

Badania heteroepitaksjalnych warstw $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x/\text{GaAs}$ za pomocą prześwietleniowej mikroskopii elektronowej*

Dotychczasowe badania warstw epitaksjalnych $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ dotyczyły jedynie niektórych defektów struktury, co w wielu przypadkach jest niewystarczające do określenia ich wpływu na sprawność przyrządów półprzewodnikowych. Celem pracy było opracowanie metodyki i wstępne kompleksowe zbadanie defektów struktury warstw epitaksjalnych produkowanych w ONPMP, które mogą wpłynąć w sposób zasadniczy na sprawność i niezawodność działania przyrządów półprzewodnikowych.

Opracowano metodykę badania warstw heteroepitaksjalnych $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x/\text{GaAs}$ za pomocą prześwietleniowej mikroskopii elektronowej oraz przeprowadzono wstępną analizę występujących w warstwach defektów.

Badania przeprowadzono mikroskopem JEM-120 firmy JEOL, który był wyposażony w goniometr, w przystawkę do uzyskiwania obrazu w ciemnym polu oraz urządzenie do antykontaminacji.

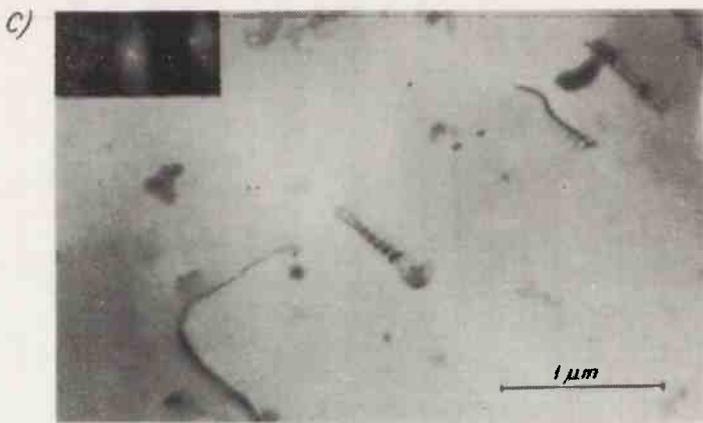
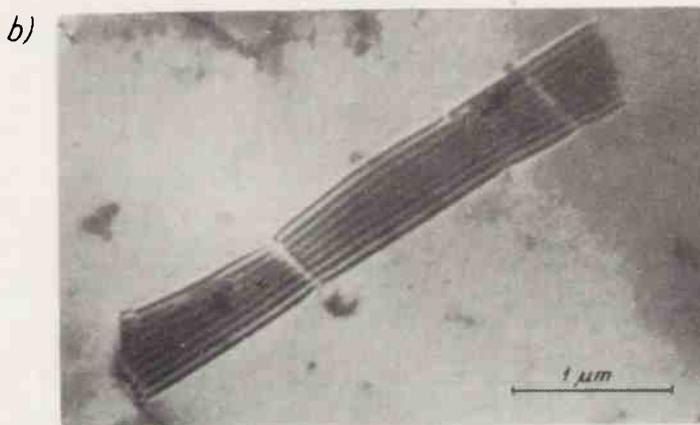
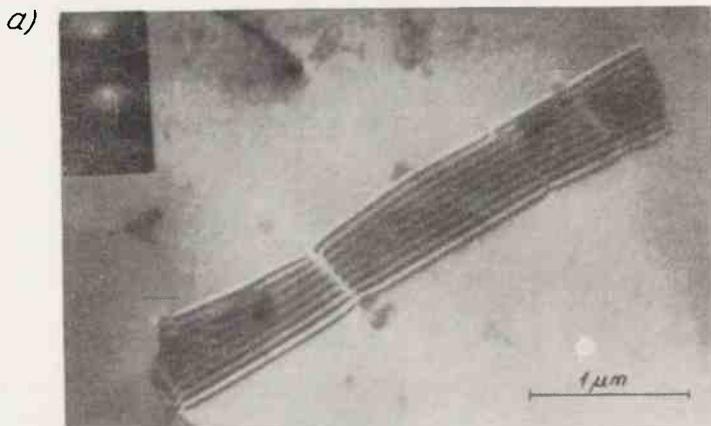
Warstwy przygotowano w Zakładzie Związków Półprzewodnikowych ONPMP i dostarczono w postaci płytek o średnicy około 30 mm i grubości około 300 μm przy grubościach warstw 50-130 μm . Warstwy były domieszkowane tellurem do koncentracji nośników ładunku $5 \cdot 10^{17} - 2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Narastanie warstw odbywało się na płaszczyźnie [100] GaAs, zgodnie z technologią podaną w pracy [1]. Na rysunku 6 przedstawiono wykres zmiany koncentracji fosforu w funkcji grubości warstw, których defekty przedstawiono na rys. 1-4.

