



Patent dodatkowy
do patentu _____

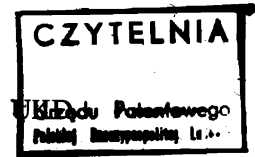
Zgłoszono: 07.II.1970 (P 138 674)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 15.X.1971

Kl. 21 e, 31/22

MKP G 01 r, 31/22



Współtwórcy wynalazku: Jarosław Świdorski, Tadeusz Piotrowski

Właściciel patentu: Instytut Technologii Elektronowej, Warszawa (Polska)

**Sposób jednoczesnego pomiaru pochodnej rezystywności
i drogi dyfuzji nadmiarowych nośników ładunku
w półprzewodnikach oraz urządzenie do stosowania
tego sposobu**

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób jednoczesnego pomiaru pochodnej rezystywności i drogi dyfuzji nadmiarowych nośników ładunku w półprzewodnikach oraz urządzenie do stosowania tego sposobu. Wynalazek znajduje szczególnie korzystne zastosowanie przy badaniu struktur półprzewodnikowych, wnętrza przyrządów półprzewodnikowych, jak też układów scalonych.

Pomiar pochodnej rezystywności opiera się na badaniu objętościowego zjawiska fotowoltaicznego. Zjawisko to polega na powstawaniu napięcia fotoelektrycznego w oświetlonym półprzewodniku o zmiennej koncentracji nośników ładunku.

Pomiar długości drogi dyfuzji polega na wprowadzeniu nośników nadmiarowych, a następnie badaniu w stanie ustalonym ich rozkładu przestrzennego przy założeniu, iż rozkład ten zależy jedynie od sposobu generacji i warunków rekombinacji w badanym obszarze. Chcąc otrzymać drogę dyfuzji będącą miernikiem parametrów rekombinacyjnych materiału, a więc niezależną od jego niejednorodności, trzeba albo znać wartość wewnętrznego pola elektrycznego i zmierzyć efektywną drogę dyfuzji, albo wykonać pomiar w obszarze o dostatecznie małej niejednorodności.

Ze znanych sposobów pomiarów właściwości materiałów półprzewodnikowych najbardziej korzystnym sposobem są pomiary fotoelektryczne. Dzięki specyfice zjawisk fotowoltaicznych, powstających na niejednorodnościach półprzewodników zapewniają one lepszą, niż inne sposoby, możliwość poznania wartości wewnętrznego pola elektrycznego. Dodać również należy, iż pomiary

2

te wyróżniają się dużą zdolnością rozdzielczą i nieniszczącym charakterem.

5 Znane dotychczas sposoby pomiarów fotoelektrycznych przewidywały pomiar drogi dyfuzji metodami całkowymi. Pomiar punktowy długości drogi dyfuzji wymagał jednak użycia dwu źródeł promieniowania o różnym składzie widmowym. Szczególnie uciążliwy do spełnienia był wymóg, aby sonda świetlna była dokładnie ustawiona dla dwu źródeł światła.

10 Znane są również urządzenia do pomiarów fotoelektrycznych zaopatrzone tylko w jedno, podstawowe źródło światła oraz odpowiedni zestaw filtrów dla wytworzenia dwóch wiązek promieniowania o dostatecznie różniących się długościach fali.

15 Opisane, znane sposoby i urządzenia do ich stosowania obarczone były poważnymi niedogodnościami. Przede wszystkim występowały ograniczenia w uzyskaniu dostatecznie dużej mocy promieniowania na małym obszarze oświetlonym światłem monochromatycznym. 20 Ograniczało to znacznie możliwość prowadzenia pomiarów na bardzo małych obszarach, gdzie wymagane byłoby formowanie sondy świetlnej o średnicy nawet mniejszej od dwu długości fali stosowanego promieniowania. Stosowanie dwu źródeł światła oprócz wymienionych wad wprowadzało do pomiaru błąd wynikający z niedokładnego nakładania obu plamek świetlnych. 25

Niedogodności znanych sposobów wytknięty cel dla twórczego rozwiązania zagadnienia pomiaru właściwości materiałów półprzewodnikowych przy wykorzystaniu objętościowego zjawiska fotowoltaicznego, jakie powstaje 30

w półprzewodniku niejednorodnym pod wpływem wiązki fotonów.

