

Andrzej KRZESIŃSKI
Reneusz KWAŚNICKI
Włodzimierz SZMELCER

HYBRYDOWY PROGRAMOWANY MODULATOR WSPÓŁCZYNNIKA WYPEŁNIENIA IMPULSÓW

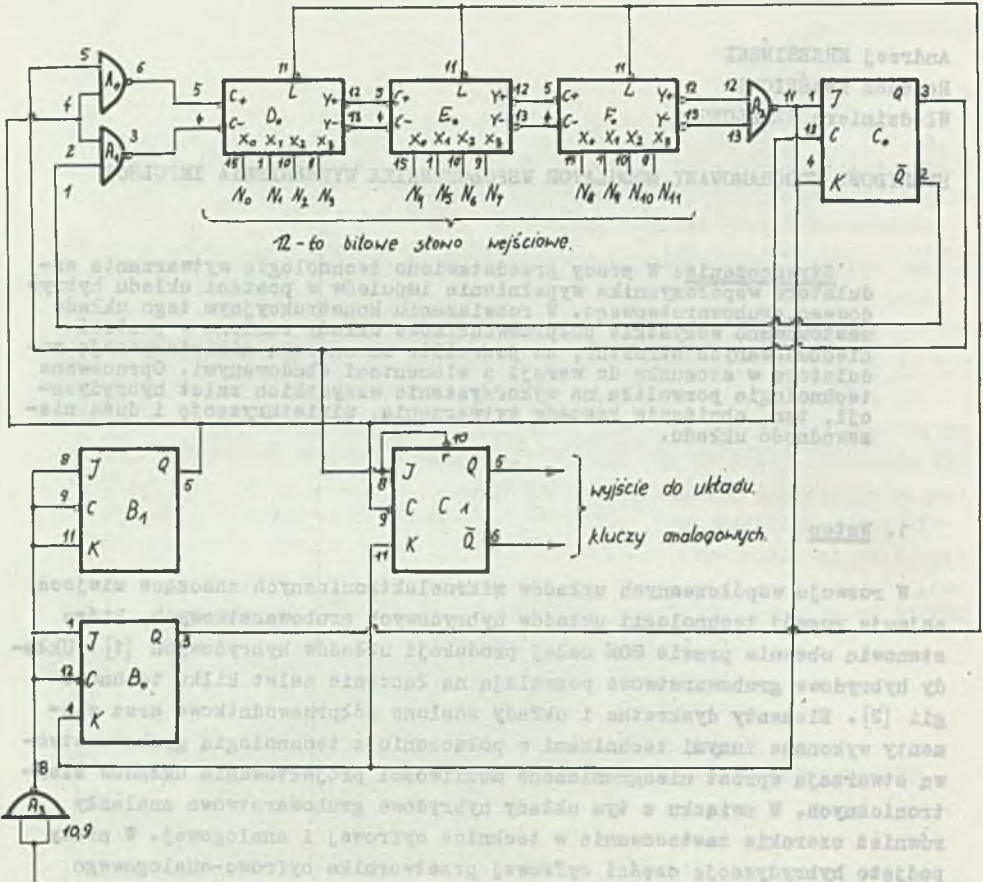
Streszczenie: W pracy przedstawiono technologię wytwarzania modulatora współczynnika wypełnienia impulsów w postaci układu hybrydowego grubowarstwowego. W rozwiązaniu konstrukcyjnym tego układu zastosowano wszystkie półprzewodnikowe układy scalone w postaci nieobudowanych struktur, co pozwoliło na znaczną miniaturyzację modulatora w stosunku do wersji z elementami obudowanymi. Opracowana technologia pozwoliła na wykorzystanie wszystkich zalet hybrydyzacji, tzn. obniżenie kosztów wytwarzania, miniaturyzację i dużą niezawodność układu.

1. Wstęp

W rozwoju współczesnych układów mikroelektronicznych znaczące miejsce zajmuje rozwój technologii układów hybrydowych grubowarstwowych, które stanowią obecnie prawie 80% całej produkcji układów hybrydowych [1]. Układy hybrydowe grubowarstwowe pozwalają na łączenie zalet kilku technologii [2]. Elementy dyskretne i układy scalone półprzewodnikowe oraz elementy wykonane innymi technikami w połączeniu z technologią grubowarstwową stwarzają wprost nieograniczone możliwości projektowania układów elektronicznych. W związku z tym układy hybrydowe grubowarstwowe znalazły również szerokie zastosowanie w technice cyfrowej i analogowej. W pracy podjęto hybrydyzację części cyfrowej przetwornika cyfrowo-analogowego typu M-12/1.

2. Programowany modulator współczynnika wypełnienia impulsów

Programowany modulator współczynnika wypełnienia impulsów zawiera 12-bitowy licznik rewersyjny (3xUCY 74193), 4 bramki NAND (1xUCY 7400) oraz 4 przerzutniki J-K (2xUCY 74107). Schemat blokowy programowanego modulatora współczynnika wypełnienia impulsów przedstawia rys. 1. Sygnał w postaci impulsów prostokątnych podawany jest z generatora na wejście zegarowe modulatora.



