

METALIZACJA DWUPOZIOMOWA W MONOLITYCZNYM MIKROFALOWYM UKŁADZIE SCALONYM

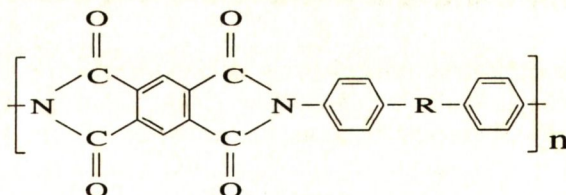
Łukasiewicz Teresa

Przedstawiono metodę wykonania metalizacji dwupoziomowej w układach scalonych na GaAs. Opisano skrzyżowanie dwóch poziomów metalizacji z warstwą złota o grubości 0,58 μm i warstwą aluminium o grubości 1,1 μm . Jako izolację międzywarstwową zastosowano warstwę poliamidu o grubości 0,88 - 1,1 μm . Otrzymano dobre skrzyżowania metalizacji dwupoziomowej.

WSTĘP

W niektórych konstrukcjach przyrządów cienkowarstwowych wymagane jest skrzyżowanie ścieżek dwóch poziomów metalizacji w strukturach wielowarstwowych.

Krzyżujące się poziomy metalizacji powinny być całkowicie odizolowane od siebie. W ITME zaistniała potrzeba otrzymania skrzyżowania dwóch poziomów metalizacji w strukturach na podłożu GaAs, co skłoniło do podjęcia pracy mającej na celu uzyskanie takiego skrzyżowania z zastosowaniem poliimidu jako izolatora. Poliimidy są to spolimeryzowane imidy cykliczne o bardzo korzystnych właściwościach izolacyjnych. Poliimidy otrzymuje się w wyniku reakcji polikondensacji bezwodników lub kwasów tetrakarboksylowych i diamin. Reakcja przebiega w podwyższonej temperaturze w obecności dodatków odwadniających. W pierwszej fazie powstają poliamidokwasy, które ogrzewane do temperatury 200°C tracą wodę i ulegają cyklizacji do poliimidów o wzorze:



¹⁾ Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych
ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

gdzie jako R może być podstawione CH_2 , O, S.

Poliimidy są polimerami termostabilnymi, nie rozpuszczającymi się i nie pęczniejącymi w większości rozpuszczalników organicznych, posiadają bardzo dobre własności izolacyjne, znalazły więc zastosowanie w elektronice jako warstwy izolujące i zabezpieczające.

Stosowane w praktyce poliimidy rozpuszczone w n-metylopyrolidonie i cyklopentanonie posiadają różny stopień polimeryzacji (niecałkowita imidyzacja). Po uformowaniu cienkich lub grubych warstw są one ostatecznie polimeryzowane temperaturowo.

Istnieją dwa rodzaje preparatów poliimidowych: zwykłe i światłoczułe. Warstwy preparatów poliimidowych zwykłych mogą być kształtowane fotolitograficznie poprzez fotorezysty. Preparaty poliimidowe światłoczułe kształtowane są bezpośrednio, gdyż zachowują się one jak fotorezyst negatywowy.

OPIS DOŚWIADCZEŃ

Zastosowano światłoczułą żywicę poliimidową firmy Merck o nazwie handlowej SELECTILUX HTR-3. Jest to prepolimer poli [N,N(4,4, oksydwufenyleno) pyromellitimidu] z dodatkiem odpowiednich związków światłoczułych w zakresie 350-400 nm (maximum światłoczułości 400 nm).

Selectilux HTR-3 zachowuje się jak fotorezyst negatywowy - po otrzymaniu odpowiedniej dawki energii świetlnej następuje proces częściowego usieciowienia jego - tak, że staje się nierozpuszczalny w cyklopentanonie, który jest wywoływaczem.

