

## Obudowy hermetyczne o niskim koszcie wytwarzania do układów mikroelektronicznych

### WSTĘP

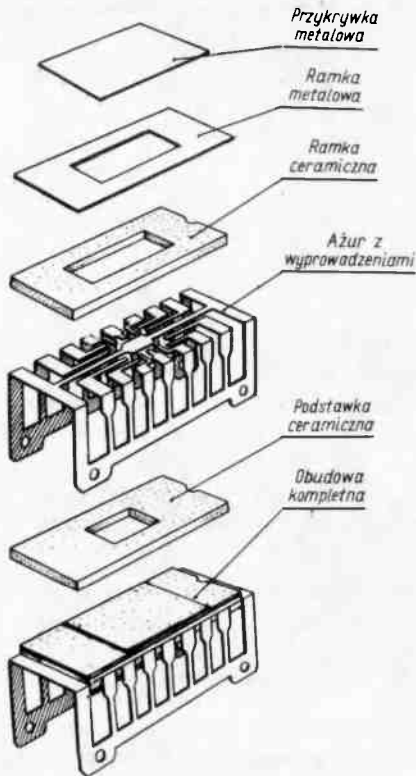
Śledząc rozwój elektroniki możemy stwierdzić, iż czołową tendencją w unowocześnianiu konstrukcji urządzeń jest dążenie do zapewnienia bezawaryjnej pracy coraz to bardziej skomplikowanych systemów elektronowych, budowanych w olbrzymiej ilości elementów. Złożoność systemów zmusza konstruktorów i technologów do poszukiwania rozwiązań umożliwiających zmniejszenie ciężaru, liczby elementów i ich wzajemnych połączeń, przy jednoczesnym zwiększeniu ich funkcjonalności. Zjawisku scalania elementów i związanemu z nim wzrostowi niezawodności towarzyszy zmniejszenie elementów oraz ich ciężaru.

W dziedzinie miniaturyzacji istnieją pewne, zasadnicze ograniczenia, wynikające z określonej zdolności rozdzielczej urządzeń obrabiających elementy, oraz samonagrzewania się układu. Ciepło wydzielające się podczas pracy układu może spowodować zniszczenie jego struktury. Najbardziej wrażliwe są na to elementy półprzewodnikowe.

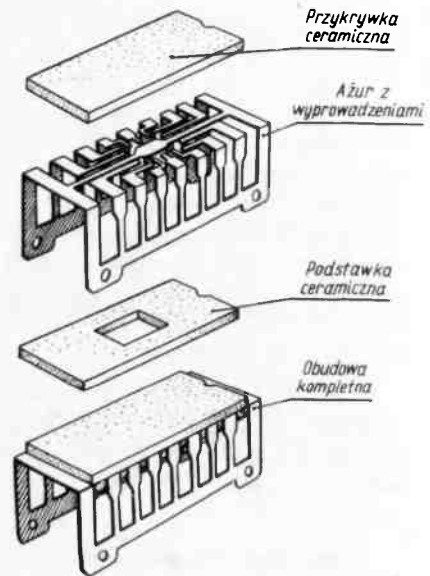
Elementy półprzewodnikowe winny być zabezpieczone przed wpływami narażeń klimatycznych, mechanicznych oraz niszczącego działania środowiska agresywnego, tj. zewnętrznymi czynnikami towarzyszącymi ich pracy. Rolę tą spełniają obudowy. Ich konstrukcja, jakość i hermetyczność ma duży wpływ na niezawodność układu.

Zadaniem obudowy jest ponadto współdziałanie z układem w zakresie odprowadzania ciepła wydzielanego w trakcie pracy. Istotnym czynnikiem przy wyborze rodzaju obudowy jest koszt jej wytwarzania. Dla większości zastosowań, gdy zamknięcie układu nie musi być hermetyczne, stosuje się tanie obudowy plastikowe. Są one sztywne i dostatecznie odporne na udary mechaniczne. Przewody wyprowadzające obudów mogą być wykonane z dowolnego metalu. Obudowy te mają jednak ograniczoną odporność na wilgoć i temperaturę. Obudowy hermetyczne wykonuje się z kombinacji szkła, ceramiki i metalu. Są one droższe w porównaniu z plastikowymi. Koszt ich wpływa poważnie na cenę gotowego układu. W większości konstrukcji tych obudów mikroukład montowany jest w obudowie otwartej i zamykany hermetycznie przykrywką metalową, lutowaną stopem niskotopliwym, np. AuSn20 o temperaturze topnienia 281°C /rys. 1/.