Rys. 1. Schemat blokowy programowanego modulatora współczynnika wypełnienia impulsów

$A_0 - A_3$ - UCY 7400, B_0, B_1, C_0, C_1 - przerzutniki J-K UCY 74107, D_0, E_0, F_0 - liczniki rewersyjne

Fig. 1. Block diagram of programmable pulse timer ratio modulator

Sygnal pożyczki Y_- licznika rewersyjnego zeruje przerzutnik B_0 powodując tym samym wpisanie bitów słowa wejściowego N_0-N_{11} do licznika rewersyjnego (D_0, E_0, F_0). Jednocześnie zostaje ustawiony przerzutnik C_0 . Sygnal z przerzutnika C_0 ustawia przerzutnik wyjściowy C_1 oraz uaktywnia bramki wejściowe licznika rewersyjnego (A_0, A_1) w ten sposób, że zawartość licznika zwiększona jest w takt impulsów zegarowych. W momencie przepełnienia licznika generowany jest sygnał przeniesienia Y_+ , który zeruje przerzutniki C_0 i B_0 oraz przerzutnik wyjściowy C_1 . W wyniku tego nastę-

puje powtórne wpisanie bitów słowa wejściowego do licznika rewersyjnego i uaktualnienie bramek wejściowych licznika (A_0, A_1) tak, że zawartość licznika jest zmniejszana w takt impulsów zegarowych.

Tak więc czas załączania kluczy analogowych sterowanych sygnałem wyjściowym modulatora określony jest czasem potrzebnym do zliczenia przez licznik impulsów od wartości słowa wejściowego X do maksymalnej pojemności licznika oraz od wartości X do 0. Sygnał wyjściowy sterujący kluczami ma współczynnik wypełnienia zmienny od 0 do $\frac{4095}{4096}$.

3. Projekt wykonania programowanego modulatora współczynnika wypełnienia impulsów w postaci grubowarstwowego układu hybrydowego

Hybrydyzacja modulatora ma na celu przede wszystkim zmniejszenie rozmiarów i masy układu oraz wzrost jego niezawodności. Powinna także ułatwić montaż tego podzespołu w gotowym urządzeniu, a w przypadku wystąpienia w nim uszkodzenia umożliwić szybka i łatwa wymianę bez konieczności dokładnej lokalizacji uszkodzenia.

Hybrydyzacja powinna także obniżyć koszt wytwarzania, co jest możliwe do osiągnięcia przede wszystkim przez zastosowanie nieobudowanych struktur półprzewodnikowych układów scalonych, których cena stanowi około 20% ceny układów w standardowych obudowach. Projektowanie układu grubowarstwowego można podzielić na kilka etapów.

3.1. Wybór podłoża

Główne czynniki decydujące o wyborze podłoża to moc wydzielana w układzie, złożoność układu i ilość elementów składowych, częstotliwość pracy układu oraz wymagania specjalne odnośnie do kształtu.

W skład modulatora wchodzi sześć struktur układów scalonych. Prądy zasilania I_{cc} tych układów podano w tablicy 1.

Tablica 1

Prądy zasilania elementów składowych modulatora
Napięcie zasilania: $U_{cc} = 5V \pm 5\%$

Ilość sztuk	typ układu	J_{cc}		Uwagi
		Norm.	Max	
1	7400	2	2	średnio na bramkę przy współczynniku wypełnienia 50% na 1 przerzutnik
2	74107	10	20	
3	74193	65	102	

Całkowita moc tracona w układzie wynosi: $P_{nom.} = 1,2 \text{ W}$; $P_{max.} = 2,1 \text{ W}$.

Przy projektowaniu układów grubowarstwowych zakłada się moc jednostkowa, jaka może się wydzielić na płytce podłożowej przy wzroście jej temperatury o 25 K, równą $0,25 \text{ W/cm}^2$. Założenie to jest słuszne dla niskich temperatur pracy urządzenia, tzn. dla temperatury pokojowej i niewiele wyższej. Nie zaleca się stosowania tej reguły dla temperatur powyżej 373 K [3]. Rzeczywisty rozkład temperatury w układzie przy określonej, rozpraszanej w nim mocy zależy od typu obudowy i umiejscowienia układu w gotowym urządzeniu, z czym wiąże się sposób odprowadzania ciepła. Układ modulatora i przewidziana dla niego obudowa nie wymagają specjalnego kształtu płytki. Również z częstotliwością pracy nie są związane specjalne wymagania odnośnie do stratności podłoża. W związku z powyższym wybrano najczęściej stosowane podłoże, zarazem najtańsze i łatwo dostępne, z ceramiki alundowej 96% Al_2O_3 . Spośród dostępnych podłoży produkowanych w kraju wybrano podłoże o wymiarach $50 \times 30 \times 0,75 \text{ mm}$. Płytką o takich wymiarach jest w stanie rozproszyć moc $P = 3,75 \text{ W}$ w podanych wcześniej warunkach, a więc w porównaniu z maksymalną mocą mogącą wydzielić się w układzie podłoże może rozproszyć około 1,8 raza większą moc. Zastosowanie takiego podłoża gwarantuje niezawodną pracę układu. Grubość płytki $0,75 \text{ mm}$ wybrano ze względu na wymaganą dużą sztywność podłoża.