Ultradźwiękami wycinano z płytek krążki o średnicy 3 mm. Tak przygotowane preparaty były następnie scieniane metodą jednostronnego polerowania chemicznego, które odbywało się od strony podłoża za pomocą wody królewskiej w temperaturze 350-400°C. Scienianie prowadziło w specjalnym uchwycie teflonowym, umożliwiającym

* Praca przygotowana na Konferencję Naukową nt. "Otrzymywanie i własności fizyczne związków półprzewodnikowych i ich roztworów stałych" /Cetuń, 7-9 X 1975 r./.

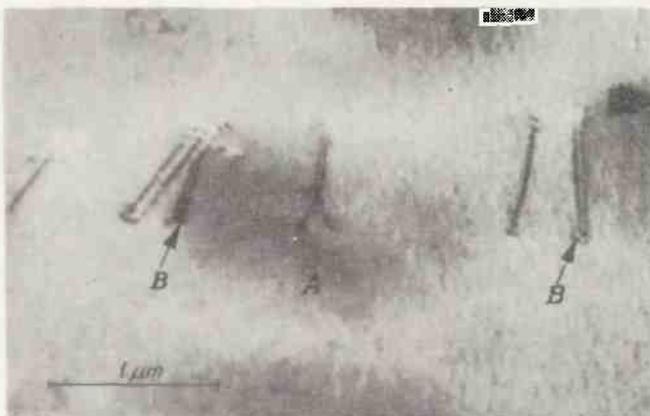


Rys. 1. Obraz dyslokacji przedstawiony w ciemnym polu przy działającym refleksie $02\bar{2}$

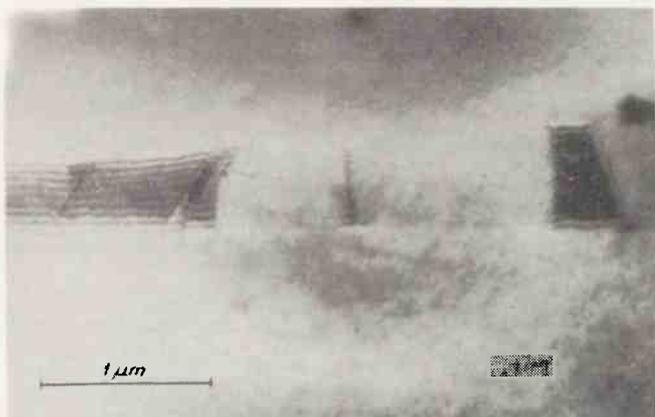


Rys. 2. Błędy ułożenia i związane z nimi dyslokacje częściowe: a/ obraz błędu ułożenia w jasnym polu \bar{g} -220, b/ obraz błędu ułożenia w ciemnym polu wykonany w refleksie $\bar{2}20$, c/ obraz znikania kontrastu błędu ułożenia przy działającym refleksie \bar{g} -202

