



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

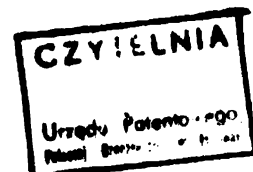
Zgłoszono: 06.12.78 (P. 211516)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 28.07.80

Opis patentowy opublikowano: 15.12.1983

Int. Cl.³ G01R 31/26



Twórcy wynalazku: Czesław Szypowski, Jan Staśkiewicz

Uprawniony z patentu: Wyższa Szkoła Inżynierska, Koszalin (Polska)

Przyrząd do określania znaku nośników ładunku w materiałach półprzewodnikowych

1

Przedmiotem wynalazku jest przyrząd do określania znaku nośników ładunku w materiałach półprzewodnikowych, służący do określania własności elektrofizycznych tych materiałów.

Znak nośników ładunku określa się na podstawie pomiarów zjawisk Halla lub na podstawie pomiaru znaku termo-SEM Seebecka. Znanie są rozwiązania konstrukcyjne przyrządów do określania znaku nośników ładunku w materiałach półprzewodnikowych, pracujące na zasadzie wykorzystania do tego celu zjawiska Seebecka — Z Sołtys, E. Stolarski „Przyrząd do określania typu przewodnictwa półprzewodników”. Arch. Elektrot. 15,2,1966, I. Wójcik „Przyrząd do określania typu przewodności materiałów półprzewodnikowych”, Prace ITE, W-wa 1972. Przyrządy te posiadają duże gabaryty utrudniające posługiwanie się nimi bezpośrednio na stanowiskach technologicznych. O wymiarach tych przyrządów w dużym stopniu decydują użyte do ich konstrukcji czułe galvanometry o znacznych gabarytach.

Określenie znaku nośników w półprzewodniku metodą badania znaku termo-SEM, przeprowadza się dotykając do powierzchni półprzewodnika sondą metalową ogrzewaną od temperatury 50°C do 70°C.

W pewnym oddaleniu od ogrzanej sondy znajduje się mająca kontakt elektryczny z półprzewodnikiem, druga sonda lub styk niepunktowy posiadający temperaturę otoczenia. Powstająca siła ter-

2

moelektryczna jest mierzona przez podłączenie obu sond do galvanometru lub uczulającego wzmacniacza pomiarowego. Nośniki ładunku w badanym materiale uzyskują w obszarze ogrzanym przez gorącą sondę dodatkową energię i odpływają z tego obszaru, przez co uzyskuje on ładunek elektryczny o znaku przeciwnym do znaku odpływających nośników. Dla określenia znaku nośników ładunku wystarczające jest określenie znaku powstającej termo-SEM.

Stosowanie do określenia znaku termo-SEM galvanometru lub prostego układu wzmacniającego w znanych rozwiązaniach powoduje, że przyrządy te posiadają niewielką oporność wejściową rzędu kilkudziesięciu k Ω uniemożliwiającą jednoznaczne określenie znaku nośników ładunku w materiałach o podwyższonej rezystywności. Wykorzystywanie w znanych rozwiązaniach czułych, wrażliwych na wstrząsy galvanometrów, koniecznych ze względu na pomiar niskich napięć, nie pozwala tak wykonanych przyrządów traktować jako przyrządy przenośne.

Przyrząd do określania znaku nośników ładunku w materiałach półprzewodnikowych według wynalazku zawiera dwie sondy pomiarowe, układ wzmacniający i odczytowy. Jedną z sond zaopatrzoną jest w grzejnik. Układ pomiarowy składa się z wtórnika wejściowego zbudowanego na parze tranzystorów polowych na wspólnym podłożu i na wzmacniaczu operacyjnym. Wejścia wzmacniacza

operacyjnego połączone są ze źródłami pierwszego i drugiego tranzystora polowego a wyjście z bramką drugiego tranzystora polowego oraz z jednym z wejść drugiego wzmacniacza operacyjnego, stanowiącego wzmacniacz napięcia. Wskaźnik znaku dołączony jest do wyjścia drugiego wzmacniacza.

Przyrząd jest mały i posiada przez to charakter przyrządu podręcznego i w związku z niewrażliwością na wstrząsy również przenośnego. Zastosowanie układu elektronicznego zasilanego bateryjnie umożliwia dzięki bardzo dużej odporności wejściowej określanie znaku nośników w materiałach półprzewodnikowych o różnych koncentracjach nośników.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniiony w przykładowym wykonaniu na rysunku przedstawiającym schemat elektryczny przyrządu. Przyrząd składa się z dwóch sond pomiarowych S1, S2, wtórника wejściowego zbudowanego na parze tranzystorów polowych T1, T2 oraz wzmacniaczu operacyjnym W1, wzmacniacza napięcia, wskaźnika znaku nośnika ładunku oraz układu kontroli stanu baterii zasilających. Sonda S1 zaopatrzona jest w grzejnik G. Źródła tranzystorów polowych T1, T2 o wspólnym podłożu połączone są z wejściami wzmacniacza operacyjnego W1, którego wyjście dołączone jest do bazy tranzystora polowego T2, oraz poprzez opornik R2 do jednego z wejść wzmacniacza operacyjnego W2. Opornik R3 znajduje się w obwodzie sprzężenia zwrotnego wzmacniacza operacyjnego W2, wyjście którego połączone jest z diodowym wskaźnikiem α -numerycznym D5÷D15. Dwa siedmiosegmentowe układy diod D5÷D9 oraz D10÷D15 wchodzące w skład wskaźnika α -numerycznego połączone są równolegle z układem oporników R4, R5, R6, R7, do których równolegle przyłączony jest układ kontroli stanu baterii zasilających zbudowany na tranzystorze T3, do którego kolektora dołączona jest dioda elektroluminescencyjna D16. Do bazy tranzystora polowego T1 dołączony jest układ poprzedzający składający się z opornika R1 i równolegle połączonych diod D1, D2. Diody D3, D4 znajdują się na wyjściu układu kontroli stanu baterii zasilających.

