



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

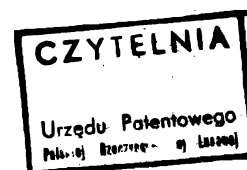
Zgłoszono: 27.03.79 (P. 214455)

Pierwszeństwo _____

Zgłoszenie ogłoszono: 15.12.80

Opis patentowy opublikowano: 25.07.1983

Int. Cl.³
G01R 31/26



Twórca wynalazku: Janusz Gulczyński

Uprawniony z patentu: Politechnika Gdańska, Gdańsk (Polska)

Sposób pomiaru rezystancji termicznej monopolitycznych półprzewodników układów scalonych

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru rezystancji termicznej monopolitycznych półprzewodnikowych układów scalonych.

Pomiar rezystancji termicznej R_{th} polega na pomiarze przyrostu temperatury ΔT określonego obszaru aktywnego przyrządu półprzewodnikowego spowodowanego przyłożeniem lub wydzielaniem w tym obszarze znanej mocy P_o . Rezystancja termiczna może być wtedy obliczona z zależności:

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{P_o}$$

Istotną trudność tego pomiaru w przypadku mikroukładów półprzewodnikowych polega na niemożliwości bezpośredniego pomiaru przyrostu temperatury przy pomocy termometru zewnętrznego — stykowego. Ograniczenie to wynika z powodu braku dostępu do często hermetycznie zamkniętego elementu półprzewodnikowego oraz z powodu małych wymiarów mierzonego obszaru. Z tych przyczyn przy pomiarach zmian temperatury w przyrządach półprzewodnikowych, wykorzystuje się naturalne właściwości tych przyrządów polegające na uzależnieniu parametrów elektrycznych od temperatury.

Z wielu względów parametrem termoczułym jest zazwyczaj wybrane napięcie diody złączowej spolaryzowanej stałym prądem w kierunku przewodzenia. Parametr ten jest wykorzystywany zarówno przy pomiarze rezystancji termicznej półprzewodnikowych elementów indywidualnych, jak rów-

2

nież przy pomiarach układów scalonych. W tym ostatnim przypadku często uniemożliwia pomiar brak bezpośredniego elektrycznego dostępu do jakiegokolwiek pojedynczej diody umieszczonej wewnątrz układu scalonego. Producenci układów scalonych problem ten rozwiązują w prosty sposób — wytwarzają specjalnie osobną diodę na płytce półprzewodnika i zaopatrują ją w elektryczne odprowadzenie. Umożliwia to oczywiście pomiar przyrostu temperatury płytki półprzewodnikowej, a tym samym pomiar rezystancji termicznej według wyżej podanej zależności.

Niezależnie od podanego sposobu pomiaru temperatury powierzchni półprzewodnika, stosowane są metody termograficzne bezstykowe. Oparte są one w zasadzie o pomiary za pośrednictwem mikroskopu podczerwieni.

Zasadniczą wadą stosowanych dotychczas rozwiązań jest konieczność wytworzenia w płytce półprzewodnikowej specjalnego złącza p-n dla celów pomiaru temperatury płytki oraz mała uniwersalność znanych sposobów, gdyż przy braku specjalnego złącza p-n, a także niemożliwości wykorzystania dla celów pomiarowych temperatury, złącz będących integralną częścią układu scalonego, nie istnieje w ogóle możliwość pomiaru rezystancji cieplnej gotowego wyrobu.

W przeważającej większości współcześnie produkowanych układów scalonych nie istnieje możliwość pomiaru rezystancji termicznej z podanych

wyżej przyczyn. Rezygnuje się wobec tego z pomiaru rezystancji termicznej, a wartość jej szacuje się na podstawie podobieństwa cech konstrukcyjnych i technologicznych do innych układów, w których pomiar taki może być wykonany. Czasem, w pewnej ilości egzemplarzy specjalnie wykonuje się dodatkowe wyprowadzenie, aby dokonać pomiarów termicznych próbką statystycznej z produkowanej serii.

Przedstawione wyżej sposoby pomiaru nie pozwalają zatem na pomiar rezystancji termicznej dowolnie wybranego układu scalonego, gdyż w większości przypadków zachodzi potrzeba specjalnego przygotowania układu do pomiaru.

Rozwiązanie w postaci pomiarów temperatury przy pomocy mikroskopu podczerwieni ma istotną wadę, polegającą na tym, iż układ mierzony nie może być zamknięty całkowicie w swojej obudowie. Powierzchnia aktywna płytki półprzewodnikowej musi być całkowicie dostępna dla obiektywu mikroskopu. Pomiar zatem nie może być wykonany w warunkach identycznych w jakich układ jest eksploatowany, a tym samym z praktycznego punktu widzenia obarczony jest znacznym błędem.

