

Hermetyzacja układów hybrydowych na podłożach szklanych i szklano-krystalicznych

Hermetyzacja elementów elektronicznych jest procesem mającym na celu zabezpieczenie ich przed szkodliwym wpływem otoczenia. Zastosowanie tworzyw sztucznych o odpowiednich właściwościach umożliwia dorównanie właściwościom niemal wszystkich znanych wcześniej materiałów używanych do hermetyzacji, a ponadto elementy elektroniczne obudowane w tworzywach sztucznych są wielokrotnie tańsze od obudowanych w metalu lub ceramice. Znanych jest wiele metod hermetyzacji, jednak w ostatnich latach preferowana i najbardziej ekonomicznie uzasadniona jest hermetyzacja metodą prasowania przetłoczonego tłoczywami niskociśnieniowymi. Jest ona szczególnie korzystna przy produkcji masowej i wysoko zautomatyzowanej, używającej wielogniazdowych form.

Przy niezbyt długich seriach hermetyzuje się często elementy elektroniczne metodą zalewania, dogodną z tego względu, że występują wtedy duże możliwości wyboru kompozycji zalewowych o odpowiednich właściwościach. Inne metody hermetyzacji stosowane są na mniejszą skalę i to zwykle dla wąskich grup wyrobów.

PRACE PROWADZONE W ONPMP

W ostatnich latach przemysł telekomunikacyjny importował na swoje potrzeby znaczne ilości tłumików z krajów zachodnich. Zaistniała więc potrzeba podjęcia prac i badania możliwości hermetyzacji specyficznych elementów elektronicznych na podłożach szklanych i szklano-krystalicznych. Dotyczyło to tłumików wykonanych w postaci cienkowarstwowych układów hybrydowych, które przeznaczone są do dopasowania /regulacji/ poziomu mocy lub napięcia w systemach telekomunikacyjnych - automatycznych, elektronicznych central telefonicznych wytwarzanych na licencji francuskiej.

Tłumiki /produkowane w dwóch wersjach HRY 1083 i HRY 1144R/ są czwórnikami określonymi poprzez swoją charakterystyczną impedancję na wejściu i wyjściu, a także poprzez uzyskiwaną tłumienność 1 i 3 dB.

Jako podłoża stosowane są płytki szklane lub szklano-krystaliczne, przy czym obecnie produkuje się tłumiki prawie wyłącznie na podłożach szklano-krystalicznych /sital/. Stosowano płytki o wymiarach 7,5 x 6,5 oraz o grubości 0,8 - 0,9 mm w przypadku

płytek szklanych oraz 7,5 x 6,5 i grubości 0,5 - 0,6 mm w przypadku płytek szklano-kryształicznych.

Własności płytek podłożowych stosowanych do wytworzenia tłumików podano w tab.1.

T a b e l a 1

Własności płytek podłożowych

Własności	Płytki szklane	Płytki szklano-kryształiczne
Ciężar objętościowy, g/cm ³	2,8	2,58
Wytrzymałość na zginanie, kG/cm ²	7	17
Współczynnik rozszerzalności liniowej, 1/°C	4 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁶
Przewodnictwo cieplne, cm · cal / °C · cm ² · s	0,003	0,007
Oporność skrośna, Ω · cm	10 ¹⁴	10 ¹⁴
Przenikalność dielektryczna, 1 MHz	10	6,4
Wsp. stratności dielektrycznej tgδ , 1 MHz	5 · 10 ⁻³	21 · 10 ⁻³

Porównując budowę płytek z tworzyw szklano-kryształicznych z budową tworzyw ceramicznych można stwierdzić, że tekstura ceramiki jest niejednolita, spowodowana przez drobne wtrącenia gazowe lub defekty budowy kryształu. W tworzywach szklano-kryształicznych tekstura jest bardziej jednolita, gdyż mikrokryształy /1 μm/ spojone są cienką warstwą fazy szklistej - stąd tworzywa te można uważać za materiały o jednolitej budowie polikryształicznej [1]. Tworzywa szklano-kryształiczne wykazują wiele cennych własności, nie ustępując niekiedy tworzywom ceramicznym, a przewyższając własnościami znane szkła techniczne. Podłoża sitalowe wykazują porównywalne własności z ceramiką alundową w zakresie oporności skrośnej i współczynnika rozszerzalności liniowej, natomiast mają gorsze własności w zakresie wytrzymałości mechanicznej i przewodnictwa cieplnego. Właśnie te niskie wartości wytrzymałości mechanicznej i przewodnictwa cieplnego stanowiły największą trudność w dobraniu odpowiedniej metody hermetyzacji tłumików.