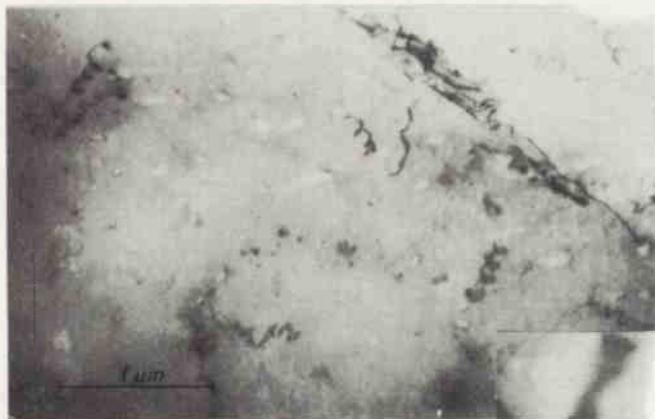
a)



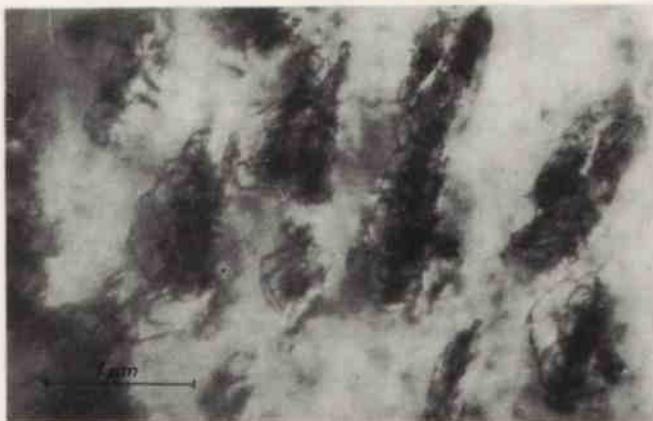
b)



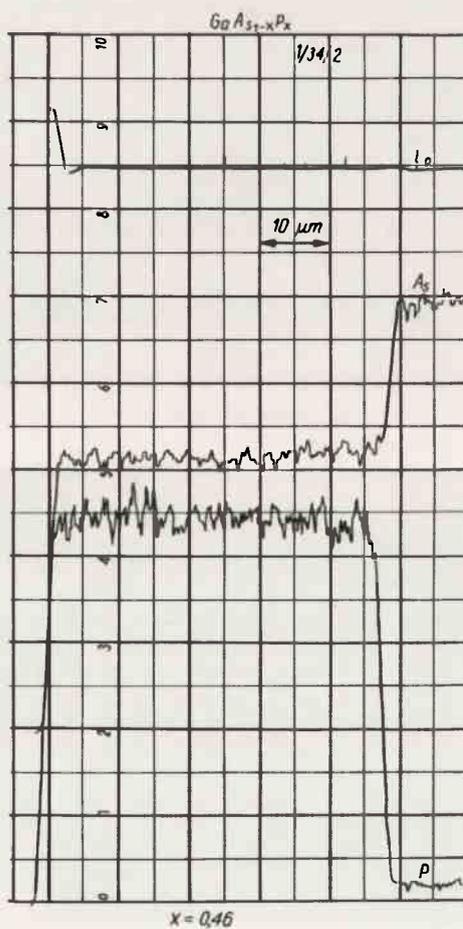
Rys. 3. Błędy ułożenia i związane z nimi dyslokacje częściowe: a/ciemne pole $\bar{0}22$ A: $b = \frac{1}{\lambda} [211]$, B: $b = \frac{1}{\lambda} [411]$,
b/ ciemne pole $\bar{0}22$



Rys. 4. Dyslokacje spiralne, jasne pole $\vec{g} = 020$



Rys. 5. Obraz wydzieliń, które wygenerowały widoczne na zdjęciu dyslokacje



Rys. 6. Wykres zmiany koncentracji fosforu w funkcji grubości warstw heteroepitaksjalnych

maskowanie próbek od strony warstwy. Wyniki obserwacji przedstawiono na rys. 1-4 / wszystkie zdjęcia zostały wykonane dla dwuzwiązkowego przypadku dynamicznego [2]/. Na rysunku widać obraz dyslokacji, przedstawiony w ciemnym polu, przy działającym refleksie $0\bar{2}2$.

