

## Zastosowanie metody trawienia obrysowego przy wytwarzaniu precyzyjnych detali

### WPROWADZENIE

Procesy trawienia są rozpowszechnione we współczesnej technice i kojarzą się przede wszystkim z badaniami metalograficznymi. Dużo mniej znane jest ich zastosowanie do wytwarzania gotowych, płaskich wyrobów metalowych o określonym kształcie. W przemyśle elektronicznym procesy te wykorzystywane są w technice cienkowarstwowej oraz w produkcji obwodów drukowanych i masek cieniowych do kineskopu kolorowego.

Przez trawienie należy rozumieć kontrolowane rozpuszczanie próbki materiału przez kontakt z reagentem chemicznym, który zdejmuje jednocześnie całą odsłoniętą powierzchnię materiału. W celu otrzymania metodą chemiczną metalowej kształtki lub wzoru na napyłonej warstwie metalu, stopu, tlenku metalu lub innego jeszcze materiału, trawienie należy prowadzić w taki sposób, aby materiał trawiony został całkowicie rozpuszczony w obszarach nie maskowanych. Trawienie warstw cienkich (napyłonych próżniowo) nazywa się litografią, a bardziej precyzyjnie fotolitografią, rentgenolitografią i elektronolitografią.

Głębokie trawienie służące otrzymywaniu płaskich metalowych detali, na ogół o skomplikowanych kształtach, jest różnorodnie określane w literaturze światowej. W piśmiennictwie anglosaskim spotyka się określenia "photofabrication", "photochemical machining" lub "chemical machining" [1], [2] oraz "chemical milling" bądź "photochemical milling" [3]. W literaturze niemieckiej spotyka się często określenie "Formteilätzen" [4], [5], które odpowiada preferowanej przez nas nazwie "trawienie kształtowe".

Z literatury znanych jest szereg sposobów umożliwiających prowadzenie procesu precyzyjnego trawienia kształtowego, a opisy te dotyczą przede wszystkim: właściwego doboru roztworu trawiącego (skład, stężenia, temperatura) [6-12] i sposobu jego podawania (zastosowanie odpowiedniej aparatury - trawiarki natryskowe o różnej konstrukcji i wzajemnym położeniu detalu obrabianego i strumienia środka trawiącego, o różnorodnej konstrukcji i układzie dysz natryskowych itd.) [13-16]; zastosowania różnych metod maskowania (film światłoczuły, fotorezyst, wykorzystanie techniki sitodruku) [17-20]; różnych metod nakładania warstw (nakładanie wirówkami, rozpylanie, polewanie, wyciąga-

nie z cieczy z określoną szybkością, pokrywanie za pomocą wałków) [21-25]; dodawania do roztworów trawiących różnych substancji chemicznych - środków regulujących szybkość trawienia, ułatwiających proces regeneracji roztworów, zwiększających trwałość kąpieli trawiących, poprawiających równomierność trawienia i zmniejszających podtrawienie boczne [26-34]; materiału trawionego tj. jego składu chemicznego, podatności do trawienia, własności metalograficznych - wielkość ziarna, stopień odkształcenia, mikrotwardość [35-37]; kinetyki procesu trawienia [38-40]; otrzymywania odpowiedniego przekroju wytrawionego wzoru przez zróżnicowanie obu stron fotomaski bądź zastosowanie masek bimetalicznych lub trimetalicznych [41-44].

Opisane w literaturze metody prowadzenia procesu trawienia kształtowego, aczkolwiek pod wieloma względami mają dodatni wpływ na końcowy efekt trawienia, nie zapewniają jednak warunków umożliwiających praktycznie stałą szybkość procesu rozpuszczania metalu, a tym samym równomierność trawienia na całej powierzchni materiału pokrytego warstwą fotorezystu. Dlatego też, celem prezentowanej obecnie pracy było opracowanie takiej metody trawienia kształtowego, która bez względu na różnice w wymiarach poszczególnych elementów detalu, umożliwiałaby zachowanie równomierności trawienia na całej powierzchni obrabianego materiału, a tym samym możliwość zawężenia tolerancji wymiarowych dla wytrawianych wyrobów.

#### METODA OBRYSEWEGO TRAWIENIA KSZTAŁTOWEGO

Powszechnie stosowana metoda wykonywania detali trawionych polega na naświetleniu światłem ultrafioletowym powierzchni metalu pokrytej materiałem światłoczułym, poprzez dwustronną symetryczną fotomaskę roboczą oraz na wywołaniu i utwardzeniu fotorezystu. Po procesie trawienia emulsję usuwa się w roztworze specjalnego zmywacza.

Fotomaski, stosowane do kopiowania wzoru detalu, wykonuje się obrysowując za pomocą koordynatografu żądane kształty detalu nożem diamentowym na dwuwarstwowej folii w dużym powiększeniu (zazwyczaj 10:1), usuwając następnie górną, zabarwioną warstwę folii wyciętego rysunku i zmniejszając kamerą redukcyjną uzyskany obraz detalu do pożądanych wymiarów. Obecnie istnieją możliwości bezpośredniego wykonywania oryginałów fotomasek w skali 1:1, posługując się elektronicznym generatorem wzorów.

