



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 02.01.73 (P. 160 138)

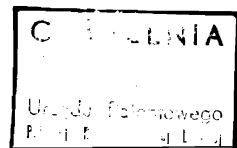
Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 01.08.74

Opis patentowy opublikowano: 20.05.1977

MKP G01r 31/26

Int. Cl.²
G01R 31/26



Twórca wynalazku: Zbigniew Kuźnicki

Uprawniony z patentu: Politechnika Warszawska, Warszawa (Polska)

**Układ do pomiaru rezystywności i ruchliwości nośników ładunku
elektrycznego w cienkich warstwach półprzewodnikowych
wysokorezystywnych**

1

Przedmiotem wynalazku jest układ do pomiaru rezystywności i ruchliwości nośników ładunku elektrycznego w cienkich warstwach półprzewodnikowych wysokorezystywnych.

Znany jest z publikacji „Elektronika” nr 5, str. 188, 1972 — Z. Kuźnicki, układ do pomiaru ruchliwości nośników ładunku elektrycznego, składający się z czterech elektrod doprowadzających, umieszczonych na warstwie półprzewodnikowej znajdującej się w prostopadłym do jej powierzchni polu magnetycznym. Układ ten stosowany jest przy pomiarach ruchliwości metodą van Heeka. Elektrody doprowadzające usytuowane są symetrycznie parami i rozdzielone szczelinami i obszarem czynnym warstwy półprzewodnikowej. Każda z par elektrod włączona jest w swój obwód zasilający składający się zwykle z połączonych szeregowo rezystora, źródła prądu stałego z regulacją potencjometryczną i miernika prądu, a pomiędzy te obwody włączony jest rezystor wzorcowy, połączony równolegle z miernikiem napięcia.

Okazuje się jednakże, że w opisanym układzie przy badaniach warstw o przykładowych parametrach grubości 0,1—1,0 m, ruchliwości 1—15 cm² (Vs) przy optymalnym polu elektrycznym oraz rezystowności około 10⁶ ohm cm obserwuje się trudności pomiarowe spowodowane małymi wartościami zwarciovego prądu Halla. Ponadto przy bardzo dużych wartościach rezystancji całkowitej warstw powstaje konieczność konstruowania specjalnych

2

masek do naparowania elektrod, tworzących obszar czynny. Fakt, iż zwarciovy prąd Halla jest odwrotnie proporcjonalny do rezystywności warstwy, spowodował konieczność stosowania do pomiaru wartości tego prądu, dobieranej indywidualnie wartości rezystywności wzorcowej dla każdej niemal próbki. Na rezystorze wzorcowym mierzy się spadek napięcia spowodowany przepływem prądu zwarciovego, przy czym wartość jego rezystancji powinna być taka ażeby praktycznie cały prąd zwarciovy przez niego przepłynął. Spełnienie tego warunku wiąże się z dopasowaniem wartości rezystancji wzorcowej dla poszczególnych próbek, bowiem żadna technologia nie pozwala praktycznie na uzyskiwanie w pełni powtarzalnych parametrów takich warstw.

W związku z powyższym przy pomiarach warstw badanych stosuje się kilka niezależnych układów pomiarowych, przeznaczonych do pomiaru ruchliwości, dobrania wartości rezystancji wzorcowej oraz do pomiaru rezystywności materiału badanej warstwy. W przypadku warstw wysokorezystywnych, ze względu na bardzo duże wartości rezystancji całkowitej i co za tym idzie małe wartości prądów zwarciovych, układy te wymagają specjalnych izolacji i ekranowania, co w sposób istotny komplikuje badania. Ponadto, próbka w trakcie podłączania jej do poszczególnych układów pomiarowych może być łatwo uszkodzona.

Celem wynalazku jest wyeliminowanie tych nie-

dogodności przez rozwiązanie zagadnienia technicznego, polegającego na skonstruowaniu układu do pomiaru rezystywności i ruchliwości nośników ładunku elektrycznego w cienkich warstwach półprzewodnikowych wysokorezystywnych.