Koncepcja obudowy, w której części byłyby hermetycznie łączone przy pomocy niskotopliwych lutów szklonych, istniała od dosyć dawna. Brak było lutowni szklanej o odpowiednio niskiej temperaturze mięknięcia - poniżej  $400^{\circ}\text{C}$ , którego temperatura formowania złącza nie powodowałaby uszkodzenia hermetyzowanego mikroukładu oraz o zbliżonym do materiałów konstrukcyjnych obudowy współczynniku rozszerzalności liniowej i spełniającemu wymagane warunki odporności na narażenia klimatyczne i mechaniczne.



Rys. 1. Obudowa metalowo-ceramiczna zamknięta hermetycznie niskotopliwym lutem  $\text{AuSn20}$



Rys. 2. Obudowa typu Cer-Dip

W ostatnich latach firmy zagraniczne [4, 5] opracowały lutowni szklane nadające się do tych celów. Opracowanie lutowni stworzyło możliwość konstrukcji taniej obudowy hermetycznej do mikroukładów scalonych w wersji Cer-Dip. Koszty wyprodukowania obudów omawianej wersji są porównywalne do obudów plastikowych. Koszty materiałowe w stosunku do obudów hermetycznie zamkniętych lutowniami niskotopliwymi i przykrywką metalową według danych [1] są pięciokrotnie niższe.

W niniejszym artykule podano na podstawie literatury ogólny zarys technologii obudowy typu Cer-Dip.

## MATERIAŁY STOSOWANE W OBUDOWACH CER-DIP

### Ceramika

Podstawka obudowy oraz przykrywka wykonane są z ceramiki charakteryzującej się dużą wytrzymałością mechaniczną i odpornością na udary cieplne, dużą przewodnością cieplną oraz rozszerzalnością cieplną, odpowiednio dopasowaną do innych materiałów zastosowanych w obudowie.

Wymagania te spełnia ceramika korundowa o zawartości tlenku glinu powyżej 96%, zawierająca NiO, Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - jako tlenki barwiące.

Ceramika ta, o kolorze brązowo-czarnym, charakteryzuje się dużą emisyjnością w podczerwieni, co stwarza warunki dobrego odprowadzenia ciepła z obudowy.

### Ażur metalowy z wyprowadzeniami

Ażur metalowy stanowi zespół wyprowadzeń zewnętrznych hermetycznie zamkniętego mikroukładu; wykonany jest ze stopu FeNi lub kowaru, metodą mechanicznego wykrywania lub wytrawiania chemicznego z taśmy o grubości 0,12 - 0,25 mm. Może on być wygięty w kształcie litery U - w przypadku obudowy "dual-in-line" - oraz w postaci płaskiej dla obudów typu "flat pack".

Niektórzy producenci układów w obudowach Cer-Dip stosują strefowe naporowywanie próżniowe wewnętrznych części wyprowadzeń azuru aluminium, w celu zwiększenia trwałości połączeń montażowych mikroukładu z wyprowadzeniami, dokonywanych drutem aluminiowym.

### Lutowie szklane

Odgrywa bardzo istotną rolę w technologii Cer-Dip. Zazwyczaj jest to szkło ołowiane zawierające jony wywołujące proces krystalizacji [2].