Metoda trawienia kształtowego przy zastosowaniu fotomasek otrzymanych powyższym sposobem nie zapewnia równomierności trawienia na całej powierzchni trawionego materiału, na skutek czego powstają trudności przy wykonywaniu precyzyjnych detali o założonych tolerancjach wymiarowych.

W przypadku trawienia szczelin (otworów) o różnej szerokości (średnicy), szybkość trawienia zmienia się w zależności od wymiaru szczeliny. Wraz ze wzrostem szerokości szczeliny, szybkość zwiększa się aż do osiągnięcia swojego maksimum (wielkość zależna od rodzaju trawionego materiału, roztworu trawiącego, metody trawienia itd.), po czym zaczyna spadać, aż do momentu kiedy szerokość szczeliny nie ma już wpływu na szybkość trawienia. Przyjmuje się wtedy wartość prawie stałą, zależną jedynie od kształtu i wymiarów sąsiadujących ze sobą krawędzi. Dlatego też, gdy dany detal ma złożoną konstrukcję (znaczące różnice w odległościach pomiędzy sąsiadującymi ze sobą krawędziami, a także różnice w ich kształcie) nie ma żadnych możliwości utrzymania równomierności procesu.

Konkretne dane o wpływie wymiaru szczeliny na takie parametry trawienia jak: szybkość i proporcjonalna do niej głębokość oraz współczynnik dla stali nierdzewnych i miękkich stali węglowych przedstawili autorzy prac [45-47]. Fakty doświadczalne wskazują również na istnienie zależności pomiędzy współczynnikiem trawienia (definiowanym jako stosunek głębokości trawienia do podtrawienia bocznego), a szerokością początkową szczeliny i głębokością jej wytrawienia. Zatem współczynnik maleje wraz ze zmniejszeniem wymiaru początkowej szerokości szczeliny i zwiększaniem głębokości trawienia.

Przytoczone wycinkowe fakty doświadczalne tłumaczą szereg problemów napotykanych w praktyce trawienia kształtowego np. przy produkcji ażurów do układów półprzewodnikowych (patrz rys. 1.) i masek do naporowywania (rys. 2.), gdzie w obrębie jednego wzoru ażuru, bądź maski, występuje silne zróżnicowanie wymiarów poszczególnych elementów wzoru. Aby zapobiec różnicom w szybkości trawienia wszystkich otworów danego detalu należy zastosować zróżnicowane zapasy na podtrawienie, tzw. naddatki, wielkość których zależy jest między innymi od wymiarów trawionych otworów. Naddatki te uwzględnia się na rysunku fotomaszki w ten sposób, że wymiary elementów wyrobu na fotomasce są większe od żądanych wymiarów wyrobu o szerokość naddatku. Ustalenie wielkości naddatków wymaga wielu pracochłonnych prób trawienia i dokładnych pomiarów wytrawionych otworów. Wielkość naddatków nie jest stała i zależy od: rodzaju i grubości trawionego materiału, rodzaju środka trawiącego, metody trawienia, rodzaju środka maskującego itp. Dotychczas nie opracowano uniwersalnej zależności umożliwiającej określenie wielkości zapasów na podtrawienie.

Istotne, a występujące we wszystkich procesach trawienia kształtowego, są tolerancje wymiarowe, dokładności wykonania określonego wzoru i możliwości wykonania otworu bądź "przerwy". Dlatego też, postanowiono posłużyć się danymi z norm obowiązujących w krajach zachodnich [48], [49].

Wykonania określonego otworu i uzyskiwane dokładności w zależności od grubości materiału są następujące:

- dla grubości poniżej 0.025 mm minimalną średnicę otworu można określić jedynie eksperymentalnie,
- dla grubości od 0.025 do 0.125 mm, minimalna średnica równa się co najmniej grubości materiału,
- dla grubości większej niż 0.125 mm - powyżej 110% grubości materiału.

Tablica 1. Możliwości trawienia kształtowego, tolerancje wymiarowe dla różnych metali i ich grubości (wzór prosty)

Rodzaj metalu		Grubość metalu w mm				
		0.050	0.075	0.10	0.125	0.250
Stal	±	0.010	0.0125	0.020	0.025	0.075
Miedź	±	0.0075	0.010	0.015	0.025	0.050
Kowar	±	0.010	0.0125	0.015	0.025	0.050
Molibden	±	0.005	0.0075	0.010	0.015	0.050
Nikiel	±	0.0075	0.010	0.010	0.020	0.035
Fosfor-brąz	±	0.0075	0.010	0.015	0.025	0.050

Tablica 2. Średnica otworu (szczeliny) i zakres tolerancji w zależności od grubości materiału

Grubość materiału [mm]	Praktycznie możliwa średnica otworu [mm]	Tolerancja wymiarowa [mm]
0.050	0.075	$\pm 0.0250$
0.125	0.150	$\pm 0.0375$
0.150	0.200	$\pm 0.0400$
0.250	0.300	$\pm 0.0500$

Minimalne przerwy (odległości) pomiędzy otworami również są określone w zależności od grubości trawionego materiału. Norma PCMI D-300 podaje, że dla grubości materiału poniżej 0.125 mm szerokość przerwy może wynosić nie mniej niż grubość materiału, a dla grubości powyżej 0.125 mm nie mniej niż 125% grubości trawionego materiału.

