowe tusze kreslarskie, wreszcie dowolny lakier spirytusowy. Wadą, na pierwszy rzut oka idealnych, pisaków olejnych i nitro jest zasychanie ich końcówek. Zaletą lakierów spirytusowych i wodoodpornych tuszów jest fakt, że dają się później łatwo zmywać.

Do malowania niektórzy wykorzystują grafion, a przy malowaniu ścieżek używają linijki i krzywika z wcięciem.

Warto wypróbować stalówki: zarówno zwykłe, jak i piórka do tuszu oraz redisówki. Jeden z kolegów twierdzi, iż stalówka lepiej pisze, gdy jej końcówka zostanie nieco spiłowana. Przy stosowaniu stalówek trzeba jednak stosować lakier, który nie zasycha natychmiast.

Oprócz znanych pisaków firmy *Pentel* - olejnych i nitro, przy obecnej obfitości na rynku różnego typu wodoodpornych flamastrów i mazaków, na pewno można znaleźć jeszcze inne typy nadające się do malowania ścieżek. Niektóre zagraniczne źródła wskazują na pisaki *Lumocolor* firmy *Staedtler* - nasze doświadczenia nie potwierdziły jednak ich przydatności.

Mirosław Krzyżanowski ze *Świdnika* zwrócił uwagę na pewien problem praktyczny:

Używam lakieru spirytusowego kilka lat i jestem z niego bardzo zadowolony. Doskonale trzyma się podłoża nawet przy bardzo cienkiej warstwie i nie łuszczy się. Jedyny problem, na jaki natrafiłem wystąpił, kiedy rapitograf *Scribent* produkcji byłej *NRD*, chciałem zastąpić polskim rapitografem *Rystor*. Tworzywo z jakiego został zrobiony zaczęło się rozpuszczać na gwincie tak, że już nie dał się rozkręcić.

Powszechnie zalecanym sposobem na wykonanie cienkich ścieżek między nóżkami układu scalonego jest zalanie farbą i wydrapanie przerw.

Inny ciekawy sposób zaproponował **Ireneusz Ziółkowski** z *Piły*: Moje ścieżki kończą się przy nóżkach układu scalonego, a następnie łą-

czę je cienką srebrzanką między wyprowadzeniami scalaka.

Natomiast **Andrzej Siechniewicz** z *Chelma* zaleca sposób malowania dość żmudny, ale zapewniający znakomity efekt końcowy:

Płytkę maluję lakierem do paznokci. Najpierw wiercę otwory. Punkty lutownicze wykonuję grubą igłą do szycia. Zanurzam igłę w lakierze i wkładam ją powoli do otworu w płytce dotąd, aż uzyskam odpowiednio duży punkt. To dobra metoda, bo mogę kontrolować wielkość punktu lutowniczego, bez względu na to, ile lakieru jest na igle. Ścieżki maluję grafionem.

Andrzej podał też oryginalną metodę wykonywania cienkich ścieżek pod układami scalonymi: pokrywa mianowicie lakierem laminat pod układem scalonym i po lekkim przeschnięciu, przy użyciu linijki lub wzornika pieczętowlacie wyskrobuje igłą lub szpilką przerwy między ścieżkami i punktami. Zapewnia, że przy odrobienie staranności i cierpliwości tą metodą uzyskuje się druk nie ustępujący profesjonalnemu.

Kilku kolegów wykorzystuje igły lekarskie.

Paweł Leszczyński i **Przemysław Krysztofiak** z *Bydgoszczy* (mający w sumie 24 lata) piszą:

Ucinamy ostry koniec igły, uprzednio wkładając w nią drut (by jej nie zdeformować podczas cięcia). Ucięty koniec szlifujemy drobnym pilnikiem.

Wlewamy do igły rozcieńczony lakier do paznokci. Igłę łapiemy między kciuk, a palec środkowy, a następnie na palec wskazujący zawijamy koniec drutu wciągającego wewnątrz igły. Ruszając drutem powodujemy wypływanie lakieru. (...) Naczynie z chlorkiem wstawiamy na czas trawienia do drugiego naczynia z gorącą wodą.

Kilku kolegów zaproponowało inną, bardzo ciekawą metodę. **Paweł Urban** z *Rzeszowa* pisze: Płytki maluję przeważnie lakierem do paznokci. Czasami zamiast malować, naklejam po prostu paski z taśmy samoprzylepnej. Z flamastrami wodoodpornymi już dawno skończyłem. (...)

Aleksander Wierzbicki z *Gdyni* idzie jeszcze dalej: Prawdą jest, że wykonanie dobrej jakości płytki drukowanej nie jest takie proste. Jednak dzięki specjalnej kalkomanii można sobie z tym poradzić. (...) Po wielu doświadczeniach stwierdzam, że kalkomania pozwala na wykonanie całkiem przyzwoitych druków. Cena uniwersalnego zestawu wynosi około 7zł.

Zaczynam pracę od zaznaczenia cyrklem na płytce samych punktów lutowniczych (na podstawie rysunku mozaiki ścieżek). Potem przyklejam z kalkomanii punkty o różnej średnicy, w zależności od potrzeb. Kalkomania jest przydatna szczególnie przy wykonaniu punktów pod układy scalone, ma bowiem gotowe naklejki ze standardowym zestawem punktów. Są też naklejki z przygotowanymi odcinkami ścieżek między nóżkami układu scalonego. Dawniej z tym miałem najwięcej kłopotów, a teraz załatwia to jedna naklejka. Do tak naklejonych punktów dorysowuję pisakiem olejnym ścieżki i płytka gotowa. Ścieżki rysuję od linijki, więc płytki wyglądają całkiem przyzwoicie.

Podobnie radzi sobie **Waldemar Słaby** z *Poznania*:

W swojej praktyce napotkałem wiele problemów z wykonywaniem płytek. Stosowałem wiele technik, począwszy od wydrapywania ścieżek skrobakiem po malowanie lakierem do paznokci. Próbowałem też stosować specjalne pisaki, ale efekty nie były zadowalające. Czytając opublikowane listy czytelników, zdziwiłem

się, że nikt nie opisuje wykonywania płytek z wykorzystaniem gotowych kalkomanii.

Znakomite kalkomanie produkują m.in. firmy "SENO" i "NPE". Wypróbowałem, niejako na własnej skórze opisane kalkomanie, i stwierdzam, że wykonane tą techniką obwody dorównują jakością płytkom wytwarzanym techniką fotochemiczną lub sitodrukową. Jedyną niedogodnością jest brak metalizacji otworów w płytkach dwustronnych.