Zastosowanie lutów szklanych krystalizacyjnych pozwala uzyskiwać złącza o stosunkowo dużych wytrzymałościach mechanicznych i odporne na szoki termiczne. Przykład własności lutów szklanych stosowanych w technologii Cer-Dip podano poniżej [4]:

Współczynnik rozszerzalności liniowej w zakresie temperatur 25 - 300°C	-8,4 · 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>
temperatura mięknięcia	340°C
odporność skrośna właściwa w 250°C	10 <sup>9</sup> Ωcm,
stała dielektryczna 1 kHz 25°C	18,9

## TECHNOLOGIA PRODUKCJI OBUDÓW CER-DIP

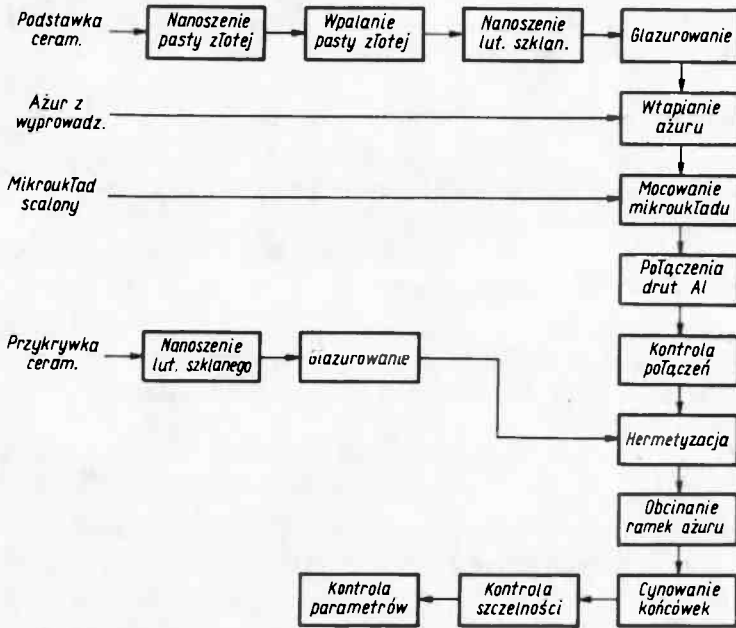
W zależności od konstrukcji oraz sposobu mocowania płytki mikroukładu scalonego w obudowie obudowy typu Cer-Dip można podzielić na:

- obudowy z mikroukładem mocowanym na płytce ceramicznej za pomocą stopu eutektycznego złoto-krzem;
- Obudowy z mikroukładem mocowanym na płytce ceramicznej za pomocą lutów szklanych;
- obudowy z mikroukładem mocowanym na metalowej wysepce montażowej azuru z wyprowadzeniami.

Wyżej wymienione rodzaje obudów posiadają istotne różnice w technologii. O ich przydatności decyduje prostota procesu technologicznego oraz rodzaj hermetyzowanego mikroukładu.

Obudowy wersji Cer-Dip z mikroukładem scalonym mocowanym na płytce ceramicznej stopem eutektycznym złoto-krzem

Schemat technologiczny produkcji obudów tej wersji podany jest na rys. 3.



Rys. 3. Schemat technologiczny produkcji obudów Cer-Dip

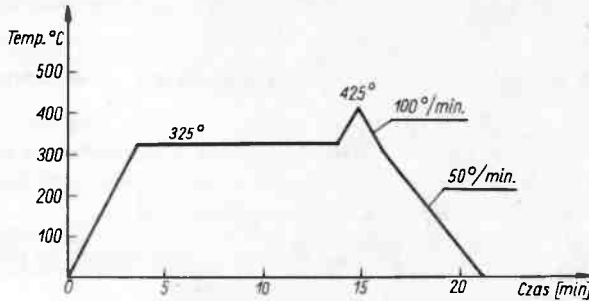
Cykl produkcyjny rozpoczyna się od naniesienia warstwy złota we wgłębienie podstawki ceramicznej. Złoto nanoszone jest w postaci odpowiednio przygotowanej pasty z nośnikiem organicznym techniką sitodruku bądź stemplowania oraz wypalane jest w temperaturze ok. 960°C. W ten sposób uzyskuje się pole montażowe dla mikroukładu.

Odpowiednia jakość otrzymanej warstwy gwarantuje dobrą wytrzymałość połączenia oraz dobry przepływ ciepła od mikroukładu na zewnątrz obudowy. Podstawki z polem montażowym poddawane są operacji nanoszenia lutowni szklanego metodą sitodruku lub metodą natryskową. W obu przypadkach lutownia zostaje naniesiona na górną powierzchnię podstawki z wyjątkiem wgłębienia pokrytego złotem.