Na tolerancje wymiarowe wpływ ma również wielkość powierzchni obejmującej trawiony wzdr. Dokładność wykonania określonego wzoru maleje wraz ze wzrostem powierzchni trawionej blachy (patrz tablica 3.).

Tablica 3. Zakresy pola tolerancji wymiarowej w zależności od powierzchni trawionego materiału

Powierzchnia materiału [cm x cm]		Grubość materiału w mm			
		0.050	0.125	0.250	0.375
50 x 50	$\pm$	0.0250	0.0250	0.0500	0.0750
200 x 250	$\pm$	0.0250	0.0375	0.0625	0.1000
300 x 450	$\pm$	0.0375	0.0500	0.0875	0.1125

W przypadku wytwarzania ażurów do układów scalonych np. 40, 52, 64 - wyprowadzeniowych z kowaru (stop FeNiCo) o grubości 0.250 mm, tradycyjna metoda trawienia umożliwia osiągnięcie tolerancji wymiarowej rzędu  $\pm 0.050$  mm, a dla masek do metalizacji próżniowej również z kowaru, ale o grubości 0.125 mm -  $\pm 0.020$  mm. Zawężenie podanych zakresów tolerancji wymiarowych możliwe jest jedynie przez zastosowanie specjalnej metody trawienia, która uniezależnia praktycznie jakość wytwarzanego detalu od wpływu wszystkich parametrów omówionych we wcześniejszej części pracy. Metodą tą jest sposób obrysowego trawienia kształtowego.

Metoda obrysowego wytwarzania precyzyjnych detali o złożonej budowie polega na sztucznym ujednoczeniu szerokości wytrawianych szczelin, mimo różnorodnych z natury rzeczy odległości między krawędziami trawionych wyrobów. Zapewnia to uzyskanie stałej szybkości trawienia na całej powierzchni materiału bez względu na kształt detalu trawionego, jego wielkość oraz odległość od siebie poszczególnych elementów i otworów. Metodę obrysowego trawienia najdogodniej jest objaśnić przez omówienie sposobu projektowania fotomasek, stanowiących podstawowe narzędzie, decydujące w dużym stopniu o wynikach całego procesu produkcji. W najprostszym, ale zarazem najkorzystniejszym przy-

padku, konstrukcja fotomaski polega na powtórnym równoległym obrysowaniu wszystkich konturów detalu, w odległości 0.350 mm (optymalna szerokość obrysu ze względu na szybkość i współczynnik trawienia).

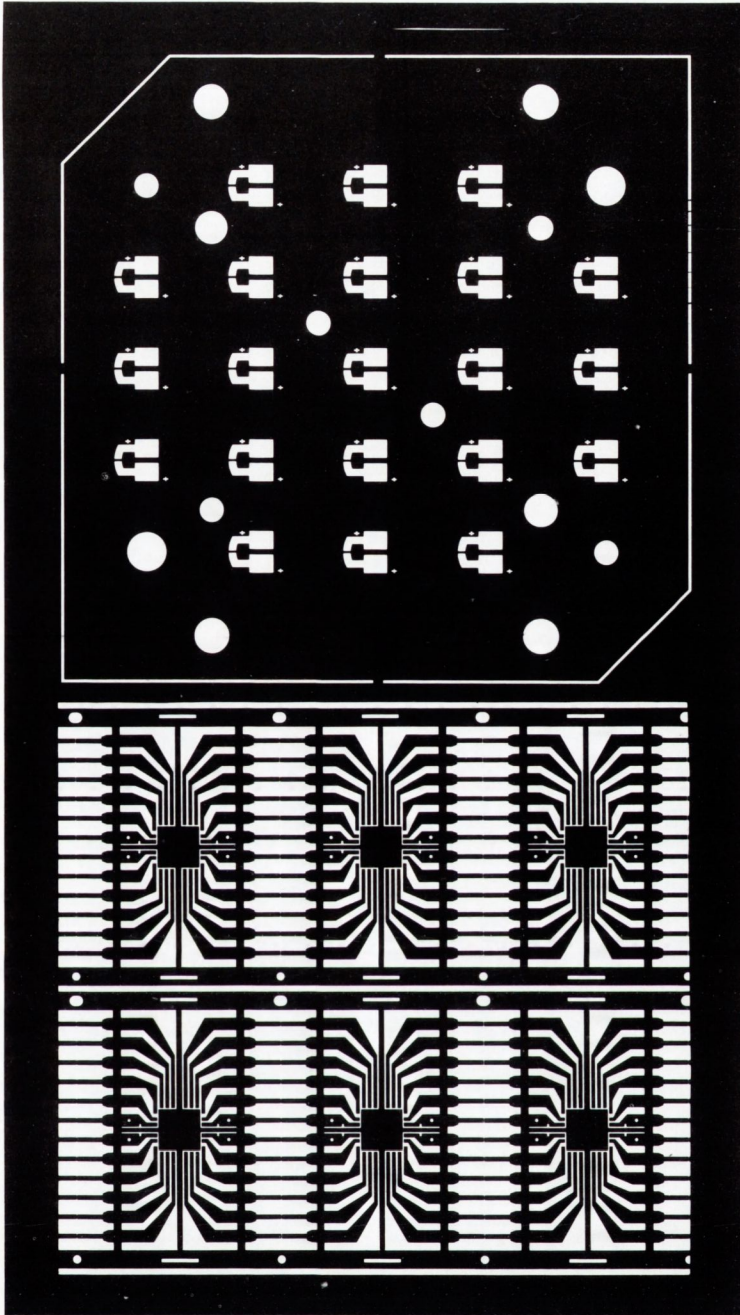
W zależności od wymaganych tolerancji wymiarowych na wykonywane detale oraz przy wzięciu pod uwagę odległości pomiędzy sąsiadującymi ze sobą krawędziami, fotomaska powinna zostać wykonana następująco:

- w przypadku wąskich tolerancji narzuconych na cały gotowy wyrób, szerokość zastosowanego obrysu na całej fotomasce uzależniona jest od wymiaru najmniejszej szczeliny lub otworu, aż do osiągnięcia przez niego maksimum tj. wymiaru granicznego 0.4 mm. Natomiast dla minimalnego wymiaru powyżej 0.4 mm, wielkość obrysu na całej fotomasce powinna wynosić 0.350 mm, oczywiście w miejscach gdzie można go wykonać;
- w przypadku szerokich tolerancji na gotowy wyrób szerokość obrysu w miejscach, gdzie można go zastosować, powinna zawierać się w przedziale 0.280 - 0.400 mm.

Zastosowanie obrysów kształtu detalu na fotomasce, kreślonych równolegle do siebie w odległości 0.1 - 0.4 mm powoduje, że trawione są jedynie bardzo małe powierzchnie materiału pomiędzy obrysami, posiadające tę samą szerokość, co zapewnia stałą szybkość trawienia na całej powierzchni blachy. Trawienie otworów o tym samym wymiarze zmniejsza pracochłonność przy wykonywaniu detali, gdyż nie istnieje potrzeba doświadczalnego wyznaczania naddatków dla różnych elementów i otworów w detalu. Wielkość naddatków na podtrawienie jest wtedy stała i wyznacza się ją doświadczalnie tylko jeden raz.

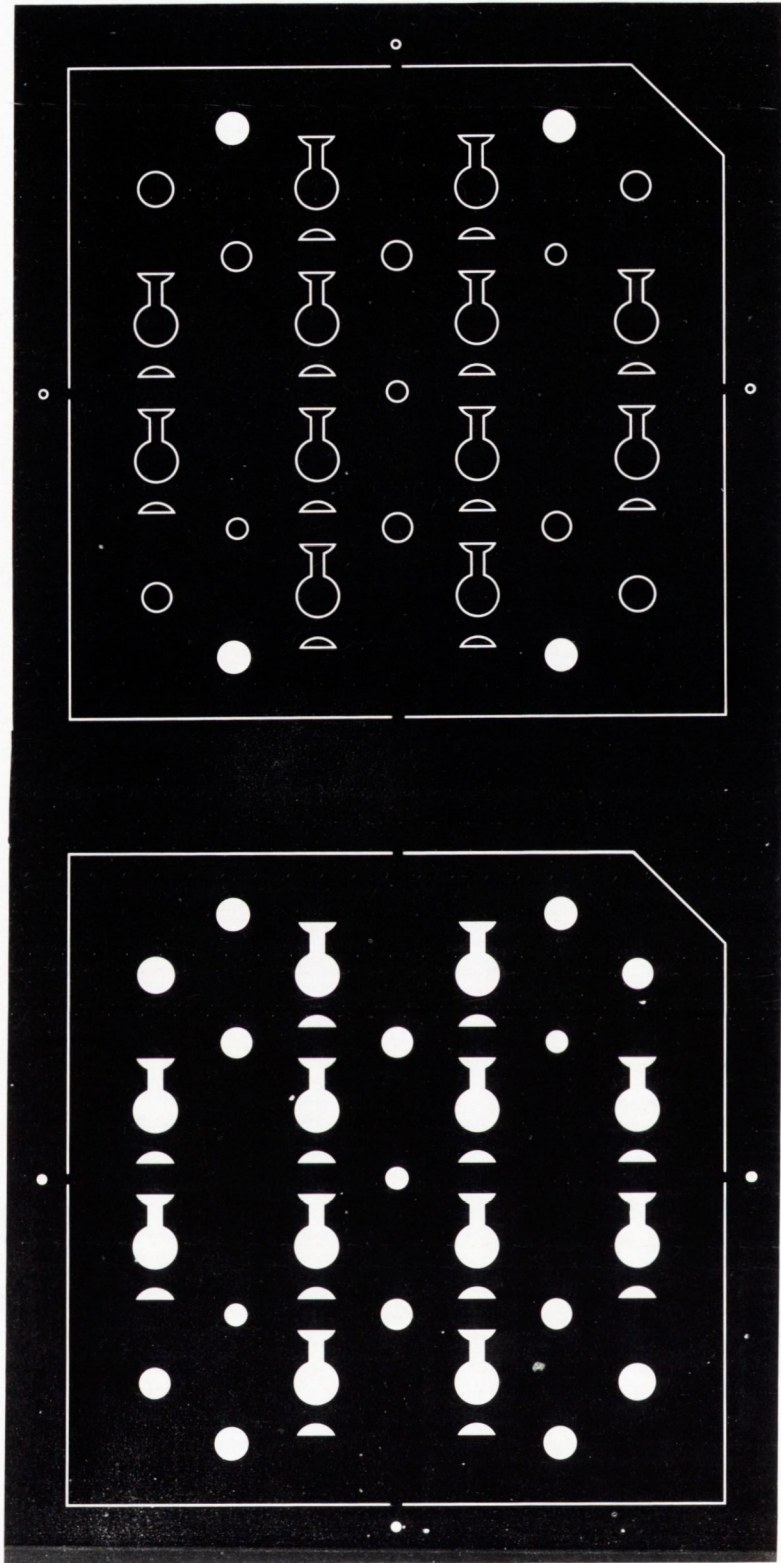
Istotą tej metody najlepiej przedstawić graficznie na dowolnym przykładzie fotomaski wyrobu, różniącego się kształtem poszczególnych elementów oraz ich wzajemnym położeniem, np. sprężynki do rezonatorów kwarcowych. W celu porównania opracowanego sposobu wytwarzania precyzyjnych detali z metodą tradycyjną, przedstawiono na rys. 3. i 4. poszczególne etapy procesu technologicznego wytwarzania sprężynek. Rys. 3. przedstawia fragment fotomaski wykonanej odpowiednio według metody tradycyjnej i metody obrysowej, natomiast rys. 4. - przekrój pionowy wzdłuż płaszczyzny A-A (A'-A') folii metalowej 6 z naniesioną obustronnie warstwą fotorezystu 5, na różnych etapach trawienia. Zakresowane powierzchnie 2 są poddawane procesowi trawienia. Szczelina 1 ma najmniejszą szerokość, a więc ta wielkość, po uwzględnieniu naddatku na podtrawienie, wyznacza szerokość obrysu zastosowanego na całej fotomasce. W przypadku metody obrysowej trawione są wszystkie otwory o tej samej szerokości  $d_1$ , w wyniku czego szybkość trawienia jest praktycznie jednakowa we wszystkich miejscach na folii stalowej. Obrazuje to jednakowa głębokość  $h_1$  otworów w każdym momencie trwania procesu. Identyczna jest również wielkość zapasów na podtrawienie  $a_1$ .