Sposób z kalkomanią, czy innymi wyklejkami, choć trochę pracochłonny i wymagający dużej staranności i czystości, jest bardzo dobry i pozwala uzyskać naprawdę profesjonalny wygląd druku. Przed laty wykorzystywaliśmy importowane z Zachodu znakomite profesjonalne wyklejki Chartpak, dostępne były też czeskie arkusze Propisot, wytwarzane dla Unitra-Unipro, w kraju takie odciśnięte wyklejki produkowały bodaj Wojskowe Zakłady Kartograficzne. Wyklejki takie były powszechnie używane do przygotowania płytek także w profesjonalnych biurach konstrukcyjnych. Obecnie wyklejki zostały całkowicie wyparte przez klisze naświetlane na podstawie komputerowego projektu (choćby z wykorzystaniem opisywanego programu Easytrax). Dla amatorów jest to jednak rzeczywiście nadal godny uwagi sposób. Czy jednak nadal można kupić takie wyklejki z jakiegoś dobrego, "niewysychającego" źródła? Chętnie zamieścilibyśmy w EdW reklamę firmy, która sprzedaje takie wyklejki.

Trawienie

Zdecydowana większość hobbystów trawi w chlorku, który jest dziś powszechnie dostępny. Niektórzy starsi Koledzy z przyzwyczajenia stosują jeszcze kwasy. Ale tego sposobu nikomu nie polecamy. Co prawda czas trawienia w kwasach jest bardzo krótki (nawet rzędu sekund), jednak ryzyko poparzenia czy zatrucia zdecydowanie powinno zachęcić do użycia chlorku.

Większość osób zwraca uwagę na sprawy bezpieczeństwa przy pracy z kwasami oraz na przygotowywanie i używanie chlorku. Podczas rozpuszczania chlorku silnie wzrasta temperatura, co może doprowadzić do pęknięcia szklanego, czy wykrzywienia plastikowego naczynia. Ponadto plamy z chlorki są praktycznie nie do usunięcia, dlatego jeden z kolegów radzi trawić płytki gdzieś na dworze, a nie w mieszkaniu. Ktoś inny zaleca pracę w gumowych rękawiczkach.

Niektórzy podali czas trawienia płytek w chlorku rzędu godziny lub więcej - jest to błąd - używają zbyt słabego roztworu chlorku. W świeżym kilkudziesięcioprocentowym roztworze trawienie trwa około pięciu minut, w zużytym do 15 minut.

Jeden kolega zeznał, że trawi metodą elektrolityczną w roztworze soli kuchennej. Zapewne nigdy tego nie robił, a tylko przepisał receptę z jakiejś publikacji - znamy się na takich chwytach! Metoda ta nie daje dobrych wyników, a płytkę dla usunięcia resztek miedzi i tak należy na koniec potraktować chlorkiem lub kwasem. W metodzie tej nie ma praktycznie sposobu na wytrawienie całej zbędnej miedzi i nie warto jej nawet próbować.

Prace końcowe

Niektórzy cynują ścieżki, nie jest to jednak ani zalecane, ani konieczne, a w układach w.cz. nawet niepożądane. Oczyszczone ścieżki trzeba natomiast obowiązkowo pomalować roztworem kalafonii w denaturacie.

Kilku kolegów przyznało się, że na koniec malują ścieżki kolorowym wodoodpornym mazakiem, tworząc namiastkę soldermaski - nie daje to jednak żadnych praktycznych korzyści. Dobrym zwyczajem jest natomiast wykonanie takim flamastrem opisu od strony elementów.

Inne

Nikt nie przyznał się, że ma dobry sposób na metalizację otworów w płytkach dwustronnych - rzeczywiście jest to trudne zadanie, a stosowny sprzęt i odczynniki kosztowałyby masę pieniędzy. Jeden z Was podał namiary na czasopismo *Zrób Sam* 3/88, gdzie podobno opisana była metoda wykonania takiej metalizacji.

Oblutowanie nóżki elementu z dwóch stron nie zawsze jest możliwe (na przykład pod kondensatorem elektrolitycznym). Dlatego rzeczywiście w niektórych przypadkach należy zaprojektować dodatkowe otwory służące do wlutowania przelotek z drutu.

Listy... listy... listy...

W drugiej części prezentujemy kilka listów, naszym zdaniem najbardziej charakterystycznych, pokazujących różne podejścia do tematu wykonywania płytek.



Mam piętnaście lat. Elektronika zajmuję się od pięciu lat, wytrawianiem płytek od trzech lat i myślę, że nabrałem już trochę wprawy i doświadczenia.

Z początku kupowałem tanie pisaki do rysowania ścieżek, ale szybko się przekonałem, że lepiej jest kupować droższe bo są naprawdę lepsze.

Gdy mamy już wycięty laminat, dokładnie przykładamy do niego wcześniej przygotowany schemat rozmieszczenia otworów i małym punktakiem lub ostro zakończonym starym, złamanym śrubokrętem zaznaczamy na płytce miejsca, w których mają być otwory. Im dokładniej to zrobimy, tym bardziej ładnie będzie wyglądała płytka w efekcie końcowym.

Najłatwiej jest wiercić małą wiertarką elektryczną przeznaczoną właśnie do wiercenia otworów w płytkach. Wiertarkę taką można kupić w sklepie dla elektroników. Nie są one tanie, kosztują w granicach 50 zł, ale naprawdę opłaca się zaoszczędzić i kupić taką wiertarkę.

Najpierw wiercimy wszystkie otwory wiertłem o średnicy 0,8mm, a później możemy rozwiercić otwory wiertłem o większej średnicy p. 1,0mm. Dobrze jest tak robić ponieważ, otwory o średnicy 0,8mm wystarczają pod nóżki układu scalonego tym lepiej będzie nam przeprowadzić ścieżkę między jego nóżkami.

Ja przekonałem się, że ścieżki najlepiej jest malować tuszem Pentel-*Paint Pen* 0.5 lub pisakiem Dalo 33, a większe powierzchnie płytki zwykłym lakierem do paznokci. Gdy musimy przeprowadzić ścieżkę między nóżkami układu scalonego, wcześniej wspomnianym tuszem jest to bardzo proste, ponieważ rysuje on bardzo cienko.