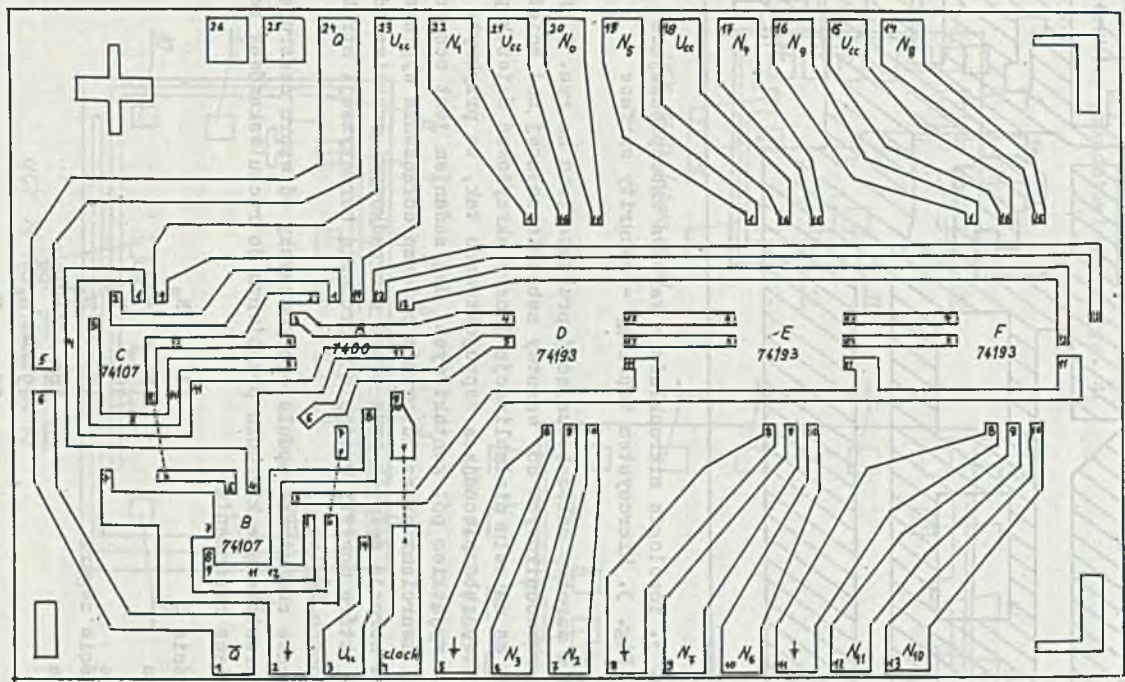
3.2. Projekt topologii układu

Topologia układu przedstawiona jest na rys. 2. Przy projektowaniu zostały przyjęte następujące założenia:

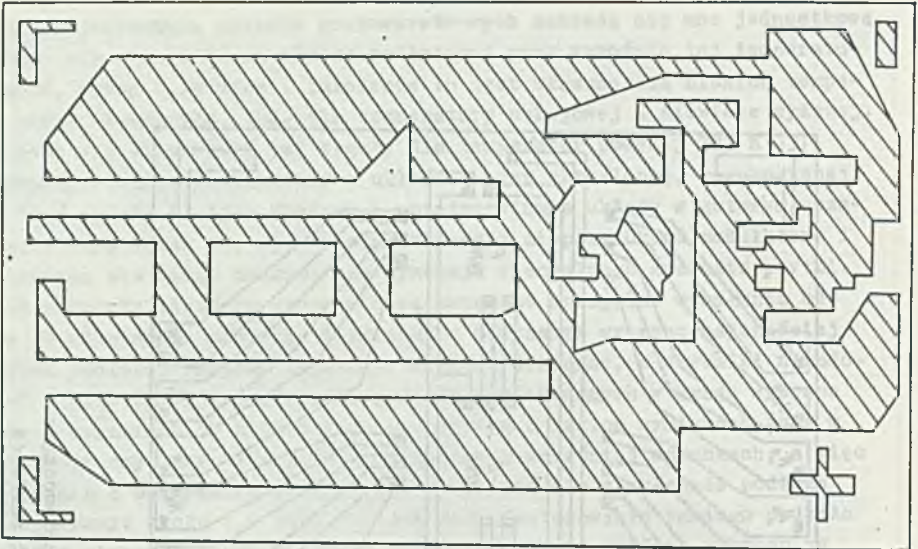
- minimalna szerokość ścieżek przewodzących $0,5 \text{ mm}$;
- minimalny odstęp między ścieżkami $0,5 \text{ mm}$;
- rozmiary pól kontaktowych dla połączeń ultrakompresyjnych $0,5 \times 0,5 \text{ mm}$;
- pola kontaktowe do montażu wyprowadzeń $1,8 \times 2 \text{ mm}$ rozmieszczone w rasterze $2,54 \text{ mm}$ symetrycznie wzdłuż dłuższych boków płytki w odległości $0,25 \text{ mm}$ od brzegu płytki;
- układ posiada 26 wyprowadzeń przy 2 nie wykorzystanych;
- maksymalna wysokość mostka drutowego $1,5 \text{ mm}$;
- minimalna odległość ścieżki od brzegu płytki 1 mm .