Istota sposobu według wynalazku polega na wykorzystaniu właściwości diody podłożowej, spolaryzowanej w kierunku przewodzenia. Do diody podłożowej utworzonej z warstwy podłożowej oraz obszaru dowolnego kolektora tranzystora, stanowiącego element badanego układu scalonego, posiadającego bezpośrednie wyprowadzenie elektryczne, przykładają się napięcie o polaryzacji zapewniającej przewodzenie diody podłożowej pochodzące z generatora prądowego o małej wydajności prądowej i dokonuje się kalibracji termicznej tej diody. Następnie do mierzonego układu scalonego doprowadza się w sposób ciągły lub w postaci impulsu o zadanym czasie trwania, poprzez dostępne wyprowadzenie elektryczne moc elektryczną P_o podgrzewającą obszary przyłączowe układu scalonego do temperatury T_{jmax} po czym temperaturę tę mierzy się poprzez wykorzystanie zmian napięcia uprzednio wykalibrowanej termicznie diody podłożowej. Następnie dokonuje się obliczenia wiel-

kości rezystancji termicznej $R_{th} = \frac{\Delta T}{P_o}$, gdzie $\Delta T = T_{jmax} - T_o$, przy czym T_o stanowi temperaturę obudowy. Obliczeń tych dokonuje się dla dowolnie ustalonej sekwencji czasowej zasilania układu scalonego umożliwiającej pomiar rezystancji termicznej statycznej lub przejściowej a także poprzez zmianę miejsca dołączenia generatora pomiarowego pozwalającego na pomiar temperatury w kilku miejscach powierzchni układu scalonego.

W odróżnieniu od innych sposobów pomiaru rezystancji termicznej główną zaletą sposobu opisanego wyżej jest jego uniwersalność. Jak pokazuje doświadczenie opisanym sposobem można dokonać pomiaru rezystancji termicznej praktycznie każdego półprzewodnikowego obwodu scalonego. Wniosek ten oparty jest o fakt, że zawsze istnieje elektryczne wyprowadzenie obszaru podłoża jak też wyprowadzenie co najmniej jednego kolektora.

Opisana metoda pozwala na pomiar temperatury maksymalnej w różnych miejscach powierzchni

półprzewodnika, przy tym samym sposobie dostarczania mocy P_o . Metoda pozwala w pewnym sensie na pomiar „rozkładu temperatury” na powierzchni kryształu pp dla stałych warunków zasilania układu.

Nie zmieniając miejsca dołączenia generatora prądu pomiarowego I_p , sposób według wynalazku umożliwia pomiar temperatury maksymalnej w wybranym obszarze lub rezystancji termicznej w funkcji różnych warunków zasilania układu scalonego. Chodzi tu zarówno o zmianę bezwzględnej wartości mocy czynnej P_o , stosunku I_o do U_o , jak też zmianę sekwencji czasowych zasilania, tzn. stosunku czasu włączenia mocy P_o do czasu wyłączenia. Te ostatnie zmiany pozwalają na pomiary tak zwanej przejściowej rezystancji termicznej.

Przedmiot wynalazku jest bliżej objaśniony na podstawie rysunku, który przedstawia schemat blokowy układu.

Jak wynika ze wzoru: $R_{th} = \frac{\Delta T}{P_o}$ dla dokonania pomiaru rezystancji termicznej R_{th} należy dokonać pomiaru przyrostu temperatury ΔT tego obszaru półprzewodnika w którym następuje wydzielenie znanej mocy elektrycznej P_o , przy czym $\Delta T = T_{jmax} - T_o$, gdzie T_o oznacza temperaturę obudowy a T_{jmax} maksymalną temperaturę półprzewodnika ogrzewanego mocą P_o .

W celu pomiaru temperatury T_{jmax} wykorzystuje się właściwości diody podłożowej spolaryzowanej w kierunku przewodzenia.

Typową cechą układów scalonych półprzewodnikowych jest izolowanie obszarów aktywnych układu od podłoża za pośrednictwem spolaryzowanych wstecznie złącz p-n. Taka polaryzacja ma miejsce w przypadku normalnych warunków pracy układu.