Wytyczony cel osiągnięty został w sposobie według niniejszego wynalazku, a to dzięki temu, że sondę świetlną formuje się z promieniowania lasera złączonego, po czym mierzy się siłę fotoelektromotoryczną w badanym półprzewodniku przy dwóch długościach generowanej fali, zmieniając długość fali przez zmianę temperatury pracy lasera złączonego, a długość drogi dyfuzji oblicza się ze wzoru:

$$L = f \left(\frac{E_{T_1}}{E_{T_2}} \right)$$

przy czym L — oznacza długość drogi dyfuzji nadmiarowych nośników ładunku w centymetrach, E — siłę fotoelektromotoryczną w voltach, T — temperaturę pracy lasera w stopniach Kelvina ($^{\circ}\text{K}$).

Formowanie sondy świetlnej z promieniowania laserowego, zmieniając długość emitowanej fali przez zmianę temperatury jego pracy, eliminuje w pełni stosowanie dwóch źródeł światła. Dodatkowe korzyści, to możliwość rozszerzenia zakresu pomiarów pochodnej rezystywności w dwu kierunkach: w kierunku pomiaru jak najmniej niejednorodności półprzewodnika i w kierunku wykrywania niejednorodności na możliwie małych obszarach. W pierwszym przypadku rozszerzenie zakresu wynika z ogromnych możliwości zwiększania mocy sondy. W drugim przypadku wielkość obszaru, na którym można jeszcze wykryć niejednorodność sondy światła koherentnego, jest ograniczona długością fali stosowanego promieniowania i, jak stwierdzono, jego średnica nie może praktycznie zejść poniżej dwu długości tej fali. Skupienie na tym obszarze odpowiednio większej, niż to było dotychczas, mocy — ma więc niepoślednie znaczenie.

Stosowanie sposobu według wynalazku umożliwia ponadto, dostosowanie do pomiarów promieniowania o takiej długości fali, by na określenie gradientu oporności właściwej jak najmniej wpływały niedoskonałości obróbki powierzchni, a w szczególności nierównomierny rozkład prędkości rekombinacji powierzchniowej.

Do stosowania sposobu według wynalazku przeznaczone jest urządzenie, będące również przedmiotem niniejszego wynalazku, przedstawione schematycznie na rysunku.

Urządzenie według wynalazku składa się z lasera złączonego 1 umieszczonego w naczyniu Devara 2 zaopatrzonym w pompę próżniową 3. Laser złączony 1 zasilany jest z zasilacza 4. Chłodzenie lasera 1 odbywa się

jednym ze znanych sposobów, korzystnie ciekłym azotem. Regulację temperatury przeprowadza się urządzeniem 5, którego elektrody doprowadzone są do lasera złączonego 1. Urządzenie według wynalazku posiada układ optyczny 10 do formowania sondy świetlnej oraz obserwacyjny mikroskop 6 z przetwornikiem podczerwieni 7. Pod obiektywem mikroskopu 6 jest stolik manipulacyjny z uchwytem dla zamocowania próbki 9. Do zacisków próbki 9 podłączony jest miernik 8 wielkości siły elektromotorycznej.

Działanie urządzenia według wynalazku jest w zasadzie swej podobne do znanych tego typu urządzeń pomiarowych zawierających dwa podstawowe źródła światła. Specyficzne jest tu natomiast operowanie źródłem światła polegające na kontrolowanej zmianie temperatury pracy lasera złączonego 1 i dokonywanie pomiarów dla dwóch określonych częstotliwości promieniowania wynikających z różnic temperatury. Jak zaznaczono już, korzystne jest użycie do chłodzenia ciekłego azotu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób jednoczesnego pomiaru pochodnej rezystywności i drogi dyfuzji nadmiarowych nośników ładunku w półprzewodnikach, **znamienny tym**, że sondę świetlną formuje się z promieniowania lasera złączonego, po czym mierzy się siłę fotoelektromotoryczną w badanym półprzewodniku przy dwóch długościach generowanej fali, zmieniając długość fali przez zmianę temperatury pracy lasera złączonego, a długość drogi dyfuzji oblicza się ze wzoru:

$$L = f \left(\frac{E_{T_1}}{E_{T_2}} \right)$$

przy czym L — oznacza długość drogi dyfuzji nadmiarowych nośników ładunku w centymetrach, E — siłę fotoelektromotoryczną w voltach, T — temperaturę pracy lasera złączonego w stopniach Kelvina.

2. Urządzenie do stosowania sposobu według zastrz. 1, składające się z podstawowego źródła światła, układu optycznego formującego sondę świetlną oraz mikroskopu obserwacyjnego z obrazowym przetwornikiem podczerwieni, **znamiennie tym**, że jako podstawowe źródło światła ma laser złączony (1) umieszczony w naczyniu Devara (2) zaopatrzonym w regulator temperatury (5).