Układ posiada 4 wyprowadzenia mocy i 5 wyprowadzeń plusa napięcia zasilania. Powierzchnia płytki umożliwia oddzielnie doprowadzenie masy i zasilania do każdej struktury typu 74 193.

Za takim rozwiązaniem przemawia minimalizacja liczby skrzyżowań ścieżek przewodzących oraz zapobieganie spadkowi napięcia na rezystancji ścieżek w przypadku przepływu przez nie prądu o znacznym natężeniu. Struktury typu 74 193, w których wydziela się największa moc, oddalone są od siebie o 10 mm i przewidziano dla nich klejenie bezpośrednio do podłoża klejem termoprzewodzącym. Dla struktury typu 7400 i 74107 przewidziano klejenie do warstwy zabezpieczającej, pod którą prowadzone są ścieżki przewodzące.



Rys. 2. Topologia mikroukładu - warstwy przewodzące
 Fig. 2. Microsystem topology - conducting surfaces



Rys. 3. Topologia mikroukładu - warstwa zabezpieczająca
 Fig. 3. Microsystem topology - security surface

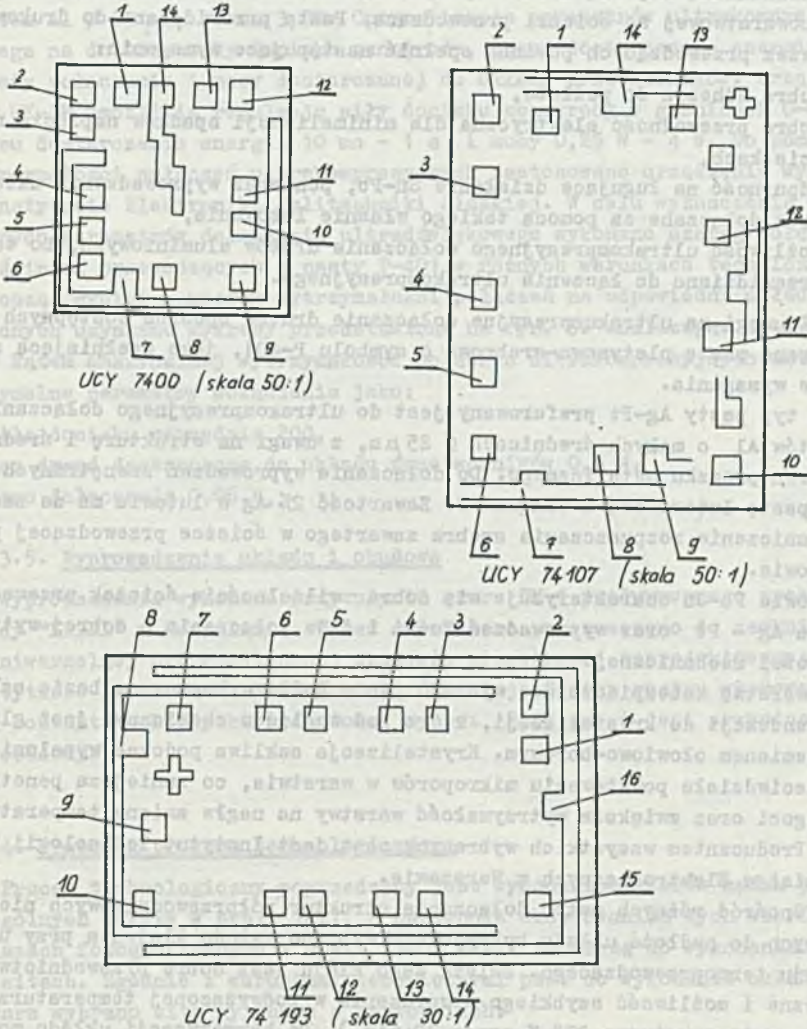
Wzór maski dla warstwy zabezpieczającej przedstawiono na rys. 3. Klejenie struktur półprzewodnikowych do warstwy zabezpieczającej nad ścieżkami przewodzącymi ma na celu minimalizację liczby skrzyżowań ścieżek przewodzących. Warstwę zabezpieczającą zaprojektowano tak, że przykrywa ścieżki przewodzące z wyjątkiem pól kontaktowych. Jej zadaniem jest ochrona przed przypadkowymi zwarciami przez lutowanie podczas dołączania wyprowadzeń, ochrona przed korozją ścieżek oraz przed przypadkowymi zwarciami drucików ze ścieżkami, które mogłyby wystąpić w procesie hermetyzacji struktur układów scalonych żywicą.