Po naświetleniu i wywołaniu, czyli po uzyskaniu potrzebnej geometrii warstwy, prepolimer jest przekształcony w poliimid - poli [NN (4,4 oksydwufenyleno)pyromellitimid] w temperaturze 250°C. W trakcie termicznej polimeryzacji następuje kontrakcja objętości o około 40-55% zależnie od sposobu postępowania z warstwą w trakcie jej kształtowania.

Utwardzony poliimid firmy Merck wg katalogu posiada następujące własności elektryczne:

- | | |
|------------------------------|------------------------|
| - tangens kąta stratności | 0,003-0,007 przy 1 kHz |
| - wytrzymałość dielektryczna | 10^6 V/cm |
| - stała dielektryczna | 3,5 przy 1 kHz |
| - oporność objętościowa | 10^{16} Ωcm. |

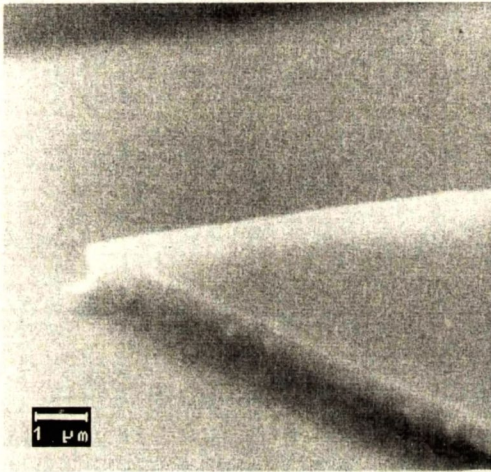
W ITME, pracę rozpoczęto od oceny przydatności warstwy poliimidu jako przedkładki izolacyjnej przy skrzyżowaniu dwóch poziomów metalizacji. Poliimid charakteryzuje się dużym kątem zwilżania różnych powierzchni podłoża, a wszelkie spadki jego adhezji powodują podcięcie krawędzi warstwy przy podłożu, co w konsekwencji może spowodować nieciągłość drugiej warstwy metalizacji.

W przypadku podłoża GaAs i metalizacji złotem dostarczany przez firmę Merck promotor adhezji dawał mierne wyniki i został zastąpiony przez heksametylenodwu-

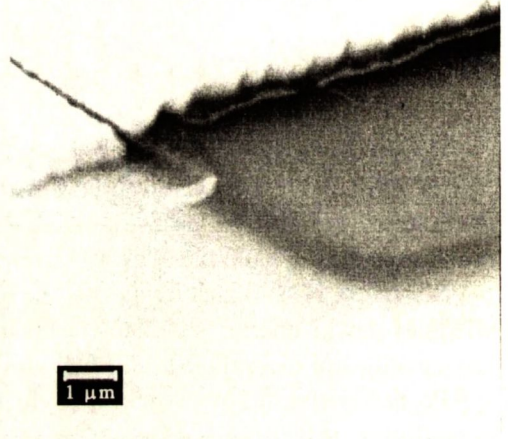
silazan-HMDS nakładany w 160°C z fazy pary.

Przyjęto założenie, że grubość przekładki izolacyjnej będzie wynosić 1 μm . Otrzymano więc takie warstwy i poddano metalizacji złotem o grubości 0,4 μm . Obserwacje mikroskopowe i pomiary elektryczne wykazały, że wykonana standardowo warstwa poliimidu daje niekorzystny dla drugiego poziomu metalizacji kształt krawędzi. Warstwy poliimidu były podcięte na 1/4 - 1/5 wysokości Rys. 1a i wskutek tego powstawały przy krawędzi przerwy metalizacji i przecienienia warstwy metalu Rys. 1b i 1c. Zaobserwowano niezbyt dobre przyleganie metalu do ściany bocznej izolacji.