Zmieniając warunki dyfrakcyjne doprowadzono do znikania obrazu dyslokacji, z czego wyznaczono wektor Burgersa dyslokacji, który jak się okazało, był typu $\frac{1}{2} \langle 110 \rangle$ [2]. Większość obserwowanych dyslokacji była dyslokacjami krawędziowymi i dyslokacjami 60 - stopniowymi.

Kolejno obserwowane defekty, to błędy ułożenia i związane z nimi dyslokacje częściowe. Rysunek 2a przedstawia obraz błędu ułożenia w jasnym polu $/\bar{g}=220/$, zaś rys. 2b - obraz tego samego błędu ułożenia w ciemnym polu wykonany w refleksie 220.

Porównując obrazy w jasnym i ciemnym polu określono górną powierzchnię folii. Odpowiednio orientując dyfrakcję i zdjęcie mikroskopowe stwierdzono, że w przypadku ciemnego pola wektor \bar{g} skierowany jest na ciemny krążek błędu ułożenia. Pozwoliło to stwierdzić, że obserwowany błąd ułożenia jest błędem zgodnym [3]. Rysunek 2c przedstawia znikanie kontrastu błędu ułożenia przy działającym refleksie $20\bar{2}$. Zakładając, że błąd ułożenia jest błędem zgodnym i dobierając wektory błędu ułożenia typu $\bar{R} = \frac{1}{3} \langle 111 \rangle$, na podstawie rys. 2a i 2c stwierdzono, że błąd ułożenia leży w płaszczyźnie $(\bar{1}11)$. Wynik ten jest zgodny z wynikami otrzymanymi w pracy [4].

Na rysunkach 3a i 3b pokazano inne miejsce tej samej próbki. Postępując jak wyżej określono, że błąd ułożenia jest zgodny i leży w płaszczyźnie $(\bar{1}11)$. Dyslokacje częściowe związane z tym błędem ułożenia mają wektory Burgersa typu $\frac{1}{6} \langle 112 \rangle$ /dyslokacje A/ i $\frac{1}{6} \langle 114 \rangle$ /dyslokacje B, rys. 3a/. Warunkiem na znikanie kontrastu dyslokacji częściowych jest $\bar{g} \cdot \bar{b} = 0 \pm \frac{1}{6}$.

Dyslokacje z wektorami Burgersa typu $\frac{1}{6} \langle 112 \rangle$ są dyslokacjami Shockleya, natomiast dyslokacje z wektorami Burgersa typu $\frac{1}{6} \langle 114 \rangle$ powstają prawdopodobnie w wyniku oddziaływania pomiędzy dyslokacjami Shockleya i dyslokacjami Franka $\frac{1}{3} \langle 111 \rangle$ [5].

Zaobserwowano również dyslokacje spiralne /rys. 4/. Powstają one z dyslokacji śrubowych, w wyniku oddziaływania z nagromadzeniami defektów punktowych, tworzących pętle dyslokacyjne. Podobne wyniki przy badaniu tworzenia się znikania dyslokacji spiralnych otrzymali Abrahams, Blanc i Buiocchi [6]. Rysunek 5 obrazuje wydzielenia, albo wtrącenia, które wygenerowały widoczne na zdjęciu dyslokacje.

Przytoczone zdjęcia są charakterystyczne dla obrazów mikrostruktury, obserwowanej we wszystkich dostarczonych próbkach.

Autorzy dziękują M. Ganczarkowej za wydatną pomoc techniczną w wykonaniu pracy oraz mgr W. Brzozowskiemu i dr A. Hrubanowi z Zakładów Związków Półprzewodnikowych za dostarczenie materiałów do badania.

Literatura

1. Brzozowski W.: Materiały Elektroniczne 1, 10, 1973
2. Amelinckx S.: The Direct Observation of Dislocations. New York, Academic Press 1964
3. Gevers R.: Electron Mikroskopy in Material Science. Academic Press. New York 1970, s. 303
4. Abrahams M. S., Tietjen J. T.: Phys. Chem. Solids 3C, 2491, 1961
5. Abrahams M. S., Buiocchi C. J.: Appl. Phys. 41, 2358, 1970
6. Abrahams M. S., Blanc J., Buiocchi C. J.: Phil. Mag. 23, 795, 1971