Wyprowadzenie zewnętrzne modulatora począwszy od wzoru centrującego o kształcie prostokąta w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara mają następujące oznaczenia:

1 - wyjście Q	14 - N_8
2 - masa	15 - $+U_{cc}$
3 - $+U_{cc}$	16 - N_9
4 - wejście zegara	17 - N_4
5 - masa	18m - $+U_{cc}$
6 - N_3	19 - N_5
7 - N_2	20 - N_0
8 - masa	21 - $+U_{cc}$
9 - N_7	22 - N_1

- | | |
|---------------|--------------------|
| 10 - N_6 | 23 - $+U_{cc}$ |
| 11 - masa | 24 - wyjście Q |
| 12 - N_{11} | 25 - nie dołączone |
| 13 - N_{10} | 26 - nie dołączone |

Rozmieszczenie pól kontaktowych na strukturach półprzewodnikowych i wymiary struktur przedstawiono na rys. 4.



rys. 4. Rozmieszczenie pól kontaktowych na strukturach półprzewodnikowych
 Fig. 4. Placement of contact fields using semiconductor structures

Topologia układu modulatora została zaprojektowana w ten sposób, że połączenia wyprowadzenia 14 każdej struktury licznika rewersyjnego UCY 74 193 z masą realizowano bezpośrednio na strukturze. Jest to niekonwencjonalne rozwiązanie pozwalające na redukcję 3 mostków drutowych.

3.3. Dobór past, klejów i żywicy

Zasadniczą częścią układu hybrydowego modulatora wykonaną w technice grubowarstwowej są ścieżki przewodzące. Pasta przewidziana do drukowania ścieżek przewodzących powinna spełnić następujące wymagania:

- dobra adhezja do podłoża,
- dobra przewodność elektryczna dla minimalizacji spadków napięcia na ścieżkach,
- odporność na ługujące działanie Sn-Pb, ponieważ wyprowadzenia układu będą dołączane za pomocą takiego właśnie lutowania,
- możliwość ultrakompresyjnego dołączania drutów aluminiowych, bo takie przewidziano do łączenia ultrakompresyjnego.

Z uwagi na ultrakompresyjne dołączanie drutów spośród dostępnych past wybrano pastę platynowo-srebrną o symbolu P-401, jako spełniającą założone wymagania.

Ten typ pasty Ag-Pt preferowany jest do ultrakompresyjnego dołączania drutów Al o małych średnicach $\varnothing 25 \mu\text{m}$, z uwagi na strukturę i średnicę ziaren proszku metalicznego. Do dołączania wyprowadzeń zewnętrznych wybrano pastę lutowniczą LCC2Ag2Ka-2. Zawartość 2% Ag w lutowiu ma za zadanie ograniczenie rozpuszczania srebra zawartego w ścieżce przewodzącej przez lutowie.

Lutowie Pb-Sn charakteryzuje się dobrą zwilżalnością ścieżek przewodzących Ag - Pt oraz wyprowadzeń Fe-Ni i daje połączenia o dobrej wytrzymałości mechanicznej.

Na warstwę zabezpieczającą wybrano pastę D-201 wykonaną na bazie szkła o tendencji do krystalizacji, która pod względem chemicznym jest glino-krzemianem ołowiowo-borowym. Krystalizacja szkliva podczas wypalania przeciwdziała powstawaniu mikroporów w warstwie, co zmniejsza penetrację wilgoci oraz zwiększa wytrzymałość warstwy na nagłe zmiany temperatury.

Producentem wszystkich wybranych past jest Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie.

Spośród różnych metod dołączania struktur półprzewodnikowych niebudowanych do podłoża układu hybrydowego wybrano metodę klejenia przy użyciu kleju termoprzewodzącego. Zaletą tego kleju jest dobre przewodnictwo termiczne i możliwość szybkiego utwardzenia w podwyższonej temperaturze (np. w temperaturze 373 K przez 30 min.). Do hermetyzacji układu modulatora przewidziano żywicę termoprzewodzącą z uwagi na dobre odprowadzanie ciepła ze struktury i możliwość szybkiego utwardzenia w podwyższonej temperaturze.

3.4. Optymalizacja parametrów ultrakompresyjnego dołączania drutów

Al \varnothing 25 μ m

Jako metodę łączenia struktur układów scalonych z polami kontaktowymi wybrano ultrakompresyjne dołączanie drutów Al \varnothing 25 μ m za pomocą urządzenia do ultrakompresji drutowej UK-2M.

Własności ścieżek przewodzących wykonanych z pasty P-401 wykazują w optymalnych warunkach wytrzymałość złącza ultrakompresyjnego wykonanego drutem Al \varnothing 25 μ m, równą 3,5N. Optymalizacja parametrów ultrakompresji polega na doborze siły docisku sonotrody, czasu dostarczania energii do strefy połączenia i mocy dostarczanej do układu przetworników. Urządzenie UK-2M umożliwia regulację siły docisku sonotrody w granicach 0-600 N, czasu dostarczania energii 10 ms - 1 s i mocy 0,25 W - 4 W. Do pomiarów wytrzymałości połączeń ultrakompresyjnych zastosowano urządzenie wykonane w Instytucie Elektroniki Politechniki Śląskiej. W celu wyznaczenia optymalnych parametrów dołączania ultradźwiękowego wykonano szereg połączeń do ścieżek przewodzących z pasty P-401 w różnych warunkach technicznych. Nanosząc wyniki pomiarów wytrzymałości połączeń na odpowiedni układ współrzędnych uzyskano wykresy przedstawione na rys. 5. Analizując te wykresy pod kątem maksymalnej wytrzymałości połączeń ultrakompresyjnych ustalono optymalne parametry dołączania jako:

- siła docisku narzędzia 20G,
- moc drgań dostarczona do układu przetworników 0,8 W,
- czas dołączania 0,06 s.

