



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

⑫ OPIS PATENTOWY ⑰ PL ⑪ 176712

⑬ B1

⑳ Numer zgłoszenia: 306613

⑤① IntCl⁶:
G01R 31/26

㉑ Data zgłoszenia: 28.12.1994

CZYTELNIA
OGÓLNA

⑤④ Sposób wyznaczania czasu życia nośników ładunku elektrycznego w półprzewodnikach

④③ Zgłoszenie ogłoszono:
08.07.1996 BUP 14/96

④⑤ O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.07.1999 WUP 07/99

⑦③ Uprawniony z patentu:
Politechnika Śląska, Gliwice, PL

⑦② Twórcy wynalazku:
Marian A. Nowak, Katowice, PL
Barbara Loncierz, Bytom, PL

⑦④ Pełnomocnik:
Ziółkowska Urszula, Politechnika Śląska

⑤⑦ 1. Sposób wyznaczania czasu życia nośników ładunku elektrycznego w półprzewodnikach bezkontaktową metodą fotomagnetoelektryczną, polegającą na pomiarze siły elektromotorycznej wyindukowanej w cewce pomiarowej zmianami w czasie pola magnetycznego wywołanego przepływem prądu fotomagnetoelektrycznego w punktowo w zmiennie w czasie oświetlonej próbce półprzewodnika, której oświetlona powierzchnia jest prostopadła do wektora indukcji zewnętrznego pola magnetycznego, **znamienny tym**, że wyznacza się zależność mierzonej siły elektromotorycznej, a tym samym indukcji pola magnetycznego, wywołanego przepływem prądów fotomagnetoelektrycznych od częstotliwości modulacji promieniowania elektromagnetycznego padającego na próbkę a uzyskane wyniki aproksymuje się zależnością teoretyczną, przy czym jej parametrem dopasowanym jest czas życia nośników ładunku elektrycznego.

Sposób wyznaczania czasu życia nośników ładunku elektrycznego w półprzewodnikach

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wyznaczania czasu życia nośników ładunku elektrycznego w półprzewodnikach bezkontaktową metodą fotomagnetoelektryczną, polegającą na pomiarze siły elektromotorycznej wyindukowanej w cewce pomiarowej zmianami w czasie pola magnetycznego wywołanego przepływem prądu fotomagnetoelektrycznego w punktowo w zmiennie w czasie oświetlonej próbce półprzewodnika, której oświetlona powierzchnia jest prostopadła do wektora indukcji zewnętrznego pola magnetycznego, **znamienny tym**, że wyznacza się zależność mierzonej siły elektromotorycznej, a tym samym indukcji pola magnetycznego, wywołanego przepływem prądów fotomagnetoelektrycznych od częstotliwości modulacji promieniowania elektromagnetycznego padającego na próbkę a uzyskane wyniki aproksymuje się zależnością teoretyczną, przy czym jej parametrem dopasowanym jest czas życia nośników ładunku elektrycznego.

2. Sposób wyznaczania czasu życia nośników ładunku elektrycznego w półprzewodnikach bezkontaktową metodą fotomagnetoelektryczną polegającą na pomiarze siły elektromotorycznej wyindukowanej w cewce pomiarowej zmianami w czasie pola magnetycznego wywołanego przepływem prądu fotomagnetoelektrycznego w punktowo w zmiennie w czasie oświetlonej próbce półprzewodnika, której oświetlona powierzchnia jest prostopadła do wektora indukcji zewnętrznego pola magnetycznego, **znamienny tym**, że wyznacza się zależność mierzonej siły elektromotorycznej, a tym samym indukcji pola magnetycznego, wywołanego przepływem prądów fotomagnetoelektrycznych od częstotliwości modulacji promieniowania elektromagnetycznego padającego na próbkę a uzyskane wyniki porównuje się z zależnością uzyskaną dla próbek wzorcowych o znanym, wyznaczonym standardowymi metodami czasie życia nośników ładunku elektrycznego.

* * *

Przedmiotem wynalazku jest sposób wyznaczania czasu życia nośników ładunku elektrycznego w półprzewodnikach. Wynalazek może być wykorzystany, na przykład, w przemyśle elektronicznym do optymalizacji produkcji materiałów półprzewodnikowych oraz w badaniach zjawiska rekombinacji nośników w półprzewodnikach.

Jedną z metod bezkontaktowego wyznaczania czasu życia nośników ładunku w półprzewodnikach jest bezkontaktowa metoda fotomagnetoelektryczna FME [M.Nowak, Progress Quantum Electronics, 11 (1987) 205; J.Hlavka, Rev. Sci. Instrum., 54 (1983) 1386; J.Hlavka, Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Purk.Brun. 11 (1981) 231.