Gdyby jednak ścieżki połączyły nam się, wystarczy igłą zdrapać niepotrzebny tusz i mamy problem z głową.

Ja uważam, że najlepiej jest wytrawiać płytki w roztworze kwasu solnego HCL (o niskim stężeniu) i wody utlenionej, bądź perhydrolu. Jednak przy tym sposobie należy zachować szczególną ostrożność, ponieważ podczas tra-

wienia płytki wydziela się duszący gaz. Dlatego wytrawiać płytkę należy w dobrze przewiewnym pomieszczeniu.

Radosław Sikoń, Lubawka

Ścieżki maluję aktualnie lakierem nitro, z powodu braku pisaka olejnego (srebrnego), którego wcześniej używałem do tego celu. Bardzo dawno temu korzystałem z lakieru do paznokci, dopóki się nie skończył. Kiedyś zamalowałem lakierem nitro całą płytkę i później drapałem ścieżki cyrklel mając nadzieję, że wyjdą lepiej niż po malowaniu. Niestety ich jakość wcale nie była taka rewelacyjna jak się spodziewałem. Aktualnie maluję je tylko cienkim śrubokrętem, tzn. musi mieć on wąskie zakończenie, aby ścieżki nie wychodziły zbyt grube. Najlepszy przyrząd do rysowania można dobrać tylko na drodze doświadczałnej. Sam na ogół nie rysuję cienkich ścieżek w swoich projektach. Jeżeli już muszę, to albo stosuję korektę grubości ścieżki cyrklel albo przewiduję zworę z drutu, najczęściej od strony druku. Otwory zaznaczam i wiercę zawsze przed naniesieniem rysunku ścieżek. Otwory zaznaczam cyrklel przebijając je przez rysunek ścieżek na kartce. Co do otworków pod scalaki, to wykonałem sobie matrycę pod obudowę DILL4 i na płytce zaznaczam tylko otwory po przekątnej układu i dalej wiercę przez matrycę. Daje to bardzo dobre efekty. Do wykonywania otworków używam 12-woltowego silnika do wycieraczek zamocowanego w statywie z założonym uchwytem do wiertła. Bez statywu wiercenie byłoby cokolwiek trudne, normalną wiertarką dla mnie niemożliwe (szkoda wiertelek 1mm do takiego wiercenia). Płytki dwustronne wykonywałem w ten sposób, że najpierw wierciłem otwarki, a dopiero później rysowałem ścieżki z obydwu stron płytki. Przelotki wykonywałem z półcentymetrowego kawałka drutu miedzianego zagiętego z każdej strony laminatu zgodnie z kierunkiem przebiegu ścieżek, tak aby sam nie wypadł. Podczas montażu nie zaginam nóżek elementów. Pożytek z tego mały, a element później trudno wlutować. Do trawienia płytek używam kwasu azotowego (HNO₃) o stężeniu ok. 30-50%. Trawi on w miarę szybko i dokładnie, jednakże jakość druku w dużej mierze zależy od czystości powierzchni płytki i grubości warstwy lakieru. Chlorku żelazowego nigdy nie stosowałem - nie jestem przekonany do tego środka.

Piotr Wronowski

Piotr przysłał także kserokopię artykułu dotyczącego wykonania płytki od podstaw, to znaczy łącznie z pokrywaniem laminatu miedzią. Artykuł ten ma jednak dla naszych Czytelników niewielką wartość praktyczną, bo laminat jest łatwo dostępny. Godną zacytowania uwagę jest ostrzeżenie przed stosowaniem kwasu azotowego - tu Autor artykułu, znany specjalista od chemii - Stefan Sękowski, daje radę całkowicie sprzeczną z treścią cytowanego właśnie listu. Artykuł Stefana Sękowskiego zawiera ponadto receptę na regenerację zużytego roztworu chlorku żelazowego. Polega to na dodaniu do roztworu chlorku niewielkiej ilości kwasu solnego HCl i nadtlenku wodoru H₂O₂ (wody utlenionej). Tego sposobu jednak nie próbowałem. A oto następny list.

Próbowałem różnych sposobów. Jak nie było dostępu do żadnych środków chemicznych i laminatu, to wykorzystywałem kawałek jakiegoś materiału izolacyjnego (np. preszpan).

W nim robiłem otwory pod elementy, a od tyłu łączyłem za pomocą drutu strzałowego lub wycinałem z cienkiej blaszki ścieżki i robiłem połączenia pomiędzy elementami. Od tamtego czasu nastąpiła duża zmiana, można kupić laminat i środki do wytrawiania.

Tak jak wszyscy elektronicy w różny sposób wykonywałem obwody na laminacie: przez zdrapywanie zbędnej warstwy miedzi, przez pokrywanie laminatu woskiem, a następnie przez usuwanie (odsłanianie pól do wytrawiania) wosku. Ale wszystkie te metody przy bardziej skomplikowanych płytkach zawodzą.

Obecnie po wycięciu przystępuję do odłuszczenia płytki za pomocą acetonu, ale może być zmywacz do paznokci lub inny rozpuszczalnik. Po tej operacji płytki nie wolno dotykać palcami, aby jej nie zatłuścić. Nanaszenie ścieżek zaczynam od przeniesienia punktów lutowniczych na kalkę techniczną. Kalkę za pomocą taśmy samoprzylepnej mocuję do płytki, ostrym punkciakiem zrobionym ze złamanego gwintownika i młotkiem delikatnie zaznaczam punkty na płytce, a następnie poprawiam pisakiem olejowym Paint Marker, Paint Pen 0,5 firmy Pentel, który jest dość dobry do takich celów. Proponuję ścieżki kilkakrotnie zaznaczyć pisakiem, co daje w efekcie lepszą ochronę przed wytrawiaczem. Pisaki alkoholowe wg moich praktyk są zbyt nietrwałe i nawet przy krótkim czasie wytrawiania następuje podtrawienie ścieżek. Również dobrą metodą wykonywania ścieżek jest użycie wilbry, którą można kupić w sklepach szewskich. Wilbrę nakładamy ostrą zapalką. Gdy są potrzebne grube linie (ścieżki) do dużych obciążeń, w sklepach samochodowych można kupić pisak do uzupełniania lakieru samochodowego. Do wytrawiania używam chlorku.

Otwory wierzę ręczną lub celmowską, 500W wiertarką zamocowaną w stojaku. Pozostałości jakie zostaną po wierceniu zbieram większym wiertłem i przecieram drobnym papierem ściernym.