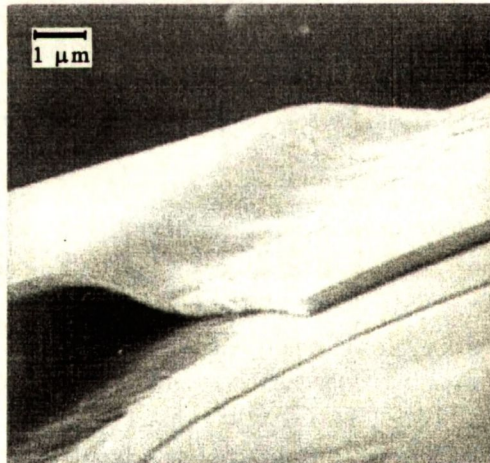
Widoczne jest, że idealnym rozwiązaniem dla dobrego skrzyżowania dwóch poziomów metalizacji byłaby pochyła ściana boczna warstwy poliimidu, która mogłaby za-



a)

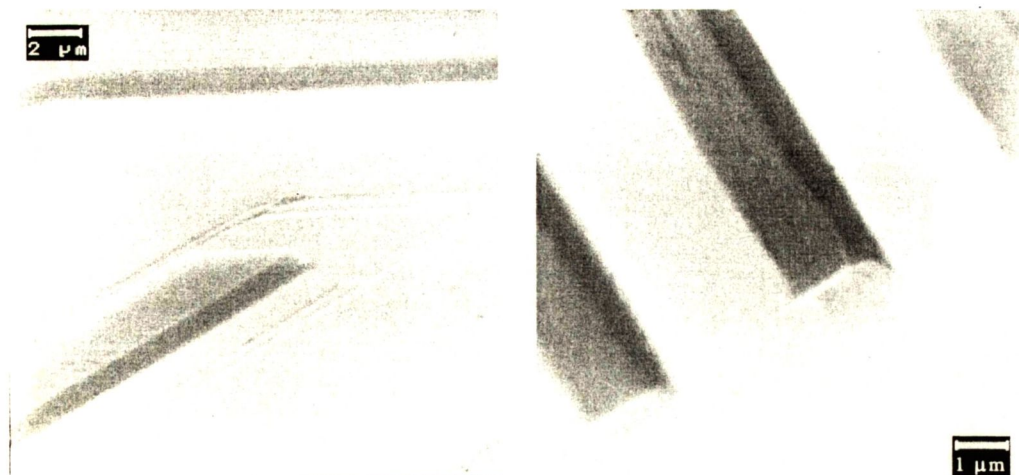


b)

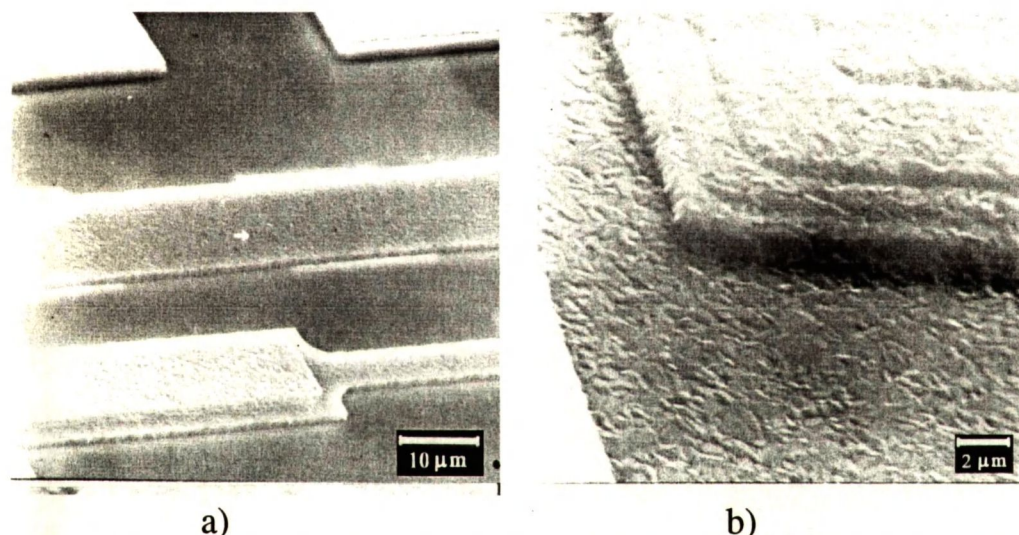


c)