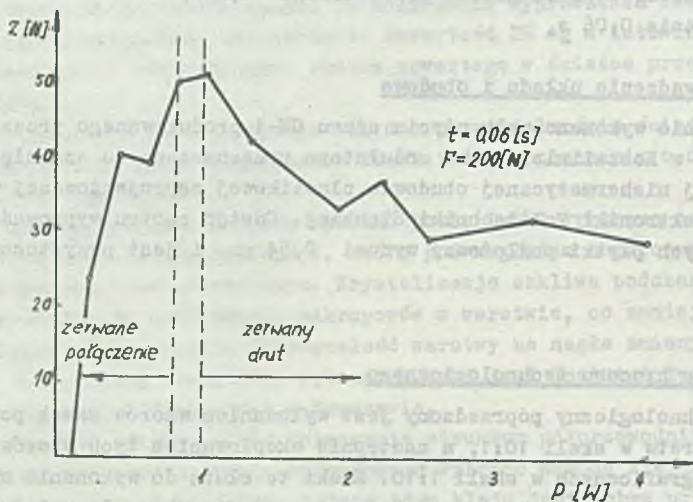
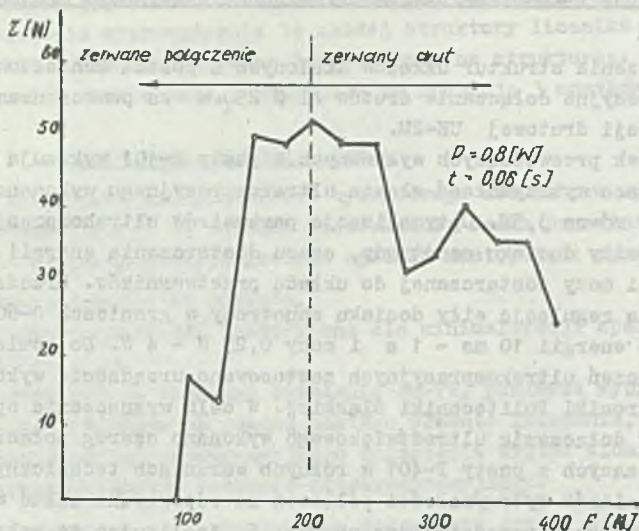
3.5. Wyprowadzenie układu i obudowa

Wyprowadzenia wykonano przy użyciu ażuru CM-1 produkowanego przez Zakłady "KAZEL" w Koszalinie. Układ modulatora przeznaczono do zamknięcia w uniwersalnej niehermetycznej obudowie plastikowej zaprojektowanej w Instytucie Elektroniki Politechniki Śląskiej. Odstęp rastru wyprowadzeń pół kontaktowych płytki podłożowej wynosi 2,54 mm i jest przystosowany do obudowy.

4. Przebieg procesu technologicznego

Proces technologiczny poprzedzony jest wykonaniem wzorów masek poszczególnych warstw w skali 10:1, a następnie skopiowaniem tych wzorów na kliszach fotograficznych w skali 1:10. Maski te służą do wykonania wzorów na sitach. Zgodnie z warunkami technicznymi past do wykonania układu modulatora wybrano sita nylonowe o gęstościach:

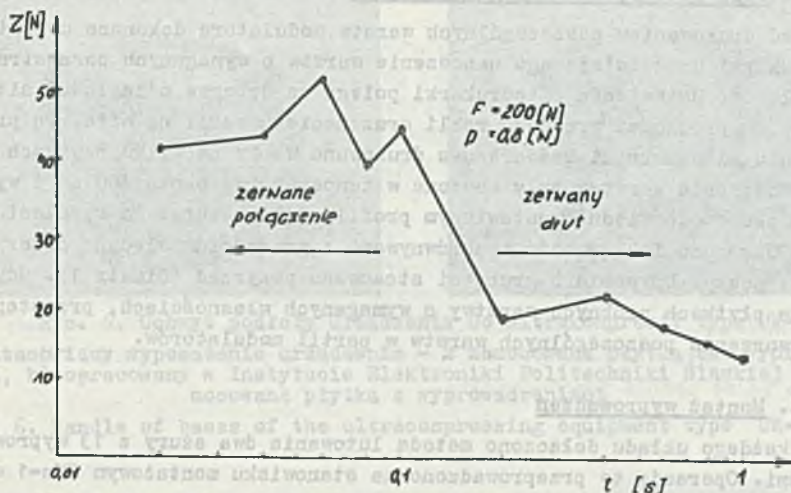
- dla ścieżek przewodzących - 12 100 oczek/cm²,
- dla warstwy zabezpieczającej - 6 400 oczek/cm².



Rys. 5. Zależność siły zrywającej połączenie od parametrów zgrzewania ultrakompresyjnego

a) siły docisku sonotrody, b) mocy drgań ultradźwiękowych

Fig. 5. Breakin force as a function of parameters of ultracompressing heating



Rys. 5. Zależność siły zrywającej połączenie od parametrów zgrzewania ultrakompresyjnego

c) czasu dostarczania energii do sonotrody

Sita naciągnięto na ramki o wymiarach 230 mm x 130 mm wykonane z prętów aluminiowych o przekroju kwadratowym 10 x 10 mm i przyklejono je klejem epoksydowym.