Według wynalazku układ do pomiaru rezystywności i ruchliwości nośników ładunku w cienkich warstwach półprzewodnikowych wysokorezystywnych, na których osadzone są cztery elektrody doprowadzające prąd, posiada dwa obwody zasilające. Elektrody są włączone parami, a między te obwody włączony jest rezystor wzorcowy, połączony równolegle z miernikiem napięcia. Jeden z obwodów zasilających składa się z szeregowo połączonych: rezystora, źródła prądu stałego, miernika prądu i wyłącznika, połączonego z zaciskiem rezystora wzorcowego i z elektrodą. Drugi obwód zasilający składa się z szeregowo połączonych: rezystora, przełącznika, źródła prądu stałego i miernika prądu. Drugi zestyk przełącznika połączony jest z końcówką rezystora wzorcowego oraz elektrodą pierwszej pary elektrod.

Rozwiązanie takie umożliwia dobranie rezystancji wzorcowej do rezystywności danej próbki i pomiar tej rezystywności poprzez rozwarcia wyłącznika i zmianę pozycji przełącznika. Gdy są one w zwykłej pozycji otrzymuje się typowy układ pomiarowy, stosowany przy metodzie van Heeka. Tak więc po jednokrotnym zainstalowaniu próbki można dokonać wszystkich wymienionych wyżej pomiarów w jednym układzie pomiarowym.

Przedmiot wynalazku jest bliżej omówiony w oparciu o przykład przedstawiony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat ideowy układu z róbką, fig. 2 zaś schemat zastępczy tego układu.

Jak uwidoczniło na rysunku elektrody 1 i 2 włączone są w obwód zasilający, składający się z szeregowo połączonych: rezystora **R1**, źródła prądu stałego **Z1**, miernika prądu **A1** i wyłącznika **W1**, połączonego swoim zaciskiem z elektrodą 1 i z jedną z końcówek rezystora wzorcowego **R3**, zbocznikowanego miernikiem napięcia **V**. Druga końcówka rezystora **R3** połączona jest poprzez drugi miernik prądu **A2** z drugim źródłem prądu stałego **Z2**, połączonego swoim biegunem z przełącznikiem **W2**. Druga końcówka rezystora wzorcowego **R3** połączona jest z przełącznikiem **W2**, którego drugi zestyk połączony jest z elektrodą 3 poprzez rezystor **R2**. Ta końcówka rezystora wzorcowego **R3** równomiernie połączona jest z elektrodą 4.

Jak pokazano na fig. 2 rezystor **Rp1** włączony jest w obwód, składający się z szeregowo połączonych: rezystora **R1**, źródła prądu stałego **Z1**, miernika prądu **A1** i wyłącznika **W1**, połączonego swoim zaciskiem z końcówkami rezystorów **Rp1** i **Rr1** oraz z jedną z końcówek rezystora wzorcowego **R3**, zbocznikowanego miernikiem napięcia **V**. Druga końcówka rezystora **R3** połączona jest poprzez drugi miernik prądu **A2** z drugim źródłem prądu stałego **Z2**, połączonego swoim biegunem z przełącznikiem **W2**. Druga końcówka rezystora wzorcowego **R3** połączona jest z rezystorami **Rp1** i **Rr2** poprzez rezystor **R2**.

Przy pomiarze ruchliwości układ nie różni się

praktycznie od stosowanego poprzednio. Wyłącznik i przełącznik zamykają oczko zewnętrzne, a rezystor wzorcowy **R3** służy, wraz z miernikiem napięcia, do pomiaru zwarcowego prądu Halla. Natomiast, po rozłączeniu **W1** i przełączeniu **W2** oraz ewentualnym wyjęciu rezystora **R3**, układ umożliwia pomiar rezystancji wypadkowej próbki **Rw**, na którą składają się rezystancje wypadkowe objętości półprzewodnika oznaczone odpowiednio **Rp** i **Rr**, (fig. 2). Rezystancja **Rr** jest rezystancją całkowitą objętości półprzewodnika w szczelinie elektrod sterujących, a **Rp** — objętości obszaru czynnego.