W etapie tzw. "glazurowania" następuje termiczne związanie lutowni szklanego z powierzchnią ceramiki. Regulując odpowiednio czas oraz temperaturę doprowadza się do mięknięcia cząsteczek szkła, ich wzajemnego łączenia się oraz związania szkła z podłożem ceramicznym, tak aby krystalizacja w szkłe była jak najmniejsza - rys. 4.

Grubość uzyskanej w ten sposób warstwy lutowia winna wynosić 200 – 300  $\mu\text{m}$ .

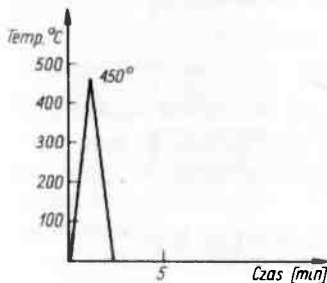
W podobny sposób zostaje pokryta warstwą lutowia szklanego przykrywka ceramiczna, jej dolna powierzchnia z wgłębieniem. Wgłębienie przykrywki jest nieco większe niż podstawki dla pomieszczenia przewodów łączących płytkę mikroukładu z wyprowadzeniami ażuru.



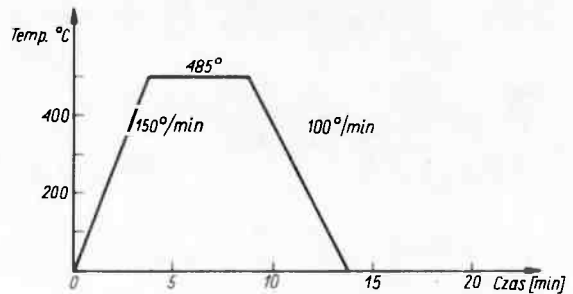
Rys. 4. Cykl termiczny "glazurowania" detali ceramicznych obudowy Cer-Dip

Następny etap to wtopienie ażuru z wyprowadzeniami z dolną podstawką ceramiczną. W operacji tej odpowiednio przygotowany ażur zostaje dociśnięty do podstawki, której temperatura wynosi ok. 450°C i wtopiony w warstwę lutowia. Cykl termiczny procesu jest krótki, ok. 2 minut - rys. 5.

W uzyskany podzespół wlutowuje się mikroukład w temperaturze ok. 400°C. Penetracja złota z pola montażowego do płytki krzemowej mikroukładu w przypadku jednorodnego przenikania wynosi ok. 20% grubości mikroukładu i nie narusza jego struktury [3].



Rys. 5. Cykl termiczny wtopienia ażuru z wyprowadzeniami w warstwę lutowia szklanego podstawki ceramicznej



Rys. 6. Cykl termiczny hermetyzacji układu

Wewnętrzne połączenia odpowiednich pól mikroukładu z końcówkami wewnętrznych wyprowadzeń wtopionego ażuru wykonuje się drutem aluminiowym lub złotym techniką lutowania ultrakompresyjnego. Po kontroli jakości połączeń podzespół gotowy jest do hermetyzacji. Następnie nakłada się od góry pokrytą lutowiem szklanym przykrywkę,

umieszcza w specjalnych szablonych, ze stali żaroodpornej, podnosi się dość szybko temperaturę do ok. 500°C. Po ok. 5 minutach układ zostaje hermetycznie zamknięty i dalsze przetrzymywanie w tej temperaturze powoduje krystalizację lutowia, a tym samym zwiększenie wytrzymałości mechanicznej powstałego złącza. Cykl termiczny hermetyzacji podano na rys. 6.

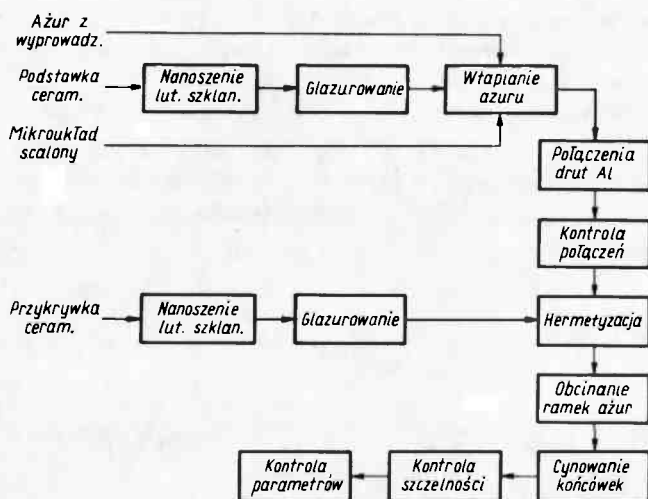
Po hermetyzacji mikroukład kontroluje się metodą pęcherzykową oraz przy użyciu helowego spektrometru masowego – na szczelność.