Co do obudów, w których muszą być nietypowe otwory (obudowy plastikowe) to polecam wycinać za pomocą lutownicy, a następnie obrobić ostrym nożem lub pilnikiem.

Panele można wykonać w różny sposób: przez nanoszenie kalkomanii lub przyklejanie smoprzylepnych nalepek, ale w niektórych zakładach ksero wykonują foliogramy. Najpierw rysuje się na białym papierze linie i opisy, a w zakładzie kserograficznym przenoszą na folię. Daje to obudowie estetyczny wygląd, aby jeszcze lepiej wyglądało należy pod foliogram podłożyć biały papier.

Paweł Pietrzycki, Wałbrzych

Najpierw robię projekt płytki za pomocą programu "Eagle", to samo można zrobić za pomocą programu "Easy Trax". Jeszcze prościej jest odbić na ksero wkładkę z EdW. Wiertarkę wykonałem ze zdemontowanego silnika, na który umocowałem borkop z małej, ręcznej wiertarki. Wcześniej w miejscu borkopu miałem uchwyty na ołówki z cyrka, który był przylutowany do oski. Średnicę wiertła dopasowuję do uchwytu za pomocą cienkiego drutu, który owijam szczelnie na wiertelku, można też wiercić otwory igłami ze strzykawek, ale osobiście nie próbowałem.

Do malowania ścieżek używam farby spirytusowej, którą można zmywać i rozcieńczać spirytusem. Farbę rozprządzam zwykłą stalówką, nie bardzo nadaje się do tego stalówka redis. Zauważyłem, że po spłowaniu kulki zna-

jdującej się na końcu stalówki maluje się lepiej. Farba powinna mieć odpowiednią gęstość, zbyt rzadka rozplywa się lekko, zbyt gęsta nie pozwala ciągnąć ścieżek bez częstego zanurzania stalówki w farbie. Po lekkim wprawieniu łatwo ciągnąć ścieżki między nóżkami scalaków. Płytkę wkładam tak, aby pływała po powierzchni chlorku (drukami do chlorku). Jeżeli chcę przyspieszyć reakcję chemiczną podgrzewam płytkę żarówką skierowując strumień wprost na nią. W zależności od użytego laminatu (lekkie przezroczyste) widzę przez płytkę na jakim etapie jest proces trawienia. Należy jeszcze wspomnieć o tym, aby uważać przy zanurzeniu płytki, nie może dostać się pęcherz między płytkę, a powierzchnię chlorku.

Adam Dziurgas, Jastrzębie Źródło

Henryk Helmanowicz z *Poznania zajmujący się elektroniką od wielu lat przysłał fotografie wiertarki własnej konstrukcji. W liście napisał:*

Rysunek płytki przygotowuję na papierze milimetrowym w skali 1:1, przedstawia on układ ścieżek od strony druku. Następnie przyklejam wycięty rysunek do płytki przezroczystą taśmą i przy pomocy szpikulca zaznaczam środki punktów lutowniczych (ułatwia wiercenie otworów). Czyszczę powierzchnię płytki proszkiem do szorowania np. Javoxem, ołówkiem przerysowuję układ ścieżek z papieru milimetrowego. Ścieżki rysuję kalafonią rozpuszczoną w denaturacie (konsystencja śmietany). Do rysowania używam piórka redis 0,5-1mm i wiertarki własnej konstrukcji. Zbudowałem ją z części starej drukarki, silnika o mocy 40W jednofazowego, uchwytu do wiertła od wiertarki "Piko". Wiertarka wyposażona jest w mikrowyłącznik wyłączający wiertarkę po puszczeniu dźwigni przesuwu.

Jeśli chodzi o płytki dwustronne wykonałem kilka w powyższy sposób. Najpierw wierciłem otwory, aby wyznaczyć punkty lutownicze dla dwóch stron. Następnie wierciłem otwory do mocowania płytki w obudowie, w które wkładałem wkręty M3 o dł. ok. 20mm, tak aby płytka nie mogła dotykać podłoża przy rysowaniu ścieżek. W czasie trawienia wkręty zabezpieczyły przed przypadkowym uszkodzeniem warstwy kalafonii (jest plastyczna i łatwo ją uszkodzić).

Henryk Helmanowicz, Poznań

A oto fragmenty kolejnego listu:

Prowadzę w Harcerskim Klubie Łączności w Śremie pracownię politechniczną już ponad dwadzieścia lat i to co niektórym sprawia kłopoty konstrukcyjne okazuje się często być rzeczą bardzo bląhą. Tyle ogólnie, a teraz do rzeczy, a raczej nieśmiertelnie tematu konstrukcji czyli płytki drukowane na plan pierwszy...

Laminaty - spotykane są w kraju dwa rodzaje laminatów, tzw. papierowo-fenolowy o kolorze w różnych odcieniach brązu i czasami widocznej, włóknistej strukturze papieru (można trafić włóknistą strukturę tkaniny) oraz tzw. szkloepoksydowy, gdzie prawie zawsze widać tkaninę z włókna szklanego nasyczoną żywicą epoksydową. Laminat papierowy ma stosunkowo niską odporność na zwęglenie i należy pamiętać o tym, by rezystory o dużej mocy trzającej odsunąć od powierzchni laminatu. Nie daje się ciąć nożycami do blachy czy gilotyną, a nawet przecinając go piłką do metalu należy ciąć pod bardzo ostrym kątem prawie płasko. Stosunkowo łatwo można na nim wykonać przecięcie ścieżki nożem lub nawet sąmą

ścieżkę wycinając nożem fragment laminatu. Laminat ten daje się wydrapać, ale tych opisanych metod nie polecałbym jako technologii, a raczej jako ostatnią deskę ratunku, jako że ten typ laminatu jest bardzo łamliwy, ma za to zaletę, że stosunkowo mało tępi wiertła używane do wiercenia otworów i jest nieznacznie tańszy.

Laminat szkloepoksydowy jest nieco droższy i dosyć mocno tępi wiertła, lecz wykonany jest z materiału o dobrych własnościach izolacyjnych, dobrej odporności na temperaturę i chemikalia używane do trawienia płytek, dobrych własnościach dla zakresu wielkich częstotliwości (do około 400MHz), daje się ciąć gilotyną czy też nożycami do blachy, a tym bardziej piłką do metalu. Jest znacznie twardszy przy zaznaczaniu punktów pod miejsca obróbki, ale np. przy mało wprawnym uderzeniu punktaka młotkiem nie pęka, tak jak laminat papierowy...

