

Ćwiczenie 1B

Pomiar rezystancji powierzchniowej metodą sondy czterostrzowej

Cel ćwiczenia

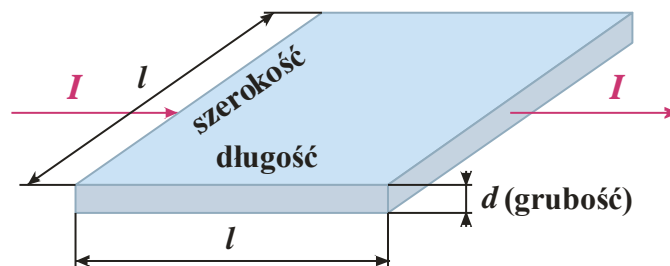
Celem ćwiczenia jest pomiar rezystancji powierzchniowej R_s [Ω/\square] - jednego z podstawowych parametrów warstw dyfuzyjnych.

Wstęp teoretyczny

Sonda czterostrzowa jest przyrządem służącym do pomiaru rezystancji powierzchniowej podłoży krzemowych. Jest to najczęściej stosowana metoda pomiaru rezystancji powierzchniowej oraz rezystywności warstw:

- dyfuzyjnych,
- domieszkowanych metodą implantacji jonowej,
- epitaksjalnych

Rezystancja powierzchniowa jest to taka rezystancja jaką ma warstwa o kształcie kwadratu (o dowolnej długości boku) i kontaktach doprowadzonych do bocznych powierzchni (rysunek 1). Wymiarem jest Ohm na kwadrat [Ω/\square].



Rys.1. Rezystancja powierzchniowa

Wartość rezystancji powierzchniowej (długość warstwy l jest równa jej szerokości) jest określona zależnością:

$$R_s = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{ld} = \frac{\rho}{d}$$

gdzie R_s – rezystancja powierzchniowa

ρ – rezystywność

L – długość boku kwadratu

d – grubość warstwy

S – przekrój poprzeczny warstwy rezystywnej

Rezystancję rezystora o szerokości warstwy „ w ” opisuje zależność:

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{wd} = \frac{\rho}{d} \cdot \frac{l}{w} = R_s \cdot \frac{l}{w}$$

W celu pomiaru rezystancji powierzchniowej metodą sondy czterostrzowej (patrz rysunek 2) do płaskiej powierzchni próbki należy docisnąć cztery ostrza sondy leżące w jednej linii. Odległość między-ostrzowa wynosi „ s ” (rysunek 2). Przez zewnętrzne ostrza sondy przepuszcza się prąd I o stałym natężeniu, który powoduje powstanie różnicy potencjału U między sondami wewnętrznymi. Napięcie U jest mierzone za pomocą woltomierza o dużej oporności wejściowej. Rezystancję powierzchniową obliczamy ze wzoru:

$$R_s = k \frac{U}{I}$$

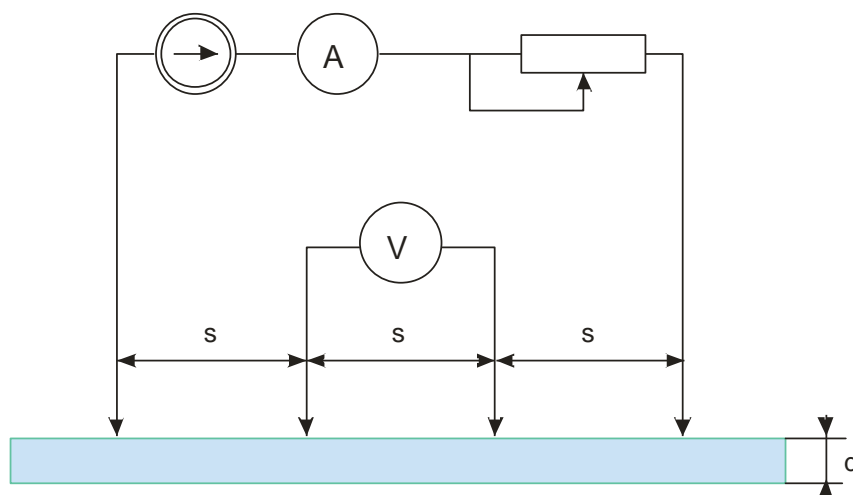
gdzie: I - natężenie prądu

U - napięcie mierzone

k - współczynnik korekcyjny związany z wymiarami płytki (patrz tabela 1.)
(przyjmujemy $k = 4,53$ dla płytki o średnicy ≥ 3 cale)

Tabela 1.

| Średnica płytki w calach | Wartość współczynnika korekcyjnego k |
|-----------------------------|--|
| 1 | 4,36 |
| 2 | 4,49 |
| ≥ 3 | 4,53 |



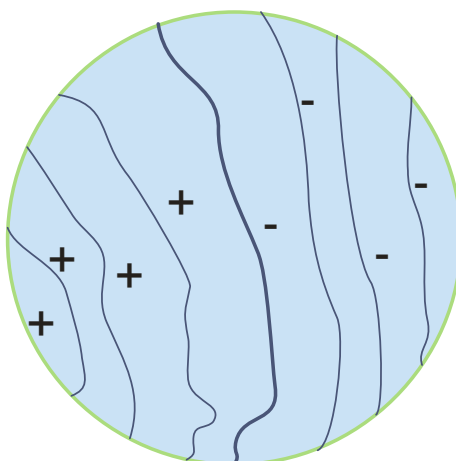
Rys. 2. Zasada pomiaru sondą czteroostrzową

Bardzo ważnym problemem pomiaru jest zapewnienie kontaktu omowego ostrzy sondy z krzemowym podłożem. Materiał, z którego są zrobione ostrza musi mieć dobry styk z krzemem (np.: wolfram). Wymagany jest też odpowiedni nacisk ostrza na podłoże. Przy każdorazowym pomiarze sondą mogą wystąpić następujące błędy związane z/ze:

- przepływem prądu przez płytkę – zbyt duże natężenie prądu powoduje wzrost temperatury, a przez to również wzrost rezystywności,
- skończonymi wymiarami powierzchni płytki półprzewodnikowej,
- niejednorodnością próbki,
- rezystancją kontaktu,
- zmianami geometrii sondy,
- przebiciem mierzonej warstwy (występuje przy płytkach ze złączem p-n).

Jednorodność parametrów warstwy domieszkowanej na płytce półprzewodnikowej ma duże znaczenie dla utrzymania jednorodności parametrów przyrządów półprzewodnikowych. Jednorodność parametrów warstw dyfuzyjnych jest ważnym czynnikiem gwarantującym wysoki uzysk produkcji. Określa się ją zwykle poprzez pomiar rezystancji powierzchniowej w

różnych punktach płytki. Wyniki pomiarów można przedstawić graficznie za pomocą krzywych izorezystancyjnych (o stałej wartości rezystancji – rysunek 3).