Natomiast w przypadku metody tradycyjnej, trawione są otwory o różnej szerokości  $d_1$ ,  $d_2$  i  $d_3$ , co powoduje, że szybkość trawienia jest inna dla każdego otworu. Zobrazowane jest to różną głębokością  $h_1$ ,  $h_2$  i  $h_3$  trawionych otworów w danym momencie trwania procesu. Inne są również zapasy na podtrawienie  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ , które należy określić dla poszczególnych otworów. Należy także zaznaczyć, że występują znaczne różnice w profilu krawędzi uzyskiwanego wzoru, co ma na przykład olbrzymie znaczenie w przypadku metalizacji próżniowej.



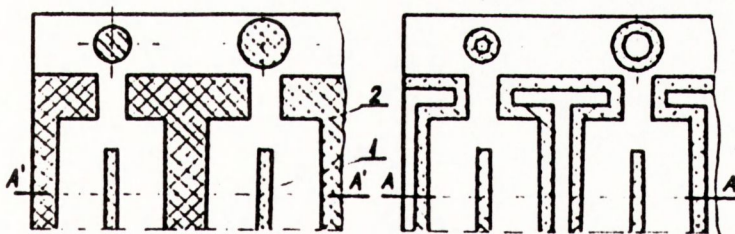
Rys. 2. Maska do metalizacji próżniowej

Rys. 1. Azur do układu scalonego

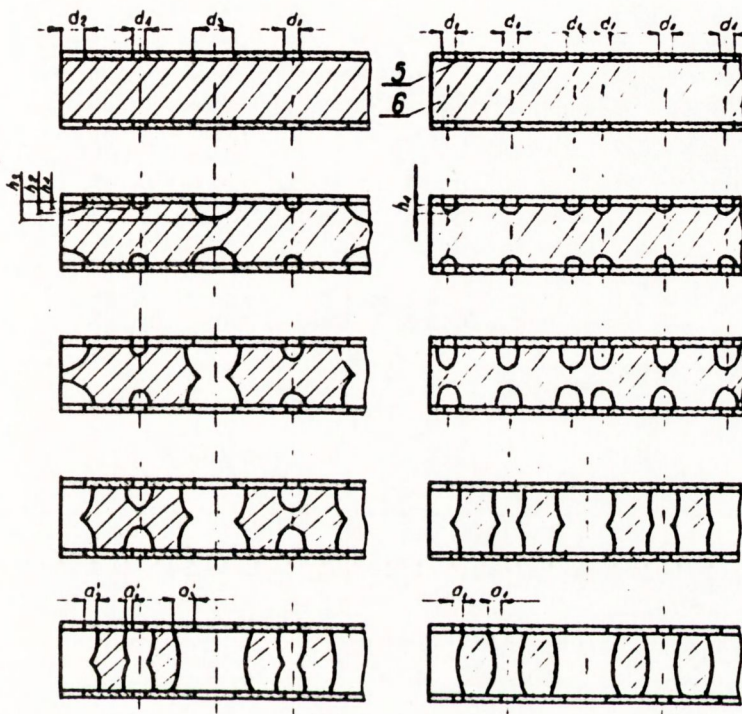


Rys. 7. Standardowa fotomaska do wykonania maski do metalizacji próżniowej

Rys. 8. Fotomaska do wykonania maski do metalizacji próżniowej zgodnie z zasadami metody trawienia obrysowego