Punktujemy ostro naostrzonym punktakiem (jeśli ktoś takowego nie posiada to niech zopatrzy się w zużytą iglicę wtryskiwacza do silników wysokoprężnych) uderzając go lekko tak by powstało niewielkie zgłębienie umożliwiająca dobre wiercenie, a nie dziura czy wręcz pęknięcie laminatu. Polecałbym młotek o małej masie (ja to robię kombinerkami, a czasem z konieczności rolę młotka pełnią też ucinaczki...)

Ścieżki

Napunktowane otwory wiercimy w zależności od posiadanych wiertła, przy czym nie polecałbym ciężkich wiertarek o mocy ponad 100W, gdyż zanim nabędziemy potrzebnej wprawy zdążymy złamać sporo wiertła...

Zupełnie wystarczającym do rozwiązaniem jest cichobieżny silniczek krótkozwarowy od starego adapteru (gramofonu) z lat 60-tych, najlepiej o prędkości ponad 2000 obr/min i z prostym uchwytem na jeden rodzaj wiertła. Używane w pracowni wiertarki są na takich właśnie silnikach, a przy zainstalowaniu tzw. ruchomego stolika i statywu prawie nie występuje łamanie wiertła. Oczywiście nie każdemu warto wykonywać wiertarki "półprofesjonalne", więc mogę zaproponować rozwiązanie prostsze, opisane już poprzednio wykorzystujące silnik od magnetofonu kasetowego bez układu regulatora obrotów i zasilanego napięciem około 9V tylko na czas wiercenia (czyli trzeba zamontować najlepiej na samym silniczku mały wyłącznik).

Po wywierceniu otworów w płytce proponuję przy skomplikowanym rysunku ścieżek najpierw je wyrysować jako zwyczajne linie ołówkiem, najlepiej HB o średnicy 0,5 pomiędzy poszczególnymi punktami.

Lakier

Proponuję rozpuszczenie w alkoholu (denaturat) kalafonii używanej do lutowania w proporcji 1 gram kalafonii i 1cm sześcienny denaturatu. Nie każda kalafonia jest podatna na całkowite rozpuszczenie się w alkoholu i mogę zaproponować dodanie niewielkiej ilości rozpuszczalnika typu terpentyna lub terpin, ale wówczas ścieżki naniesione tą miksturą nieco dłużej muszą schnąć. Z innych znanych mnie lakierów mogę polecić smołę np. zebraną z baterijki i rozpuszczoną w niewielkiej ilości benzyny - uwaga na łatwopalność!

Innych lakierów bym nie polecał, jako pokrycie ochronne. Lakier do paznokci wysycha moim zdaniem zbyt szybko i dosyć uciążliwe jest jego nanoszenie. Mogę natomiast polecić jako pokrycie ochronne i alternatywę wykony-

wania płytki zastosowanie parafiny ze świecy, przy czym наносimy ją bardzo cienką warstwą, równomiernie rozprowadzamy podgrzewając tylko na tyle by się rozplęła nad płomieniem lub płytą kuchenki. Płytkę studzimy w pozycji poziomej, a następnie zatemperowaną końcówką zapalki dosyć starannie dociskając usuwamy ochronną warstwę parafiny z miejsc, gdzie ma być folia wytrawiona. W zależności od zatemperowania zapalki wytrawieniu może ulec bardzo wąski lub szerszy pasek miedzi. Wszelkie nawet małe pozostałości parafiny na laminacie skutecznie chronią powierzchnię miedzi i dlatego należy starannie usunąć "zdrapanie" resztki. Ewentualne niepowodzenia przy zdrapywaniu zawsze możemy poprawić poprzez naniesienie lutownicą pistoletową kropli parafiny i kolejną poprawkę.

Dla zwolenników przyborów kreślarskich informacja o możliwości użycia tuszu kreślarskiego wodoodpornego FIOLETOWEGO (nie wiem dlaczego tylko ten jest w miarę odporny na chlorek).

Nanoszenie ścieżek - można to zrobić za pomocą małej strzykawki (2ml) z otworem i uciętych igieł jednorazowych (0,6mm). Po zakończeniu pracy wyciskamy resztę lakieru do pojemnika, a strzykawkę wraz z igłą czyścimy danym rozpuszczalnikiem. Ewentualne zatkanie igły autor przepycha stalowym drutem z polowego, wojskowego kabla telefonicznego. Stosując odpowiednio zeszlifowaną końcówkę igły można uzyskać inną szerokość ścieżki lub ciągnąć ją kilkakrotnie. Duże powierzchnie najlepiej wykonać poprzez zaznaczenie obrysu igłą, a następnie zamalowanie lakierem za pomocą pędzelka.

Płytkę suszymy, a następnie trawimy. Po wytrawieniu zmywamy płytkę rozpuszczalnikiem w przypadku lakieru smołowego, usuwamy warstwę parafiny poprzez nagrzanie płytki i starcie jej na gorąco lub staranne powtórne przetarcie drobnym papierem ściernym. W przypadku pokrycia płytki lakierem kalafonowym, jeśli nie zaniedbaliśmy jej przeszlifowania wcześniej, to nie wymaga ona żadnego dodatkowego oczyszczenia przed lutowaniem, mało tego, możemy stosować cynę bez topnika!

Alternatywa

Przy bardzo skomplikowanych rysunkach płytkę idziemy do zakładu ksero, prosimy o wykonanie ksero na folii i w domu posługując się żelazkiem oraz ochronną warstwą papieru, tak aby wytworzyć na styku folii i miedzi temperaturę około 140 stopni, powodujemy sklejenie się całości. Po ostudzeniu delikatnie odrywamy folię, a cały (przynajmniej w założeniu) rysunek ścieżek przechodzi na laminat. Można również użyć secjalnej folii TESS.

Wykonane tą drogą rysunki ścieżek mają tylko dwie (zdaniem autora) wady - stosunkowo dużą cenę i stosunkowo dużą ilość poprawek po trawieniu: jednak znam osoby, które tylko tej metody używają, a błędy wynikły z niedoskonałości technologii po wytrawieniu uzupełniają cienkim przewodem.