Przyrząd posiada dwa źródła zasilania baterijnego B1, B2. Istnieje możliwość zasilania przyrządu również z zewnętrznego źródła zasilania. Układ zasilania włączany jest włącznikiem z jednym położeniem stabilnym. Po zakończeniu pomiaru nie istnieje możliwość pozostawienia przyrządu z włączonym zasilaniem.

Para tranzystorów polowych T1 i T2 na wspólnym podłożu, wraz ze wzmacniaczem operacyjnym W1 stanowi wtórnik wejściowy przyrządu. Układ ten zapewnia dużą odporność wejściową przyrządu umożliwiającą określanie znaku nośników ładunku w materiałach półprzewodnikowych o różnych koncentracjach nośników. Potencjometr P1 służy do zerowania układu. Stanowi wyzerowania układu odpowiada wygaszenie wskaźników znaku D5÷D9, D10÷D15. Opornik R1 i diody D1 i D2

zabezpieczają wzmacniacz przed przypadkowym włączeniem źródła napięcia o wartościach przekraczających $+0,67$ V lub $-0,67$ V. Z wyjścia wtórника wejściowego mierzone napięcie podawane jest na wejścia wzmacniacza odwracającego zbudowanego na wzmacniaczu operacyjnym W2. Wartość wzmocnienia wzmacniacza odwracającego decyduje o czułości całego układu pomiarowego. Wzmocnienie to jest równe stosunkowi oporności w obwodzie sprzężenia zwrotnego R3 do oporności wejściowej R2. Oporniki R4 do R7 stanowią dzielniki napięć wstępnie polaryzujące diody D5÷D9, D10÷D13.

Układ kontroli stanu baterii zasilających, wykonany jest na tranzystorze T3, którego obciążenie stanowi pojedyncza dioda elektroluminescencyjna D16. Emituje ona światło jeżeli suma napięć z obu baterii nie spadnie poniżej wartości gwarantującej poprawną pracę układu pomiarowego. Diody D3 i D4 zabezpieczają układ przed włączeniem odwrotnej polaryzacji napięć zasilających.

Różnica temperatur sond zimnej i gorącej rzędu 30 do 50°C przy uwzględnieniu, że współczynnik Seebecka dla większości półprzewodników mieści się w granicach 100 do 1000 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, pozwala zorientować się o wielkości napięć wejściowych podawanych z sond na przyrząd. Napięcia te (rzędu ułamka lub kilku do kilkunastu miliwoltów) muszą być wzmocnione przez przyrząd do poziomu zapewniającego wystawianie wskaźników typu przewodności.

Zastosowanie optoelektronicznych wskaźników typu przewodności badanych materiałów półprzewodnikowych czyni przyrząd odpornym na wstrząsy, umożliwia pracę w dowolnej pozycji i umożliwia nadanie mu charakteru podręcznego przyrządu przenośnego. Oporność wejściowa przyrządu rzędu kilku M Ω umożliwia określenie typu przewodności półprzewodników w szerokim zakresie koncentracji nośników ładunku. Konstrukcja mechaniczna przyrządu umożliwia stosowanie wymiennych sond jak również możliwość podłączenia sond pomiarowych za pośrednictwem przewodów ekranowanych z częścią pomiarową przyrządu. Pozwala to na łatwe przystosowanie przyrządu do spotykanych w praktyce warunków pomiarów.

Zastrzeżenie patentowe

Przyrząd do określania znaku nośników ładunku w materiałach półprzewodnikowych zawierający wymienne sondy pomiarowe z układem wzmacniającym i odczytowym, przy czym jedna z sond zaopatrzona jest w grzejnik, znamienny tym, że układ pomiarowy składa się z wtórника wejściowego zbudowanego na parze tranzystorów polowych (T1, T2) na wspólnym podłożu i na wzmacniaczu operacyjnym (W1), którego wejścia połączone są ze źródłami tranzystorów polowych (T1, T2) a wyjście z bramką tranzystora (T2) oraz z jednym z wejść wzmacniacza operacyjnego (W2) stanowiącego wzmacniacz napięcia, do wyjścia którego dołączony jest wskaźnik znaku.