W celu dobrania optymalnych warunków hermetyzacji prowadzono w ONPMP badania w dwóch kierunkach. W pierwszym wariantcie wykorzystano obudowy o kształcie płaskich pudełek z tłoczywa epoksydowego, w których następnie hermetyzowano tłumiki odpowiednią kompozycją zalewową. W drugim wariantcie tłumiki były bezpośrednio zaprasowywane w formie przetłocznej metodą prasowania niskociśnieniowego. W metodzie tej należało dobrać optymalne wartości procesu i skurczu samego tłoczywa. Z jednej strony istniało niebezpieczeństwo uszkodzenia połączeń układu, a nawet samej płytki podłożowej / w przypadku zbyt dużego skurczu tworzywa/, z drugiej strony zbyt mały skurcz nie pozwalał na dokładne "obciśnięcie" układu, a co za tym idzie mogłaby wtedy wystąpić niecałkowita hermetyczność elementu. W obu wariantach /zalewanie i praso-

wanie/ wymagania dla poszczególnych typów tłumików i podłoży były jednakowe i zostały podane w tab. 2. /Są to wymagania jakimi powinny się charakteryzować tłumiki po procesie hermetyzacji - bez względu na zastosowaną metodę/.

Tabela 2

Wymagania dla zahermetyzowanych tłumików

Lp.	Oznaczenie parametru	Nazwa parametru	Wartości dopuszczalne	
			typ HRY 1083R	typ HRY 1144R
1	T_{max}	Maks. temp. pracy, °C	70	70
2	T_{min}	Min. temp. pracy, °C	-40	-40
3	V_m	Maks. napięcie pracy, V	10	20
4	F_m	Maks. częst. użytkowa, kHz	100	10
5	T_{stg}	Temp. przechowywania, °C	-40 ÷ +70	-40 ÷ +70

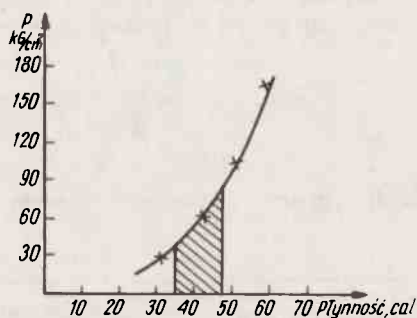
Wymagania te, jak również specyficzne podłoża, rzutowały na wybór materiałów do hermetyzacji zarówno metodą zalewania, jak również metodą prasowania przetłocznego. W obu przypadkach chodziło o dobranie materiału o odpowiednim skurczu liniowym i objętościowym ze względu na wytrzymałość mechaniczną podłoża. Analizując własności poszczególnych tworzyw, do prób wytypowano tworzywo silikonowe 306 /Dow Corning/, tłoczywo epoksydowe Polyset 521 /Morton Chemical Co./ oraz kompozycję zalewową EK-5. Tłoczywa DC-306 i Polyset 521 charakteryzują się niskim ciśnieniem prasowania, krótkim czasem utwardzania, niezbyt wysokim skurczem i dobrymi własnościami elektrycznymi [2]. Kompozycja EK-5 jest niskolepkościową kompozycją epoksydową o wysokiej czystości i małym skurczu [3].

Hermetyzacja metodą prasowania niskociśnieniowego wymagała dobrania takich parametrów, aby przy minimalnym ciśnieniu /ze względu na podłoża/ uzyskiwać możliwie dużą płynność tłoczywa /opory przepływu/. Jednocześnie ze względu na zastosowanie lutowni do łączenia wyprowadzeń /183°C/, nie można było regulować płynności temperaturą w wyższych jej zakresach.

Optymalną płynność tłoczywa stosowanego do hermetyzacji tłumików - mierzoną metodą "spiralii" - pokazuje rys.1.

Na podstawie wykonanych wielu prób ustalono, że do dalszych prac używane będzie tłoczywo DC 306 ze względu na łagodniejsze warunki przetwórstwa, jak również ze względu na mniejszą pracochłonność przy obróbce końcowej zahermetyzowanych tłumików /łatwość odchodzenia od formy/.

Ponieważ wykres płynności stanowi dość stromą krzywą, już w dolnych dopuszczalnych granicach ciśnienia przetłoku płynność jest zupełnie wystarczająca, aby tłoczywo "oblało"



Rys.1. Wykres zależności płynności od ciśnienia prasowania dla tłoczywa DC 306 w temperaturze 185°C /metoda "spirali"/

w formie cały układ.

Oczywiście ciśnienie panujące w gniazdach formy jest odpowiednio mniejsze w przeliczeniu na jednostkę powierzchni komory przetłoczonej [4]. Hermetyzację prowadzono na prasie firmy Daniels o stałej sile zamykającej 25 ton i ciśnieniu przetłocznym w zakresie 0 - 70 kg/cm² /w przeliczeniu na jednostkę powierzchni komory przetłoczonej/. Prasa ta jest wyposażona w dwie płyty grzejne, a zakres osiąganych temperatur waha się w granicach 120 - 220°C.