Przy stosowaniu fotochemicznej metody produkcji płytek drukowanych zwracam uwagę na częsty błąd przy naświetlaniu naniesionej emulsji poprzez szybę, gdyż zwykle szkło prawie nie przepuszcza promieniowania ultrafioletowego!

Trawienie

Do trawienia najlepiej jest stosować roztwór chlorku żelazowego, który obecnie można uzyskać w większości sklepów z materiała-

mi dla elektroników. Pomimo, że nie jest on tak groźny dla zdrowia jak stosowany czasem 30 procentowy roztwór kwasu azotowego, to nie radziłbym nikomu lekceważyć jego szkodliwego działania, gdyż jest to tylko kwestia stężenia, czasu działania, a czasem zwyczajnej lekkomyślności. Po częściowym wyczerpaniu zdolności trawiących możemy nieco roztwór zregenerować poprzez dodanie perhydrolu (stężona woda utleniona - Żrące!).

Zbigniew Rapp, Śrem

Na koniec zachowaliśmy dwa listy, które od strony praktycznej przedstawiają jeszcze inne metody:

Paweł Pawłowicz z Wrocławia pisze:

Zwykle do opracowania nowego projektu używam komputera, a więc najpierw schemat, potem kształty obudów, netlista, opracowanie płytki. Pisaliście o tym sporo na łamach EdW i EP. Gdy mam już gotowy projekt druku stosuję jedną z dwu metod, albo jest to wydruk na drukarce laserowej, i dalej identycznie jak w sytuacji, gdy dysponuję planem druku (np. z wkładki z EP), albo generuję plik w formacie HPGL i na innym komputerze kopiuję go na ploter rysując bezpośrednio na płytce. Jednak znacznie łatwiej o tym pisać, niż to zrobić. W szczególności zamocowanie pisaków do plotera (używam pisaków Pentel Paint Pen 0,5 oraz do grubszych ścieżek Pentel Marker Fine Point) wymaga współpracy zaprzyjaźnionego mechanika. Ploter, do którego w ogóle można je zamocować należy do rzadkości. Pisaki też mają paskudny zwyczaj zasychania podczas pracy, należy więc używać w miarę nowych i dobrze rozpisanych pisaków.

Jeśli mam plan druku, taki jak z EP czy EdW stosuję metodę termotransferu. Polega ona na wykonaniu kserokopii na folii (koniecznie do kserografów, najlepsze są folie cienkie, błyszczące i całkowicie przezroczyste), nagraniu płytki (robię to "na oko" w elektrycznym piecyku), trzeba uważać, żeby powierzchnia płytki nie utleniła się (nie można więc grzać zbyt mocno) i przeniesieniu tonera z folii na płytkę. Folię z rysunkiem należy położyć na gorącą płytkę pewnym ruchem, nie można jej "poprawiać" po przyłożeniu każda próba przesunięcia folii już po dotknięciu nią płytki prowadzi do jej zniszczenia. Natychmiast po przyłożeniu folię należy przywałkować gumowym wałkiem, takim jakiego kiedyś używało się do wałkowania odbitek fotograficznych przy ich suszeniu na szybie (ciekawe, kto pamięta te czasy) lub gorącej płycie.

Następnie płytkę z folią należy wystudzić i dopiero wtedy ostrożnie oderwać folię. Toner powinien pozostać na płytce. Niestety, często małe fragmenty tonera pozostają na folii, resztę pisakiem bywa więc konieczny.

Najprostsze płytki projektują na papierze. Używam do tego celu papieru z rastrem calowym, praca na zwykłym papierze milimetrycznym często polecana w literaturze jest czystym horrorem, nic nie pasuje!. Papier zrobiłem sam, polecając programowi do projektowania płytek wypełnić obszar kartki A4 ścieżkami o szerokości 3 mils w odstępie 100 mils. Nie ma sensu próba zdobycia papieru calowego z Anglii lub USA. Jest on co prawda produkowany, warto jednak pamiętać, że cal dzieli się na osiem, a nie na dziesięć części, znów więc nic nie będzie pasować.

Rysunek z takiego projektu "przeszilkowuję" na płytkę. Używam do tego małego pun-

ktaka zeszlifowanego na dużo ostrzejszy kąt i małego młoteczka. Następnie rysuję ścieżki pisakiem.

Kolejnym etapem jest trawienie. Stosuję albo standardowy FeCl₃, albo roztwór "nadtlenkowo-siarczanowy", taki jaki stosują przemysłowi producenci płytek. Zrobić go dość łatwo: do 60ml wody destylowanej dodaję 7ml stężonego kwasu siarkowego i po wymieszaniu 40ml 30% perhydrolu. Roztwór ten jest dość agresywny, jony żelaza i manganu zawarte w znacznej ilości w "kranówce" katalizują rozkład nadtlenku wodoru. Z tego samego względu naczynia, w których trawiliśmy chlorkiem żelaza raczej nie przydadzą się. W trakcie przygotowania roztwór ogrzewa się do ok. 40°C i w tej temperaturze znakomicie pracuje. Trzeba jednak unikać przegrzewania roztworu, powoduje to bardzo znaczne przyspieszenie szybkości reakcji trawienia miedzi, co prowadzi do zniszczenia płytki i "wykpienia" roztworu z naczynia, w którym prowadzona jest reakcja. Sama reakcja jest egzotermiczna, ciepło wydziela się podczas reakcji. Zaletą tej kąpieli jest znakomita widoczność płytki podczas trawienia. Świeży roztwór jest trwały, używany zawierający jony miedzi rozkłada się powoli. W przemyśle stosuje się stabilizatory, jednak ich skład jest tajemnicą firm produkujących roztwory do trawienia. Z moich eksperymentów wynika, że dość dobrym stabilizatorem jest kwas dipikolinowy (piryndinokarboksylowy), jednak trudno go zdobyć. Najlepszym rozwiązaniem jest używanie niewielkich porcji czynnika trawiącego i wyrzucenie go po użyciu.

Po wytrawieniu zmywam tusz lub toner rozpuszczalnikiem. Toner dość źle rozpuszcza się w popularnych rozpuszczalnikach, znakomicie rozpuszcza go tetrahydrofuran, ten jednak nie najpiękniej pachnie.

Potem już tylko pokrycie roztworem kalafonii i płytka gotowa.

Na koniec jeszcze dwie uwagi: w Internecie spotkałem się kilkakrotnie z informacją, że znakomite są pisaki Staedtler Lumocolor 313 Permanent.

Spróbowałem, efekt jest nie do przyjęcia.