Rys. 1. SEM - ściana boczna warstwy poliimidu i układanie się warstwy metalizacji: a) podcięcie krawędzi bocznej, b) przerwa w metalizacji powstała wskutek podcięcia, c) przecienienie warstwy metalu.



Rys. 2. SEM - zmodyfikowane ściany boczne warstwy poliimidu.

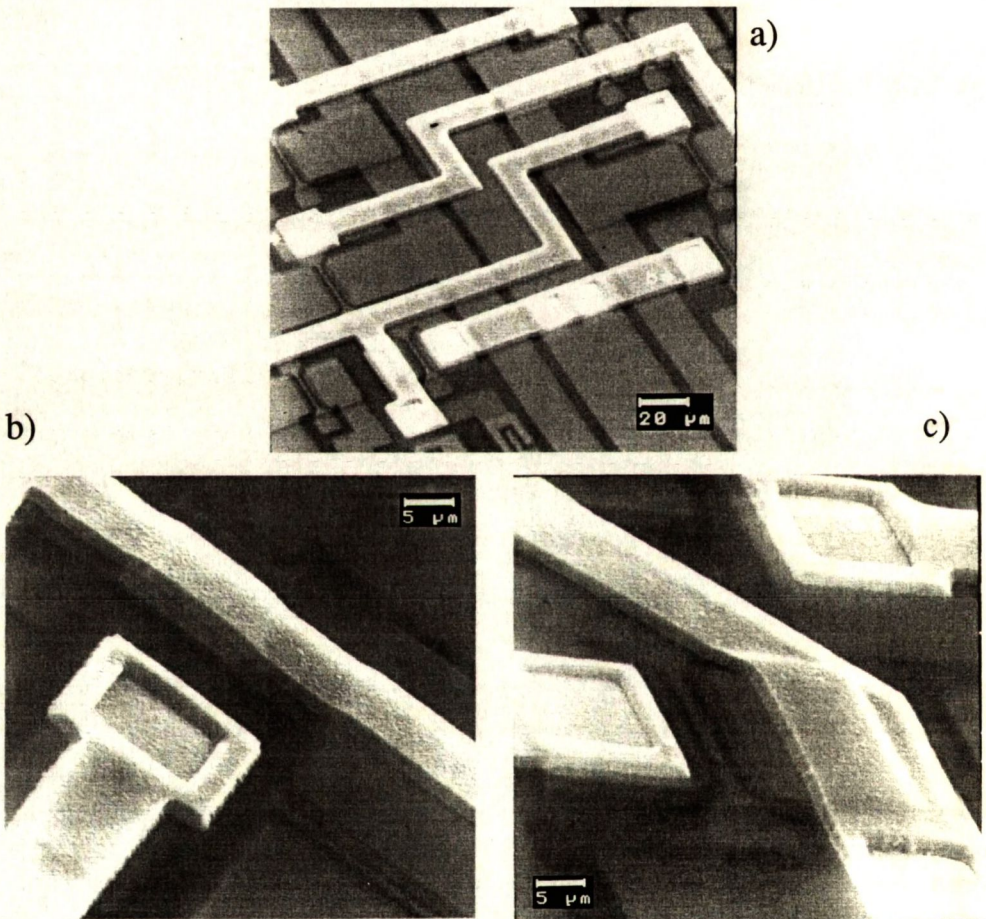


Rys.3. SEM - zejście metalizacji z pojedynczej warstwy poliimidu o grubości 1,1 μm (a) i ze składki o grubości 1,76 μm (b).