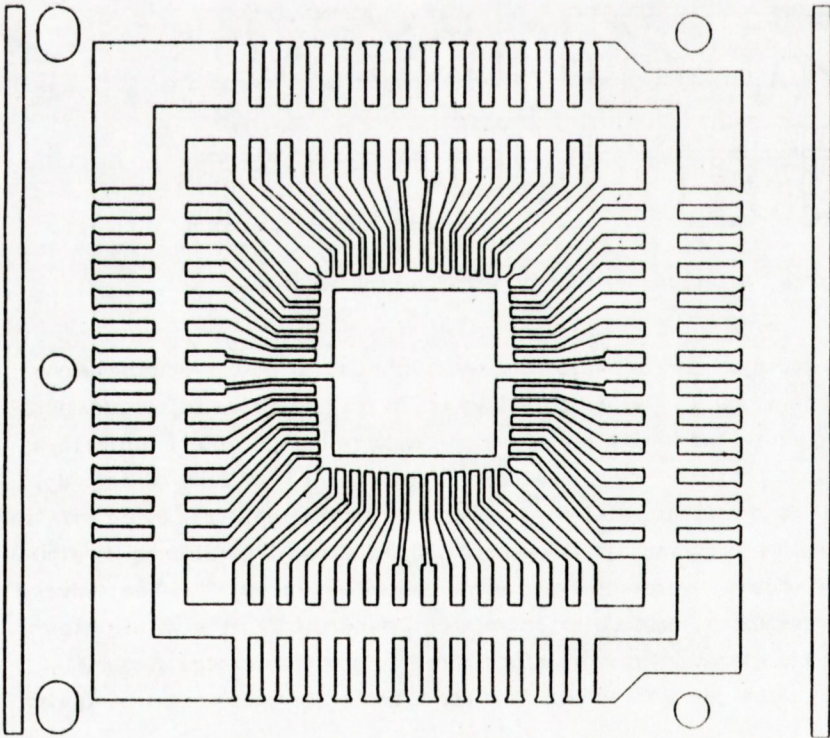
Rys. 3. Fragment fotomaski sprężynek do rezonatorów kwarcowych wykonanej metodą tradycyjną i metodą obrysową



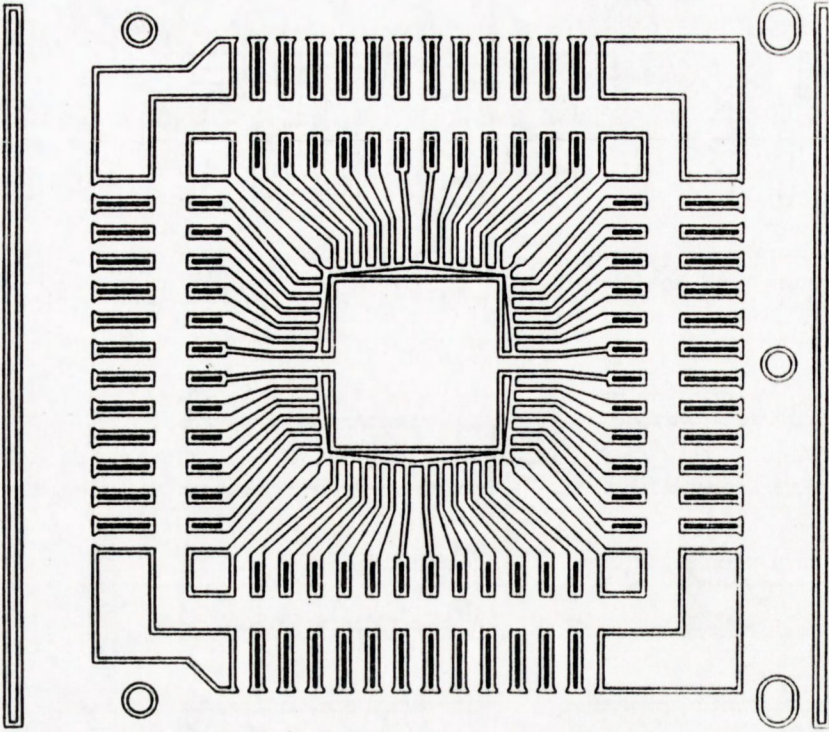
Rys. 4. Przekrój pionowy materiału na różnych etapach procesu trawienia

Opierając się na podanych powyżej zasadach wykorzystanie tej metody przedstawiono również na przykładzie ażuru 52 - wyprowadzeniowego. Po przeanalizowaniu rysunku gotowego wyrobu ustalono minimalny wymiar szczeliny na obszarze całego ażuru. Minimalnym wymiarem jest odległość pomiędzy krawędziami wyprowadzeń wokół platformy montażowej, która wynosi 0.3 mm. Po określeniu wielkości zapasów na podtrawienie tj. 0.055 mm/stro-nę, szerokość zastosowanego obrysu będzie równa 0.190 mm. Z uwagi na złożoną konstrukcję ażuru, na pewnym odcinku wyprowadzeń nie można zastosować obrysu 0.190 mm, gdyż odległość pomiędzy krawędziami sąsiadujących ze sobą wyprowadzeń rozszerza się nieznacznie w kierunku zewnętrznych krawędzi ażuru i nie osiąga granicznego wymiaru 0.380 mm, od którego można już wykonać podwójny obrys pomiędzy wyprowadzeniami (patrz