Stabletkowane i wstępnie podgrzane tłoczywo DC 306 przetwarzane było na prasie w temperaturze bliskiej temperatury topnienia lutowia. W warunkach tych udało się uzyskać dobrą płynność tłoczywa, a jednocześnie skrócić czas przebywania układu cienko-warstwowego w wysokiej temperaturze do 2,5 min.

Najważniejszym momentem w procesie hermetyzacji układów hybrydowych na podłożu szklano-kryształicznym było stwierdzenie, czy zahermetyzowany układ nie ulega wewnętrznemu uszkodzeniu, a głównie czy płytki podłożowe wytrzymują skoki temperatury i ciśnienie przetłoku. Wykładnikiem tego były przeprowadzone badania elektryczne i klimatyczne /wykonane w komorze przez 21 dób/, których pozytywne wyniki wskazywały na dużą efektywność hermetyzacji.

Pozytywne wyniki badań nie wykluczały jednak możliwości mikropęknięć w podłożu szklano-kryształicznym, które nie powodowały zerwania połączeń cienko-warstwowch. Ponieważ problem uszkodzeń mechanicznych przy hermetyzacji przetłoczonej występuje prawie we wszystkich typach hermetyzowanych układów, celem pracy było sprawdzenie elementu już zaprasowanego metodą wizualną.

Jak wiadomo, tłoczywa epoksydowe i silikonowe po procesie obróbki cieplnej są nierozpuszczalne w normalnych warunkach w znanych ogólnie rozpuszczalnikach, a uszkodzenie mechaniczne obudowy powoduje zawsze jednoczesne uszkodzenie elementu hermetyzowanego.

Ponieważ badania rentgenowskie nie dawały zadowalających wyników /obraz mało czytelny ze względu na tło wypełniaczy zawartych w tłoczywie/, zachodziła konieczność przeprowadzenia prób rozpuszczenia obudowy z tłoczywa. Badania prowadzone były z rozpuszczalnikiem zagranicznym Panasolve plus /Panacol LTD/ jak również z różnymi mieszankami rozpuszczalników krajowych. Najlepsze wyniki osiągnięto z mieszaniną dwumetyloformamidu z chlorkiem metylenu. Zahermetyzowany układ poddawano

działaniu rozpuszczalnika w temperaturze wrzenia /pod chłodnicą zwrotną/ przez okres kilku godzin. Następnie pozostawiono układ w tej samej mieszaninie przez okres paru dni. Po tym czasie, w bardzo prosty sposób i łatwo obudowa odchodziła od podłoża.

Badania te wykazały, że podłoża elementu hermetyzowanego nie miały mikropęknięć i szczelin, niewidocznych nawet przy dość dużym powiększeniu, tak w przypadku płytek szklanych jak i sitalowych. Dzięki wykazaniu braku uszkodzeń mechanicznych w meto- dzie zaprasowania przetłocznego, metoda ta - ze względu na swoje zalety - stała się dominującą w procesie hermetyzacji tłumików.

Ponieważ wszystkie inne badane parametry wykazały zgodność z warunkami na tłumiki - - po wykonaniu badań wizualnych i upewnieniu się, że podłoża nie mają mikropęknięć uznano, że metoda hermetyzacji tłumików tłoczywami niskociśnieniowymi może zostać wdrożona do produkcji.

WNIOSKI

Prace prowadzone w Zakładzie Tworzyw Sztucznych ONPMP wykazały całkowitą przydatność prasowania przetłocznego do hermetyzacji cienkowarstwowych układów hybrydowych na podłożach szklanych i szklano-kryształicznych, co potwierdziły dotych- czas nie stosowane badania rozpuszczalnikowe.

Hermetyczność układów w stosunku do stawianych wymagań była dobra, na co wska- zwały badania klimatyczne i elektryczne.

Badania tłumików potwierdziły zgodność wymagań wg tab.2. Przebadane płytki pod- łożowe po usunięciu warstwy tłoczywa wykazały, że płytki nie ulegają żadnym uszko- dzeniom.

Na podstawie tych prac wykonanych w ONPMP i PIE uznano, że można podjąć pro- dukcję wielkoseryjną tłumików w Dolnośląskich Zakładach Elektronicznych "Dolam" we Wrocławiu.

Literatura

1. Gołajewski Z.: Tworzywa szklano-kryształiczne na płytki podłożowe do układów mikroelektronicznych, *Materiały Elektroniczne*, 5.1974
2. Nowacki J., Narożniak M.: Niskociśnieniowe tłoczywo epoksydowe NE-4, *Materiały Elektroniczne*, 3/11/.1975
3. Nowacki J., Narożniak M.: Nowa kompozycja zalewowa do elementów mikroelektronicznych, *Materiały Elektroniczne*, 5.1974
4. Materiały firmy Dow Corning 1976
5. Nowacki J., Narożniak M.: Technologia hermetyzacji tłumików tworzywami sztucznymi, *Sprawozdanie ONPMP 1976 r.*