pewnić ciągłość metalizacji schodzącej z warstwy izolacyjnej. Jednak otrzymanie takiej ściany bocznej nie jest łatwe w żywicy negatywowej, w której w procesie naświetlania górna część warstwy pobiera więcej energii świetlnej niż dolna. Otrzymano bardziej korzystne nachylenie ściany bocznej przez odpowiednie zwiększenie ilości energii świetlnej, a także przez dodatkowe wygrzewanie warstwy po naświetleniu, a przed wywołaniem. Wprowadzono też kilkustopniowe utwardzanie warstwy, co skutecznie utrudniło niekorzystne jej obkurczanie. Zmienione ściany boczne przedstawiono na Rys.2.

Na ukształtowaną warstwę poliimidu o grubości $\sim 1 \mu\text{m}$ nałożono metalizację aluminiową o grubości $1.1 \mu\text{m}$. Następnie wykonano metalizację aluminiową o grubości $1,1 \mu\text{m}$. Okazało się, że metalizacja zachowuje ciągłość przy zejściu z pojedynczej warstwy izolacji o grubości $1,1 \mu\text{m}$ (Rys.3a), a także przy zejściu ze składki złożonej z masy, dwóch warstw metalizacji i jednej izolacyjnej o łącznej grubości $1,76 \mu\text{m}$ (Rys.3b).

Ustalono parametry technologiczne otrzymywania warstw poliimidu o grubości $1,0 - 1,2 \mu\text{m}$, a następnie warstwy te użyto jako izolację przy wykonaniu skrzyżowań dwóch poziomów metalizacji w dwóch układach scalonych na podłożu GaAs. Topografia tych przyrządów jest taka, że wysokość masy wynosi 800 \AA , metalizacja kontaktu omowego 1800 \AA , metalizacja bramkowa 4000 \AA . Te dwie metalizacje



Rys. 4. SEM - skrzyżowania metalizacji dwupoziomowej: a) widok ogólny, b) ciągłość metalizacji przy zejściu z masy, c) ciągłość metalizacji przy zejściu z masy, podwójnej metalizacji i przekładki poliimidowej.

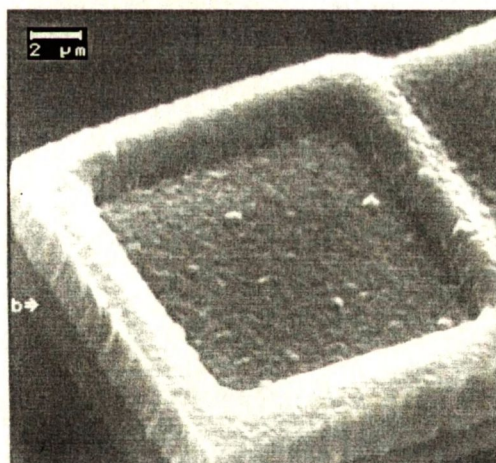
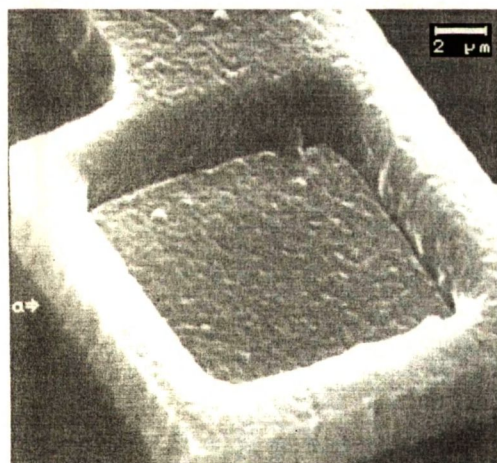
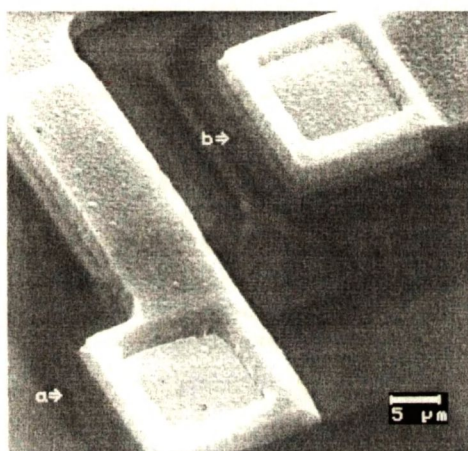
stanowią pierwszy poziom skrzyżowania. Zastosowana izolacja poliimidowa miała grubość 0,88 - 1,14 μm . Należy zaznaczyć, że poliimid ma własności planaryzujące i jego warstwa układa się tak, że na mesie i leżących na niej warstwach metalizacji miał on grubość mniejszą niż na samym podłożu. Grubość izolacji na mesie waha się od 0,88 do 0,91 μm , a na podłożu 1,13 - 1,14 μm .