Rys. 5. Standardowe fotomaska azuru 52 - wyprowadzeniowego



Rys. 6. Fotomaska azuru 52 - wyprowadzeniowego wykonana według metody obrysowej

rys. 5. i 6., na których przedstawiono ażur wykonany zgodnie z metodą tradycyjną i według metody obrysowej). Różnice w szybkości trawienia na tym odcinku wyprowadzeń nie są znaczne.

Po wykonaniu fotomaski ażuru 52 - wyprowadzeniowego - dalszy proces technologiczny polega na oczyszczeniu i odtłuszczeniu powierzchni blachy kowarowej, pokryciu jej foto-rezystem negatywowym, naświetleniu przez fotomaskę roboczą, wywołaniu i utwardzeniu termicznym warstwy fotorezystu. Płyty z wykopiowanym wzorem ażuru poddawano trawieniu natryskowemu w wodnym roztworze chlorku żelazowego z dodatkiem kwasu solnego. Po wytrawieniu ażurów, zmierzono najbardziej istotne wymiary tj. szerokość wyprowadzeń w bezpośrednim sąsiedztwie platformy montażowej, odległość pomiędzy wyprowadzeniami, średnicę otworu bazowego i wymiary platformy montażowej. Dzięki zastosowanej metodzie obrysowej uzyskano bardzo dużą równomierność procesu trawienia, w związku z tym można znacznie ograniczyć tolerancje wymiarowe do  $\pm 0.035$  mm, w porównaniu do zakładanej i maksymalnie możliwej tolerancji  $\pm 0.050$  mm.

Zastosowanie metody obrysowej w przypadku masek do metalizacji próżniowej (patrz rys. 7. i 8.) umożliwiło zawężenie pola tolerancji wymiarowych do wartości  $\pm 0.010$  mm. Z uwagi na konstrukcję maski do naparowywania możliwe było wykonanie na całym obrysie fotomaski optymalnego obrysu równego 0.350 mm.

#### PODSUMOWANIE

W wyniku przeprowadzonych badań testowych nad określeniem optymalnej szerokości obrysu i wykonaniu szeregu detali trawionych o różnym kształcie, wielkości oraz odległości od siebie poszczególnych elementów wzoru, z wielu rodzajów materiałów takich jak: kowar, FeNi, FeNiCr, stal nierdzewna, brąz berylowy, miedź, mosiądz i molibden, okazało się, że opracowana metoda trawienia obrysowego umożliwia znaczne zawężenie pola tolerancji wymiarowych i jednocześnie zwiększenie możliwości trawienia kształtowego w porównaniu z kryteriami podanymi w normach obowiązujących na całym świecie.

Zastosowanie w praktyce metody obrysowej dało ITME wielomilionowe efekty ekonomiczne związane nie tylko z oszczędnością drogich importowanych materiałów, ale również z możliwością wykonania określonego detalu o założonych przez konstruktorów (często z przesadą) bardzo ostrych tolerancjach wymiarowych.

Efektom przeprowadzonych badań i prób technologicznych jest patent [50] uzyskany w styczniu 1990 roku.