Do wykonania wzorów na sitach użyto emulsji światłoczułej na bazie alkoholu poliwinylowego. O wyborze tej emulsji zadecydowała jej odporność na rozpuszczalniki stosowane w pastach i duża odporność mechaniczna na ścieranie. Emulsję równomiernie nałożoną na sita naświetlono przez odpowiednie maski fotograficzne, następnie utwardzono i wypłukiwano obszary nienaświetlone. Mając wykonane wzory na sitach i zabezpieczoną bazę materiałową przystąpiono do wykonania modulatora hybrydowego. Proces technologiczny składa się z następujących operacji:

4.1. Przygotowanie podłoża

Przed wydrukowaniem pierwszej warstwy podłoża poddawano myciu. Mycie to polega na zanurzeniu płytki w alkoholu etylowym przez 15 minut. Następnie podłożę jest suszone w temperaturze 400 K przez 1 godzinę.

4.2. Przygotowanie past do sitodruku

Przed procesem sitodruku pasty były doprowadzone do temperatury otoczenia i dokładnie wymieszane.

4.3. Druk sitowy, suszenie i wypalanie

Przed drukowaniem poszczególnych warstw modulatora dokonano ustawienia sitodrukarki umożliwiającego nanoszenie warstw o wymaganych parametrach. Prawdliwość ustawienia sitodrukarki polega na doborze odległości sito-podłoże, prędkości przesuwu rakli oraz nacisku rakli na sito. Po przygotowaniu sitodrukarki każdorazowo drukowano wzory na kilku płytkach próbnych. Następnie warstwy były suszone w temperaturze około 400 K i wypalane w piecu o odpowiednio ustawionym profilu temperatury. Po wypaleniu warstw mierzono ich grubość i porównywano z grubością zalecaną przez producenta pasty. Do pomiaru grubości stosowano przyrząd "Gimetr 1". Gdy uzyskano na płytkach próbnych warstwy o wymaganych własnościach, przystąpiono do wytworzenia poszczególnych warstw w partii modulatorów.

4.4. Montaż wyprowadzeń

Do każdego układu dołączono metodą lutowania dwa ażury z 13 wyprowadzeniami. Operację tę przeprowadzono na stanowisku montażowym SMm-1 w temperaturze 500 K. Po dołączeniu wyprowadzeń układ poddawano kąpieli w terpentynie przez około 2 min., a następnie w alkoholu etylowym także przez około 2 min. Po myciu układy wysuszono w temperaturze 373 K przez 10 min.

4.5. Dołączanie struktur półprzewodnikowych

Struktury półprzewodnikowe dołączane są do podłoża za pomocą kleju termoprzewodzącego. Płytki z dołączonymi strukturami umieszcza się w suszarce, gdzie klej zostaje utwardzony w temperaturze 373 K przez 30 min. Mikroukłady z dołączonymi strukturami układów scalonych poddaje się 15-minutowej kąpieli w alkoholu etylowym, mającej na celu usunięcie zanieczyszczeń ze wszystkich kontaktów struktur i podłoża. Umyte mikroukłady suszy się w temperaturze 373 K przez 10 min. Tak przygotowane mikroukłady mocuje się w uchwycie zgrzewarki ultradźwiękowej. Uchwyt podłoża będący wyposażeniem zgrzewarki umożliwia mocowanie podłoża bez wyprowadzeń (rysunek 6).

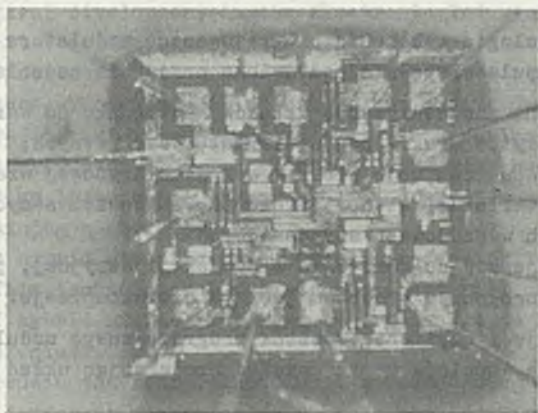
Technologia wytwarzania układu modulatora przewiduje najpierw dołączanie wyprowadzeń, a później wykonanie połączeń drutowych. Aby umożliwić taką kolejność operacji, zaprojektowano i wykonano uchwyt umożliwiający mocowanie płytki z dołączonymi wyprowadzeniami (rys. 6b). Mostki drutowe między strukturami półprzewodnikowymi i polami kontaktowymi na podłożu wykonano przy ustalonych w p. 3.4 parametrach procesu ultrakompresji. Strukturę 7400 z dołączonymi wyprowadzeniami przyklejoną do podłoża przedstawiono na rys. 7.