Opisana technologia pozwala tanio, z dużym uzyskiem hermetyzować mikroukłady scalone.

Podstawową zaletą omawianej obudowy jest dobre odprowadzenie ciepła na zewnątrz. Stosowany w tym przypadku sposób mocowania mikroukładu jest jednak stosunkowo drogi i średnio pochłania 40% kosztów obudowy [6].

### Obudowy wersji Cer-Dip z mikroukładem scalonym mocowanym na płytce ceramicznej przy pomocy lutowia szklanego

Schemat technologiczny produkcji omawianych obudów podany jest na rys. 7.



Rys. 7. Schemat technologiczny produkcji obudów Cer-Dip

Zasadnicza różnica tej wersji w porównaniu z wersją opisaną poprzednio polega na tym, że układ mocowany jest w obudowie przez wtopienie go w warstwę lutowia pokrywającego wgłębienie podstawki ceramicznej. Powierzchnia podstawki w tym przypadku pokryta jest całkowicie warstwą lutowia szklanego. Operacja mocowania mikroukładu następuje jednocześnie z wtopieniem ażuru z wyprowadzeniami w warstwę szkła pokrywającego podstawkę.

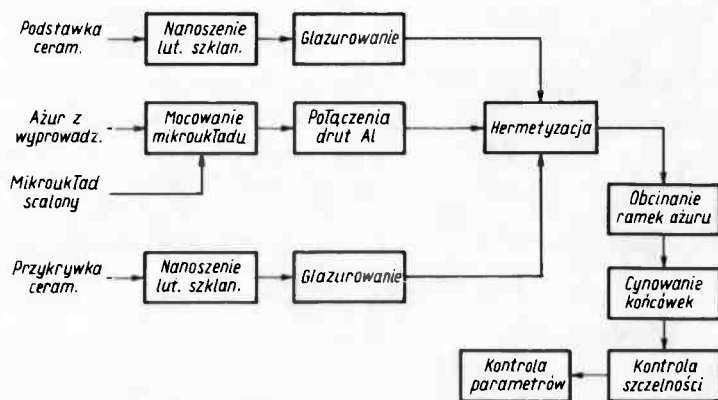
Podstawową zaletą omawianej wersji jest zmniejszona ilość operacji technologicznych oraz znacznie niższe koszty materiałowe w porównaniu do wersji poprzedniej. Wynika to z wyeliminowania drogiej pasty złotej w produkcji obudów opisywanej wersji. Pomimo swoich zalet ten typ obudowy posiada ograniczone zastosowanie. Wynika

to z niskiego przewodnictwa ciepłego lutownia szklanego mocującego mikroukład do podstawki ceramicznej. Z tego powodu w obudowach tych zaleca się hermetyzować mikroukłady o stosunkowo małych mocach.

Z powodu dużej różnicy współczynników rozszerzalności liniowej płytki krzemowej mikroukładu oraz stosowanego lutownia szklanego - ok.  $40 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  - technologia ta nadaje się do struktur o małych wymiarach.

### Obudowy wersji Cer-Dip z mikroukładem mocowanym na metalowej wysepce montażowej ażuru z wyprowadzeniami

Schemat technologiczny podany na rys. 8 obrazuje produkcję obudów omawianej wersji.



Rys. 8. Schemat technologiczny produkcji obudów Cer-Dip

Wersja ta znalazła duże zastosowanie z uwagi na znaczne zmniejszenie ilości operacji technologicznych, a zatem dalsze potanie kosztów produkcji.