1. Bellows G.: Chemical Machining Production with Chemistry, MOC, 1977
2. Allen D.M.: Solving manufacturing problems by combining photofabrication with surface treatment and finishing techniques, Transaction IMF 63 (4), 160-162, 1985
3. Dini Y.W.: Chemical Milling, International Metallurgical Reviews 20, 29-55, 1975
4. Lendle E.: Formteilätzen, Oberfläche Surface 20 (6), 150-151, 1979
5. Informationstagung Formteilätzen, Metalloberfläche 33 (10), 439-441, 1979
6. Bogenschütz A.F., Jostan J.L., Mietz H.: Verbesserung des Ätzfaktors durch Optimierung der Arbeitsparameter beim Ätzen von Leiterplatten und Formteilen, Galvanotechnik 70 (2), 133-143, 1979
7. Visser A., Weißinger D.: Edelstahlbearbeitung durch Sprühätzen, Galvanotechnik 79 (2), 376-380, 1988
8. Elstner R., Kleinekathöfer W., Raub Ch.J.: Untersuchungen über den Einfluß von Inhibitoren in ammoniakalischen Ätzmittel - Lösungen zum Tief - und Formteilätzen von Kupfer, Metalloberfläche 36 (10), 468-478, 1982
9. Gowri S., Indira K.S., Shenoi B.A.: Etching of Copper and its Alloys, Metal Finishing 64 (12), 54-59, 1966
10. Patent ZSRR nr 1346694, 1987
11. Patent ZSRR nr 1239172, 1986
12. Patent W. Brytania nr 2 168 292, 1988
13. Bogenschütz A.F., Beyer M., Jostan J.L.: Chemisches Ätzverfahren zur Herstellung metallischer Mikrostrukturen aus Molybdän und Wolfram, Metalloberfläche 29 (10), 506-511, 1975
14. Ätzmaschinen, Adam Pill - Kunststoffmaschinenbau, RFN, 1983
15. Wet Processing Equipment for printed Circuit Production, DEA USA, 1982
16. Patent USA nr 4,080,246, 1980
17. Kodak Photosensitive Resist - applications and processes, Kodak, London, 1978
18. Tisley G.M., Roos L.: Neuer hochauflösender Trockenfilm - Photoresist, Galvanotechnik 78 (11), 3363-3369, 1987
19. Adamczyk A., Kunath M.: Leiterplattenherstellung mit dem Fototrockenresist "Riston", Elektroniker 26 (12), 81-86, 1987
20. Lendle E.: Leiterplatten - Siebdruck in Japan, Metalloberfläche 41 (11), 526-530, 1987
21. Lawriszczew W.P.: Wiedzenie w fotolitografii, Energia, Moskwa, 1977
22. Hultsch G.: Electrostatic Coating of Photoresists, Circuit World 12 (4), 64-67, 1986
23. Technologiesprung bei der Flüssigresist - Beschichtung, Das Elstaco - Verfahren setzt neue Maßstäbe, Interview bei der Grah - Korsten - Schauf - Entwicklungsgesellschaft GbR, Galvanotechnik 78 (12), 3715-3718, 1987
24. Blinkow W., Cendrowski S., Mrdwczyński J., Szadkowski K.: Badanie rozkładu grubości emulsji światłoczułych naniesionych na płyty metodą kontrolowanego wyciągania, Materiały Elektroniczne 38, 17-27, 1982
25. Patent Polska Nr 139111, 1988
26. Patent Japonia nr 55-36067, 1980
27. Patent W. Brytania nr 2 165 495, 1987
28. Annusewicz A., Pastuszko J.: Metody elektrolitycznej regeneracji zużytych kąpeli do trawienia miedzi, Powłoki Ochronne 5-6, 68-71, 1988
29. Filar U.: Regenerations - und Kupfer - Rückgewinnungssystem für Ätzmedien, Metalloberfläche 41(11), 518-520, 1987
30. Stösser G.: Ätz - und Galvanoformtechnik, Metalloberfläche 43 (4), 28-29, 1989
31. Patent Japonia nr 53-77848, 1978

32. Bogenschütz A.F., Heinz G., Jostan J.L.: Flankenschutzwirkung von Thioharnstoff und seinen Derivativen beim Ätzen von Kupfer mit  $FeCl_3$  - Lösung, *Metalloberfläche* 28 (10), 397-403, 1974
33. Bogenschütz A.F., Büttner U., Jostan J.L., Marten A.: Präzisionsätzen von Leiterplatten durch Verwendung von Benzotriazol als Flankenschutzmittel, *Galvanotechnik* 69 (11), 960-970, 1978
34. Muramaki T., Raub Ch.J.: Wirkung von Flankenschutzmitteln beim Ätzen von Kupfer, *Galvanotechnik* 71 (3), 231-237, 1988
35. Patent Japonia nr 48-38055, 1975
36. Yamazaki H., Ohtake Y.: Discoloration - Free Invar Mask Color Picture Tubes, *Toshiba Review* 156, 29-32, 1986
37. Blinkow W., Cendrowski S., Mrówczyński J., Drożdż T.: Badania niektórych parametrów procesu trawienia stali, *Materiały Elektroniczne* 33/34, 43-53, 1981
38. Bogenschütz A.F., Braun W., Jostan J.L.: Chemisches Ätzverfahren zur Herstellung metallischer Mikrostrukturen aus Molybdän und Wolfram, *Metalloberfläche* 29 (9), 451-455, 1975
39. Maynard R.B., MoscoŃy J.J., Saunders M.H.: Ferric Chloride Etching of Invar, *RCA Review* 47, 98-105, 1986
40. Maynard R.B., MoscoŃy J.J., Saunders M.H.: Ferric Chloride Etching of Low Carbon Steels, *RCA Review* 45, 69-84, 1984
41. Patent USA nr 4,069,085, 1978
42. Patent RFN nr 2 258 338, 1978
43. Putkiewicz W., Jarosz R., Cendrowski S.: Zastosowanie masek modułowych i masek o wysokim stopniu upakowania z wkładami trawionymi do metalizacji próżniowej elementów kwarcowych, *Elektroniczne Podzespoły Bierne* 5, 1985, 85-88
44. Patent Japonia nr 54-68737, 1979
45. Allen D.M., Horne D.F., Stevens G.W.: Quantitative Examination of Photofabricated Profiles, Part 2, Photoetched Profiles in Stainless Steel, *Journal of Photographic Science* 26, 72-76, 1978
46. Allen D.M., Horne D.F., Stevens G.W.: Part 3, Measurement of Etch Factor, *J. Phot. Sci.* 26, 1978, 242-245
47. Allen D.M., Horne D.F., Stevens G.W.: Part 4, Photoetched Profiles in Mild Steel, *J. Phot. Sci.* 27, 1979, 181-184
48. Standard Specification PCMI D-300, 1982
49. Standard Masks for Photoresist and Evaporation Processes, Towne Laboratories, Inc., 1983
50. Patent Polska nr 150724, 1990