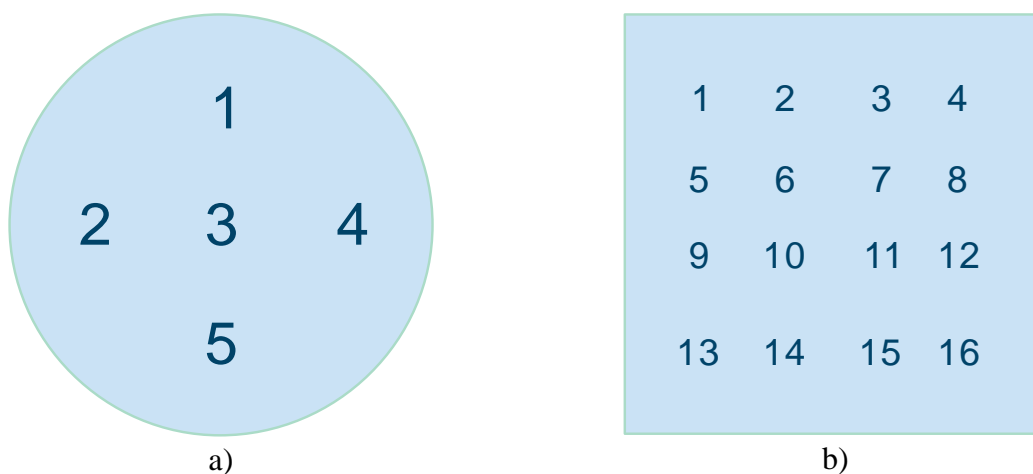


Rys. 3. Krzywe izorezystancyjne

Krzywe izorezystancyjne oblicza się przeważnie w 1% wartości średniej R_s z pomiarów na płytkach. Linia pogrubioną oznaczono krzywą odpowiadającą R_s , plusami wartości R_s większe od średniej, minusami wartości R_s mniejsze od średniej. Do pomiarów krzywych izorezystancyjnych stosuje się stanowiska automatyczne.

Przebieg ćwiczenia

1. Zapoznać się z obsługą liniowej sondy czterostrzowej oraz z programem SZIPI (System zbierania i przetwarzania danych współpracujący ze stanowiskiem do pomiaru rezystancji powierzchniowej ResTest 2101. Program umożliwia zbieranie, archiwizację i obróbkę wyników pomiarów, co prowadzi do wyznaczenia pełnego profilu rezystancji powierzchniowej płytek półprzewodnikowych).
2. Przygotować do pomiarów płytkę krzemową z wytworzoną wcześniej warstwą dyfuzyjną.
3. Wykonać pomiary rezystancji powierzchniowej R_s w pięciu (lub 16) punktach płytki krzemowej, zgodnie z rysunkiem 4.



Rys. 4. Położenie punktów pomiarowych na płytce krzemowej kołowej a) i kwadratowej b)

W każdym z pięciu punktów pomiarowych wykonać cztery pomiary zgodnie ze schematem przedstawionym w tabeli 2. Wyznaczone wartości rezystancji powierzchniowej dla każdego punktu pomiarowego, powinny być średnią z czterech pomiarów.

Tabela 2.

| Numer pomiaru | Kierunek przepływu prądu pomiarowego | Wartość prądu I [mA] | Wartość napięcia U [V] | Wartość rezystancji powierzchniowej R_{si} [Ω] |
|---------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------|---|
| 1 | + | 1,25 | | |
| 2 | - | 1,25 | | |
| 3 | + | 2,52 | | |
| 4 | - | 2,52 | | |

4. Dla tak wyznaczonych rezystancji powierzchniowych w pięciu (lub 16) punktach pomiarowych, obliczyć:

- średnią arytmetyczną
$$R_s = \frac{\sum R_{si}}{n}$$
- odchylenie standardowe (średni błąd kwadratowy)
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{si} - \sum R_{si} / n)^2}{n-1}}$$
- względne odchylenie standardowe $\sigma \%$
$$\sigma \% = \frac{\sigma}{R_s} \cdot 100 \%$$

gdzie: n – liczba punktów pomiarowych

R_{si} – wartości rezystancji powierzchniowej

Sprawozdanie

1. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów rezystancji powierzchniowej przedstaw i zinterpretuj wyniki badania jednorodności domieszkowania płytek krzemowych.

LITERATURA

- [1] WACZYŃSKI K., WRÓBEL E. – 2395 Technologie mikroelektroniczne. Cz. I. Metody wytwarzania materiałów i struktur półprzewodnikowych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej (2006)
- [2] WACZYŃSKI K. (red.) – 2195 Technologie mikroelektroniczne. Laboratorium technologii półprzewodników. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej (2000)