Spotkałem tam też informację o trawieniu roztworem nadsiarczanu amonu. Nie udało mi się jednak namówić tego odczynnika do trawienia miedzi, na moje usilne próby odpowiedział on w końcu wybuchem. Odradzam więc eksperymenty z nadsiarczanem.

I jeszcze jedno, oczywiście płytka musi być wyczyszczona przed naniesieniem tonera czy tuszu. Środki typu "połysk bez zarysowań" są tu w zupełności wystarczające.

Paweł Pawłowicz, Wrocław

I jeszcze list, którego autorem jest Sebastian Biały z Sosnowca:

Na początku chciałbym się przedstawić. Nazywam się Sebastian Biały, mam 20 lat. Z wykształcenia jestem technikiem elektrykiem. Elektroniką interesuję się "od zawsze". Zaczynałem od prostych zestawów do samodzielnego montażu, jednak od paru lat próbuję swoich sił w realizacji własnych pomysłów. Przeglądając różne czasopisma trafiłem jednak na opis metody fotochemicznej w jednym z numerów EP. Po przeczytaniu artykułu teoretycznie każdy mógł wykonać sobie płytki tą metodą. Jednak w praktyce niewiele osób ma w domu możliwość dokładnego odmierzenia siedmiu gram NaOH. Również lampy ultrafioletowe dużej mocy są raczej drogimi urządzeniami. Sprawa wydawała się bezradniejsza. Postanowiłem

jednak spróbować skromniejszymi środkami, a efektem moich eksperymentów chciałbym podzielić się z Wami.

Do rozpoczęcia zabawy w "fotografa" potrzebne będą następujące rzeczy:

1. Emulsja światłoczuła

Opisana niżej metoda dotyczy emulsji POSITIV 20 (PLUS). Inne emulsje mogą być zastosowane do zupełnie innych czasów naświetlania innego procesu technologicznego itd.

2. Źródło promieni ultrafioletowych

Zamiast stosować drogie lampy kwarcowe "do opalania" polecam specjalne świetlówki ultrafioletowe (mają kolor bardzo ciemnego fioleto). Oczywiście świetlówki potrzebują specjalnego osprzętu wspomagającego ich zapłon. Zwykle podłączenie do gniazda 220V nic nie spowoduje, a może skończyć się tragicznie! Ja stosuję świetlówki o mocy 6W z "zimnym zapłonem". Za pomocą specjalnej latarki i zasilacza do niej. Można również wykorzystać dostępne w sklepach elektrycznych oprawy oświetleniowe do świetlówek.

3. Wywoływacz

Drogie, specjalne wywoływacze dostępne w sklepach elektronicznych wcale nie są lepsze od zwykłego wodorotlenku sodu NaOH do nabycia w każdym sklepie chemicznym pod nazwą "Soda Kaustyczna". Uwaga! Silnie żrący!

4. Kuweta fotograficzna (lub inny płaski pojemnik odporny na roztwór zasady) oraz szczypec fotograficzne.

5. Pudełko szczelnie zamykane, chroniące przed dostępem światła.

6. Szybka szklana o wielkości wykonywanej płytki lub większa.

Pracę należy zacząć od przygotowania powierzchni laminatu. Ja używam do tego celu papieru ściernego tzw. "zerówki", jednak może być inny, możliwie delikatny. Tak oczyszczony laminat nie trzeba już odłuszczać. Następnie należy pokryć go emulsją światłoczułą. Przygotowujemy więc kawałek grubej tektury oraz igłę. Ważną rzeczą jest, aby płytkę pokrywać do pomieszczenia z jak najmniejszą ilością kurzu. Świetnie do tego celu nadaje się łożenka, przy czym jeśli znajduje się tam okno należy je zasłonić i ponieważ emulsja reaguje na światło słoneczne. Całą operację można natomiast przeprowadzić przy zapalonym świetle żarówki.

Przygotowany laminat kładziemy na tekturze (dbając, by była ona ustawiona idealnie poziomo) i wahadłowymi, szybkimi ruchami pokrywamy go emulsją z wysokości ok. 10-15cm. Natychmiast po pokryciu płytki przyglądamy się powierzchni emulsji i jeśli znajdziemy jakąś nitkę kurzu szybko usuwamy ją za pomocą igły. Oczyszczanie emulsji należy przeprowadzić bardzo szybko, bo po ok. 10 sekundach emulsja nie jest już tak płynna i w miejscach naszej ingerencji igłą mogą pozostać obszary o zbyt cienkiej warstwie. Płytkę następnie wkładamy do pudełka i szczelnie zamykamy pozostawiając do wyschnięcia. Również i tu dbamy o to, aby pudełko było położone idealnie poziomo. W przeciwnym wypadku emulsja będzie mieć nierównomierną grubość. Płytkę schnie w temperaturze pokojowej ok. 24 godz. W międzyczasie można przygotować kliszę.

Jako kliszy można użyć np. kartkę papieru z rysunkiem ścieżek. Niestety wkładka drukowana w Elektronice Praktycznej ma zbyt słaby kontrast i może nadawać się tylko na wzór do wykonania kliszy. Najlepszym sposobem jest

projektowanie komputerowe i następnie wydruk na dobrej drukarce atramentowej lub laserowej. Osobiście nie mam dostępu do takiej drukarki, więc stosuję metodę bardziej pracochłonną, rysując ścieżki za pomocą tuszu na kalce technicznej. Aby wykonać w ten sposób kliszę należy przygotować papier milimetrový, a jeszcze lepiej podobny do milimetrovégo, ale z rozstawem calowym, kalkę techniczną dobrej jakości (bez zabrudzeń), szablon z otworami o różnej średnicy, linijkę oraz przede wszystkim tzw. rapidograf o jak najmniejszej średnicy (0,15-0,5mm) z metalową końcówką. Im cieńszy będzie rapidograf, tym dokładniej rysuje się ścieżki. Przygotowaną kalkę mocujemy do papieru milimetrovégo za pomocą kawałków taśmy samoprzylepnej. Kalka powinna być na tyle przezroczysta, aby było widać pod nią papier milimetrový. Można już zacząć rysować ścieżki za pomocą rapidografu. Ważną rzeczą jest stosowanie specjalnych linijek do tuszu. Mają one krawędź "z wcięciem", co zapobiega rozlewaniu się tuszu.