Metoda ta polega na tym, że światło o energii fotonów większej od szerokości przerwy energetycznej padając na półprzewodnik fotogeneruje w nim nadmiarowe elektrony i dziury. W bezkontaktowej metodzie fotomagnetoelektrycznej J.Hlavka, Rev. Sci. Instrum., 52 (1981) 60 oświetla się punktowo niewielką część próbki półprzewodnikowej. Niejednorodny rozkład natężenia światła po powierzchni badanej próbki wywołuje gradient koncentracji nośników ładunku w płaszczyźnie równoległej do powierzchni próbki. W związku z tym elektrony i dziury dyfundują od obszaru oświetlonego we wszystkich kierunkach. Gdy próbka znajduje się w polu magnetycznym o wektorze indukcji skierowanym prostopadle do jej powierzchni, to siła Lorentza zakrzywia trajektorie ruchu dyfundujących elektronów i dziur. W wyniku tego pojawia się cyrkulacja prądu elektrycznego nadmiarowych nośników ładunku wokół oświetlonego obszaru próbki. Prąd taki, zwany prądem fotomagnetoelektrycznym, jest źródłem nowego pola magnetycznego FME. W przypadku periodycznego modulowania natężenia oświetlenia wywołuje się zmiany natężenia prądu fotomagnetoelektrycznego, a tym samym zmiany w czasie indukcji pola

magnetycznego FME. Rejestracja tego pola dostarcza pośrednich informacji na temat natężenia prądu fotomagnetoelektrycznego. Ponieważ natężenie tego prądu zależy od czasu życia nośników ładunku elektrycznego w badanym półprzewodniku wielkość pola magnetycznego FME dostarcza informacji o tym parametrze.

Wadą tej metody jest trudność bezwzględnego wyznaczania czasu życia nośników ładunku τ na podstawie zmierzonego pola magnetycznego FME.

Sposób wyznaczania czasu życia nośników ładunku elektrycznego w półprzewodnikach polega na tym, że wyznacza się zależność mierzonej siły elektromotorycznej, a tym samym indukcji pola magnetycznego, wywołanego przepływem prądów fotomagnetoelektrycznych od częstotliwości modulacji promieniowania elektromagnetycznego padającego na próbkę a uzyskane wyniki aproksymuje się zależnością teoretyczną, przy czym jej parametrem dopasowanym jest czas życia nośników ładunku elektrycznego.

W innym rozwiązaniu sposób wyznaczania czasu życia nośników ładunku elektrycznego w półprzewodnikach, polega na tym, że wyznacza się zależność mierzonej siły elektromotorycznej, a tym samym indukcji pola magnetycznego, wywołanego przepływem prądów fotomagnetoelektrycznych od częstotliwości modulacji promieniowania elektromagnetycznego padającego na próbkę a uzyskane wyniki porównuje się z zależnością uzyskaną dla próbek wzorcowych o znanym, wyznaczonym standardowymi metodami czasie życia nośników ładunku elektrycznego.

Zaletą sposobu według wynalazku jest wyeliminowanie potrzeby posiadania kontaktów na badanej próbce. Jako metoda bezkontaktowa stwarza on szczególnie dogodne warunki do badań materiałów warstwowych oraz badań nad wpływem obróbek technologicznych na badany materiał. W porównaniu z do tej pory stosowaną bezkontaktową metodą fotomagnetoelektryczną wyznaczania czasu życia nośników ładunku elektrycznego unika się wyznaczania bezwzględnego związku wielkości rejestrowanego sygnału z badanym parametrem. Związek ten zależy nie tylko od używanego stanowiska ale również od rodzaju badanego materiału (np. zależy od ruchliwości nośników ładunku elektrycznego).

P r z y k ł a d. Wykorzystano w tym celu następujące stanowisko badawcze składające się z lasera He-Ne emitującego światło o długości fali $\lambda = 632,8$ nm. Promieniowanie tego lasera było modulowane elektronicznie za pomocą generatora sterującego zasilaczem. Próbkę umieszczono między biegunami magnesów trwałych. W prezentowanym przypadku magnesy wykonane z $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ wytwarzały pole magnetyczne o indukcji 1,1 T w obszarze, w którym umieszczona była próbka. W jednym z magnesów został wykonany metodą elektrodrażenia otwór o średnicy 1 mm, przez który promieniowanie oświetlało badany materiał. Pomiedzy magnesami umieszczona była także indukcyjna cewka pomiarowa. Światło lasera doprowadzone było do otworu w magnesie światłowodem. Przy tym jego natężenie było monitorowane w trakcie wykonywania pomiarów. Indukowany w cewce pomiarowej sygnał był mierzony za pomocą nanowoltomierza EG&G 5110. Pomiaru były sterowane mikrokomputerem IBM PC/XT poprzez magistralę IEC-625. Badana próbka półprzewodnikowa o grubości $d=350$ μm , była wykonana z krystalicznego Si krzemu typu -p o orientacji (100), domieszkowanego borem i oporze właściwym $= 100$ Ωcm . Zmieniając częstotliwość modulacji promieniowania laserowego zarejestrowano zależność sygnału indukowanego w cewce pomiarowej od indukcji pola magnetycznego FME, (a tym samym wywołanego przepływem prądu fotomagnetoelektrycznego) od częstotliwości modulacji promieniowania elektromagnetycznego padającego na badaną próbkę. Uzyskane wyniki aproksymowano zależnością teoretyczną na podstawie której otrzymano czas życia nośników ładunku elektrycznego $\tau = (3,13 \pm 0,04) \cdot 10^{-4}$ [s].

176 712