W sposobie według wynalazku do układu scalonego przykładają się do odpowiednio wybranych doprowadzeń napięcie spolaryzowane odwrotnie i uzyskuje się przewodzenie diody podłożowej. Polaryzacji takiej dokonuje się za pośrednictwem generatora prądowego o odpowiednio małej wydajności prądowej i ze zmian napięcia polaryzacji odczytuje się po wykalibrowaniu temperaturę złącza tej diody.

Opisany sposób można zatem wykorzystać w tych układach scalonych gdzie istnieją naturalne funkcjonalne wyprowadzenia elektryczne z podłoża i z warstwy tworzącej z podłożem złącze p-n. Przykładem takiej warstwy w układzie scalonym są obszary kolektora, z których przynajmniej jeden posiada wyprowadzenie elektryczne.

Zasadę pomiaru ilustruje rysunek. Mierzony układ scalony 1 znajduje się w termostacie 2 zapewniającym stałą temperaturę jego obudowy T_o . Do odpowiednich wyprowadzeń mierzonego układu scalonego 1 dołączony jest generator prądu pomiarowego 3 poprzez klucz K1 i zasilacz mocy grzejnej 4 poprzez klucz K2. Układ zasilany jest zgodnie z wymaganiami elektrycznymi właściwymi dla mierzonego typu układu scalonego.

Pomiar odbywa się według następującej kolejności. Najpierw dokonuje się kalibracji termicznej złącza kolektor-podłoże, w celu uzyskania zależ-

ności: $U_p = U_D = f(T)_{I_p = \text{const}}$; gdzie U_D — oznacza napięcie panujące na diodzie podłożowej spolaryzowanej w kierunku przewodzenia stałym prądem o wartości $I_p = \text{const}$. Kalibracji tej dokonuje się przy zamkniętym kluczu **K1** i otwartym kluczu **K2**, poprzez powolną zmianę temperatury obudowy układu scalonego. Następnie ogrzewa się układ scalony — poprzez doprowadzenie mocy P_o o odpowiednich parametrach. Otwarty wtedy jest klucz **K1** a zamknięty **K2**. W tym okresie następuje ogrzewanie układu scalonego do temperatury wynikającej z zależności $R_{th} = \frac{\Delta T}{P_o}$. Obudowa znajduje się w temperaturze T_o .

W kolejnym etapie następuje szybkie przełączenie kluczy: otwarcie klucza **K2** i zamknięcie klucza **K1** i odczytanie napięcia pomiarowego U_p a tym samym temperatury złącza podłożowego układu scalonego wywołanego ogrzewaniem mocą P_o . Odczytanie wartości mocy P_o , temperatury obudowy T_o , a także zmierzonej podaną metodą temperatury złącza T_{jmax} pozwala obliczyć ΔT a tym samym wartość rezystancji termicznej R_{th} .

Opisany cykl pomiarowy może być powtarzany w różnych sekwencjach czasowych umożliwiając zarówno pomiar statycznej rezystancji termicznej jak też i przejściowej rezystancji termicznej. Ogólną cechą sposobu według wynalazku jest to, że czas przełączenia kluczy **K1** i **K2** w etapie po-

miarowym, w którym dokonuje się odczytania temperatury złącza podłożowego musi nastąpić szybciej niż wynosi najmniejsza termiczna stała czasowa mierzonego układu.

Zastrzeżenie patentowe

Sposób pomiaru rezystancji termicznej monolitycznych półprzewodnikowych układów scalonych, którą wyznacza się ze stosunku przyrostu temperatury ΔT określonego obszaru aktywnego układu półprzewodnikowego spowodowanego przyłożeniem lub wydzielaniem w tym obszarze znanej mocy P_o do wielkości tej mocy P_o , **znamienny tym**, że do pomiaru przyrostu temperatury ΔT wykorzystuje się właściwości diody podłożowej stanowiącej obszar kolektora dowolnie wybranego tranzystora badanego układu, przy czym diodę podłożową polaryzuje się w kierunku przewodzenia generatorem prądowym o małej wydajności prądowej i dokonuje się kalibracji termicznej tej diody a następnie do mierzonego układu scalonego doprowadza się w sposób ciągły lub w postaci impulsów o zadanym czasie trwania, poprzez dostępne wyprowadzenie elektryczne, moc elektryczną P_o ogrzewającą obszary przyłączeniowe badanego układu do temperatury T_{jmax} , po czym wylacza się moc ogrzewającą P_o i mierzy się temperaturę T_{jmax} poprzez wykorzystanie zmian napięcia uprzednio wykalibrowanej diody podłożowej.