Obudowa składa się, jak w dwóch poprzednich wersjach, z dwóch części ceramicznych oraz ażuru z wyprowadzeniami. Zasadnicza różnica występuje w konstrukcji ażuru, który zawiera dodatkowo sztywną wysepkę montażową. Do powierzchni jej mocowana jest płytka krzemowa mikroukładu. Technologię produkcji układów hermetyzowanych omawianą wersję obudowy możemy podzielić na trzy etapy:

- a/ nanoszenie lutownia szklanego na elementy ceramiczne i tzw. glazurowanie warstwy lutownia;
- b/ mocowanie mikroukładu na wysepce montażowej ażuru i wykonanie połączeń mikroukładu z wyprowadzeniami;
- c/ hermetyzacja mikroukładu scalonego.

Etap "a" odbywa się w sposób identyczny jak w przypadku procesu technologicznego obudowy z mikroukładem mocowanym na płytce ceramicznej stopem eutektycznym złoto-krzem.

Mocowanie mikroukładu na wysepce montażowej odbywa się metodą lutownia ultrakompresyjnego; stosuje się przy tym jako przekładkę folię lutowniczą AuSb<sub>0,5</sub>

lub inne odpowiednio dobrane lutowie. Po dokonaniu połączeń montażowych mikroukładu z końcówkami wyprowadzeń uzyskuje się metalowy podzespół gotowy do hermetyzacji.

Cykl termiczny hermetyzacji jest dłuższy w porównaniu z analogicznym opisanym poprzednio i wynosi ok. 15 min. Proces wymaga stosowania większych nacisków, co uzyskuje się poprzez odpowiednią konstrukcję szablonów stalowych. W szablonach tych umieszcza się obie części ceramiczne, przykrywkę i podstawkę pokryte warstwą lutowia szklanego, między którymi znajduje się ażur z umocowanym mikroukładem. Uzyskany pakiet zostaje ściskany w podwyższonej temperaturze. Następuje wtopienie wyprowadzeń w warstwy lutowia szklanego pokrywającego detale ceramiczne, z jednoczesnym połączeniem hermetycznym składowych części obudowy.

Dalsza krystalizacja lutowia polepsza własności mechaniczne utworzonego złącza. Proces ten, podobnie jak większość operacji temperaturowych w technologii Cer-Dip, z wyjątkiem "glazurowania" lutowia, prowadzi się w atmosferze gazów obojętnych, jak azot lub argon.

Obudowy tej wersji gorzej odprowadzają ciepło wydzielane podczas pracy mikroukładu niż obudowy z mikroukładem mocowanym stopem eutektycznym złoto-krzem. Wadą omawianej wersji jest większy w porównaniu do poprzednich odpad technologiczny, spowodowany występowaniem uszkodzeń połączeń montażowych wewnętrznych w trakcie hermetyzacji mikroukładów. Ograniczenie tego zjawiska uzyskuje się odpowiednim doбором kształtu ażuru z wyprowadzeniami, zapewniającym jego sztywność, taką aby w procesie formowania złącz nie następowały jednocześnie zbyt duże przemieszczenia wyprowadzeń.

## ZAKOŃCZENIE

Technologia Cer-Dip-hermetyzacji mikroukładów scalonych w trzech wariantach znajduje coraz to większe zastosowanie w produkcji obudów 14-, 16- i 24-wyprowadzeniowych. O jej powodzeniu decyduje prostota, duża wydajność i uniwersalność procesu oraz niskie koszty produkcji obudów.

### Literatura

1. Goldstein D.: A prototype assembly facility for Cer-Dip packaging. *Solid State Technology* - August 1972, s.33-40.
2. Ramsey T.H.: Use of differential thermal analysis in controlling behavior of solder-glass seals in ceramic packages. *Solid State Technology*. January 1972, s.29.
3. KeOhjjan E.: Mikroelektronika, podstawy teorii, projektowania i produkcji. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1963., s.354-59.
4. Corning Glass International S.A.: Katalog informacyjny.
5. Spezial Glass G.M.B.H.: Katalog informacyjny.
6. Corning Glass International S.A.: Materiały z naukowo-technicznego sympozjum - Ośrodek Postępu Technicznego NOT Warszawa 22-23.V.1973 r.