Korzystając z odpowiednich przekształceń, można wyznaczyć rezystywność półprzewodnikową, z którego wykonana jest cienka warstwa, korzystając ze wzoru:

$$\rho = A m d R_w$$

gdzie:

- ρ — rezystywność półprzewodnika,
- $A m$ — stała maski do naparowywania elektrod zależna od rozmiarów tych elektrod, szczeliny między nimi i obszaru czynnego,
- d — grubość badanej warstwy półprzewodnikowej,
- R_w — rezystancja wypadkowa próbki.

Znając **Rw** można również dobrać rezystancję wzorcową **R3** w zależności od rezystywności próbki. Nie może być ona zbyt mała, aby odkładające się napięcie od zwarcowego prądu Halla mogło być na niej mierzone.

Przy bardzo małych prądach rezystancja **R3** musi więc być bardzo duża. Z drugiej strony musi ona spełniać warunek:

$$R_3 \ll R_r$$

gdzie:

- R_r — rezystancja całkowita obojętności półprzewodnika,
- R_3 — rezystancja wzorcowy,

aby cały praktycznie zwarcowy prąd Halla przepłynął przez rezystor **R3**.

Z dyskusji trzech charakterystycznych przypadków możliwych w redakcji **Rr** i **Rw** wynika że

$$R_r = 1 + 2 R_w$$

gdzie:

- R_r — rezystancja całkowita objętości półprzewodnika,
- R_w — rezystancja wypadkowa próbki,

a więc wszystkie wymagania dotyczące doboru **R3** są spełnione, gdy znana jest wartość **Rw**.

Zastrzeżenia patentowe

Układ do pomiaru rezystywności i ruchliwości nośników ładunku elektrycznego w cienkich warstwach półprzewodnikowych wysokorezystywnych, na których osadzone są cztery elektrody doprowadzające, włączone parami w dwa obwody zasilające, przy czym między te obwody zasilające włączony jest rezystor wzorcowy, połączony równolegle z miernikiem napięcia, oraz rezystory zabezpieczające źródło prądu stałego, znamienny tym,

że jeden z obwodów zasilających posiada szeregowo połączone elementy, rezystor zabezpieczający (R_1), źródło prądu stałego (Z_1), miernik prądu (A_1), wyłącznik (W_1) połączony zestykiem z zaciskiem rezystora wzorcowego (R_3) i z elektrodą doprowadzającą, natomiast drugi obwód zasilający posiada

szeregowo połączone elementy, rezystor zabezpieczający (R_2), przełącznik (W_2), źródło prądu stałego (Z_2) oraz miernik prądu (A_2) połączony z zaciskiem rezystora wzorcowego (R_3), przy czym drugi zacisk (R_3) oraz elektroda doprowadzająca (1) połączone są drugim zestykiem przełącznika (W_2).

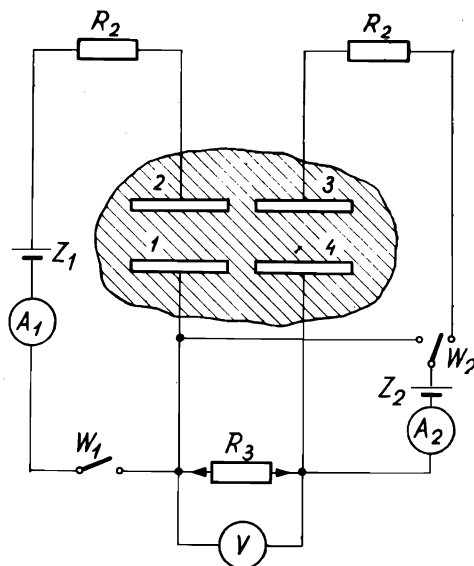


Fig. 1

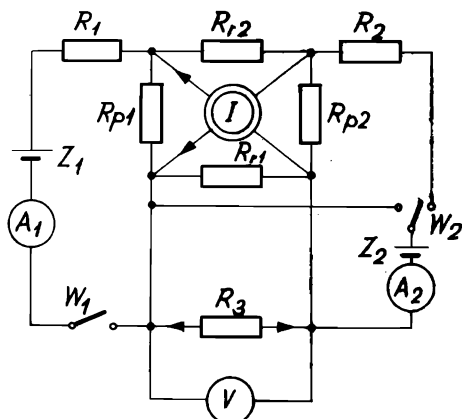


Fig. 2