Po wykonaniu połączeń drutowych wyprowadzenia zewnętrzne odgina się pod kątem 90° tak, aby odległość między rzędami wynosiła 38,1 mm. Jest to odległość pozwalająca na późniejsze zamknięcie układu w obudowie dla niego przeznaczonej.



Rys. 6. Uchwyt podłoży urządzenia do ultrakompresji typu UK-ZM
 a) stanowiący wyposażenie urządzenia - z zamocowaną płytką bez wyprowadzeń, b) opracowany w Instytucie Elektroniki Politechniki Śląskiej - z zamocowaną płytką z wyprowadzeniami

Fig. 6. Handle of bases of the ultracompressing equipment type UK-ZM



Rys. 7. Struktura UCI 7400 z wykonanymi połączeniami drutowymi

Fig. 7. Structure UCI 7400 with wire connections

4.6. Hermetyzacja

Struktury półprzewodnikowe są hermetyzowane żywicą termoprzewodzącą. Żywicę należy nanieść tak aby pokryła strukturę, połączenia drutów ze ścieżkami na podłożu oraz w maksymalnym stopniu mostki drutowe. Po zalaniu struktur żywicą należy ją utwardzić w temperaturze 373 K przez 30 minut. Zahermetyzowany układ gotowy jest do zamknięcia w obudowie.

5. Testowanie układu

Układ modulatora jest układem cyfrowym, a więc zakładając prawidłowość parametrów układów scalonych poddano go tylko testowi funkcjonalnemu. W związku z tym przygotowano układ testowy zawierający generator wejściowy, podstawkę przystosowaną do umieszczenia hybrydowego mikroukładu modulatora oraz wyprowadzenia służące do zadawania słowa wejściowego. Układ zasilało stabilizowanym napięciem + 5 V. Słowo wejściowe zadawano za pomocą nadajników o poziomach TTL. Przebieg wyjściowy modulatora obserwowano na ekranie oscyloskopu. Kontrola funkcjonalna polegała na sprawdzeniu, czy zmiana każdego z bitów słowa wejściowego powoduje odpowiednią zmianę wartości współczynnika wypełnienia sygnału wyjściowego. Wszystkie układy testowano po wykonaniu połączeń drutowych przed i po hermetyzacji. Układy poddano także próbie pracy ciągłej.

6. Uwagi i wnioski

Opracowana technologia wykonania programowanego modulatora współczynnika wypełnienia impulsów spełnia postawione przed nią zadania tzn.:

- a) pozwala na znaczną miniaturyzację układów w stosunku do wersji układu montowanego na płytce drukowanej z elementów dyskretnych;
- b) koszt wytworzenia układu modulatora w wersji hybrydowej wraz z elementami i innymi materiałami stanowi około 60-70% kosztu samych tylko układów scalonych w obudowach standardowych;
- c) technologia nadaje się do wdrożenia w produkcji seryjnej, przy czym najbardziej czasochłonnym procesem jest tu ultrakompresja.

Dalszą miniaturyzację i obniżenie kosztów programowanego modulatora współczynnika wypełnienia impulsów można uzyskać projektując układ w wersji dwuwarstwowej.

LITERATURA

- [1] Du Pont de Nemours Electronic Materials Seminar in Poland 1983, May 30 - June 1.
- [2] Val C.M.: 4 th European Hybrid Microelectronics Conference 1983, s. 77.
- [3] Hamer D.W., Biggers J.V.: Technologia układów scalonych grubowarstwowych, WRT Warszawa 1976. s. 241.

Recenzent: Doc. dr inż. Włodzimierz KALITA

ГИБРИДНЫЙ ПРОГРАММИРОВАННЫЙ МОДУЛЯТОР КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПОЛНЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ

Резюме

В работе представлена технология изготовления модулятора коэффициента заполнения импульсов в виде толстоплёночной микросхемы. В конструкторском решении этой системы применены все полупроводниковые микросхемы в виде открытых структур, что позволило на значительную миниатюризацию модулятора. По сравнению с версией с застроенными элементами. Разработанная технология дала возможность использовать все достоинства гибридизации т.е. снижение стоимости изготовления, миниатюризация и большая надёжность системы.

THE PROGRAMMED HYBRID MODULATOR OF PULSE TIME RATIO

Summary

Technological development in the Electronic Industry are related to advances in the semiconductor industry. Functions density on the chip has drastically increased while the costs of Integrated circuits (IC) continue to decrease. Those trends indicate, that today, designers should move away from traditional interconnected system and design their systems on the chip whenever possible. The electronic industry has defined its packaging goals as lower cost, higher speed and greater packaging density while maintaining high reliability.

New types hybrid circuits and advanced processing techniques have been developed. This technological evolution has and will continue to assure viability of hybrid microelectronics as complement to developments in other technologies.

Hybrids remain the best method for interconnecting semiconductors fabricated by different technologies such as MOS and bipolar.

The paper presents technology of the pulse time ratio modulator in form of this hybrid microcircuit. Integrated circuits have been applied in the form of chips. In this construction one has decreased cost and size of modulator.

Hybrids hold a very strong position where they are uniquely suited to meet special needs. For IC interconnection, whether the chips are the same or dissimilar, hybrids offer an economical, flexible method of efficiently packaging today's high speed, high performance IC's.