Po odczekaniu 24 godzin można przystąpić do naświetlania płytki. Należy położyć ją na płaskiej powierzchni i przykryć właściwą stroną kliszy. Najlepsze efekty otrzymamy przykładając kliszę stroną z rysunkiem bezpośrednio do powierzchni emulsji, jednak wtedy rysunek ścieżek będzie odwrócony. Dlatego ścieżki należy rysować na kliszy patrząc na płytkę od strony elementów, kliszę dociskamy szybką szklaną i umieszczamy nad tym wszystkim źródło promieni ultrafioletowych. W przypadku świetlówki 6W odległość od rury do szybki szklanej wynosi ok. 10cm. Czas naświetlania to ok. 1 godz. Dla innych mocy źródeł światła i odległości czas ten należy dobrać indywidualnie, przy czym lepiej jest płytkę naświetlać nieco dłużej, niż zbyt krótko. Do pomieszczenia, w którym trwa naświetlanie nie wolno wchodzić, gdyż promieniowanie UV jest szkodliwe, natomiast, gdy jest to konieczne należy założyć okulary przeciwsłoneczne z filtrem UV. Po naświetleniu na powierzchni płytki powinien się pojawić bardzo słaby rysunek ścieżek. Po naświetleniu płytkę można wywołać.

Jako roztwór wywoławcza najlepiej nadaje się wodorotlenek sodu. Do kuwety fotograficznej wlewamy ok. pół litra wody i dodajemy 20-25 granulek NaOH (w takiej formie jest on sprzedawany jako soda kaustyczna). Następnie wkładamy naświetloną płytkę do tego roztworu. Jeśli po ok. 20 sekundach roztwór wokół płytki nie zabarwi się na czerwono, co świadczy o rozpuszczaniu się emulsji, należy dołożyć jeszcze dwie granulki NaOH. Po dokładnym wymieszaniu ponownie wkładamy płytkę do roztworu. Należy powtarzać tę operację dotąd, aż pojawi się czerwone zabarwienie. Przestrzegam przed wsypaniem połowy opakowania sody "żeby było szybciej", bo spowoduje to błyskawiczne rozpuszczenie się całej emulsji. Jest ona bardzo czuła i dobieranie stężenia wywoławcza jest chyba najtrudniejszą częścią całego procesu. Jednak raz wykonany wywoławcz może być wykorzystywany wielokrotnie - należy tylko co jakiś czas dodawać pojedyncze granulki NaOH. Podczas wywoływania płytką należy poruszać za pomocą szczyptic fotograficznych. W momencie rozpuszczenia się resztek emulsji płytkę należy dokładnie spłukać pod bieżącą wodą. Nie wolno dotykać płytki palcami, gdy są na niej jeszcze ślady NaOH. Ponieważ jest to substancja bardzo żrąca, podczas całej operacji należy zachować szczególną ostrożność, aby nie dopuścić do kontaktu wywoły-

wacza ze skórą. Jeśli tak się stanie należy natychmiast spłukać to miejsce pod bieżącą wodą. Dobrym pomysłem jest założenie okularów ochronnych i rękawiczek. Po wywołaniu płytki należy obejrzyć ją i wszelkie "nadplanowe" kropki i linie lub pozostałości emulsji w niewłaściwych miejscach należy usunąć ostrym narzędziem. Jeśli wszystko się uda, na powierzchni płytki emulsja powinna pozostać tylko w miejscach, gdzie będą przebiegać ścieżki, czyli wszędzie tam, gdzie klisza miała kolor czarny.

Płytkę można teraz wytrawić w dowolnym wytrawiaczu, np. w chlorku żelaza. Należy jednak pamiętać, że emulsja nie jest specjalnie odporna na wytrawiacz i większe jego stężenie może ją "przeżreć", a ścieżki będą wyglądać w powiększeniu jak sitko. Po wytrawieniu emulsję można usunąć dowolnym rozpuszczalnikiem od lakierów, np. acetonem.

Opisana wyżej metoda jest bardzo skuteczna, jeśli wykonuje się ją z płytką o takim samym rysunku ścieżek. Jednak sensowne jest również wykorzystanie jej do wykonania tylko jednego projektu płytki, ponieważ w wyniku wysokiej dokładności bardzo proste jest np. prowadzenie ścieżek pomiędzy wyprowadzeniami układu scalonego, czy wykonanie klisz do płytek dwustronnych.

PS. Do naświetlania można wykorzystać promienie słoneczne, jednak dobranie właściwego czasu naświetlania przy zmiennej pogodzie graniczy z cudem.

Sebastian Biały, Sosnowiec

Był to jedyny list, dotyczący metody fotochemicznej. Inni Czytelnicy zgodnie zeznają, iż będą malować płytki ręcznie, dlatego wkładka w EdW przedstawia widok ścieżek od strony druku (w odróżnieniu od EP, gdzie na wkładce są rysunki ścieżek od strony elementów, potrzebne przy metodzie fotochemicznej).

W praktyce papierowa wkładka nie zapewnia dobrego kontrastu potrzebnego do profesjonalnego wykonania matrycy sitodrukowych czy naświetlenia emulsji. Do tego zazwyczaj wykorzystuje się klisze wykonane z pomocą naświetlarki postscriptowej lub fotoplotera. Takie klisze moglibyśmy bez trudu wykonać, jeśli nasi Czytelnicy byłiby nimi zainteresowani. Mogłyby to być klisze pozytywowe lub negatywowe.

W zacytowanych listach zawarte jest wiele cennych, praktycznych rad. Nie zamykamy jednak jeszcze tematu płytek drukowanych. Gotowi jesteśmy przedstawić kolejne wskazówki. Jeśli więc macie jakieś ciekawe "patenty", zgłoście je już jako agenci McGyvera. Czekamy na opinie dotyczące wykorzystania folii światłoczułej albo laminatu powlekanego emulsją światłoczułą (popularny na Zachodzie). Czy potrzebne byłyby Wam klisze z rysunkiem ścieżek?

Zaprezentowane listy nie wyczerpały także sprawy sensownej wiertarki, w szczególności dobrego uchwyty do wiertła o średnicy 0,7...1,5mm.

Chcielibyśmy też doprowadzić temat do samego końca, czyli przedstawić źródła zakupu materiałów i chemikaliów. Czekamy zarówno na informacje od Czytelników, jak i na zgłoszenia sklepów i hurtowni, zwłaszcza tych, które prowadzą sprzedaż wysyłkową.