Jako drugi poziom metalizacji służyła warstwa Al o grubości 1,1 μm , kształtowana przez mokre trawienie chemiczne.

Otrzymano dobre skrzyżowania metalizacji dwupoziomowej, przedstawione na Rys. 4.

Można zaobserwować, że metalizacja drugiego poziomu zachowuje ciągłość i łagodnie schodzi z mesy, metalizacji pierwszego poziomu i przekładki izolacyjnej.

Połączenie pierwszego i drugiego poziomu metalizacji wykonano tak, by drugi poziom pokrywał brzegową część kwadratu pierwszego poziomu.



Rys. 5. SEM - połączenie pierwszego i drugiego poziomu metalizacji: a) - na podłożu, b) - na mesie.

Na Rys. 5 widać, że metalizacja drugiego poziomu zachowuje dobrą ciągłość przy zejściu do pierwszego poziomu metalizacji zarówno na mesie jak i na podłożu.

PODZIĘKOWANIE

Autorka dziękuje mgr Marcie Pawłowskiej za przygotowanie fotografii.

PODSUMOWANIE

Przedstawione w niniejszej pracy skrzyżowania poziomów metalizacji z izolacją poliimidową znalazły zastosowanie w opracowanych w ITME układach scalonych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Pielichowski J., Puszyński A.: Technologia tworzyw sztucznych. W-wa: WNT 1992
- [2] Rothman L.B.: Properties of thin polyimide films. J.Electrochem. Soc. 127, 1980, 2216
- [3] Materiały informacyjne firmy E. Merck-Merck Electronic Chemicals
- [4] Materiały informacyjne firmy Ciba-Geigy - Microelectronic Materials
- [5] Masiulanis B., Falkowski C., Paszkiewicz R.: Badania nad syntezą i zastosowaniem światoczułych poli (uretanoimidów) w elektronice. Materiały ze zjazdu S.I.T.P.Chem., wrzesień 1993 r. Toruń
- [6] Mittal K.L.: Polyimides. New York: Plenum Press 1984

SUMMARY

TWO-LAYER METALLIZATION FOR MONOLITIC MICROWAVE SOLID STATE STRUCTURES

Technology of two metal layers for producing GaAs structures is demonstrated. Crossing of two metal layers: 0,58 μm gold layer and 1,1 μm aluminium layer with polyimide insulator between layers has built. Metal films crossing with polyimide insulator are good.

СОДЕРЖАНИЕ

ДВУХУРОВНЕВАЯ МЕТАЛЛИЗАЦИЯ В МОНОЛИТИЧЕСКОЙ МИКРОВОЛНОВОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЕ

Представлен метод двухуровневой металлизации в интегральных схемах на основе GaAs. Описано пересечение двух уровней металлизации - плёнки золота толщиной 0,58 μm и плёнки алюминия толщиной 1,1 μm . В качестве изоляции между плёнками использовался слой полиамида толщиной 0,88 - 1,14 μm . Получено хорошее пересечение металлических слоёв.