

Defekty strukturalne w monokryształach GaAs o niskiej gęstości dyslokacji

Praca dotyczy badania defektów strukturalnych w monokryształach GaAs o niskiej gęstości dyslokacji. Płytki z tych monokryształów stanowią materiał podłożowy do warstw epitaksjalnych wykorzystywanych do produkcji specjalnych przyrządów elektronicznych /lasery, detektory/. Niezawodność pracy tych przyrządów i ich wydajność zależy w dużym stopniu od doskonałości strukturalnej warstw epitaksjalnych, na co mają duży wpływ defekty strukturalne istniejące w podłożu. Z tych względów konieczne jest wnikliwe badanie defektów strukturalnych istniejących w materiale podłożowym.

Niskodyslokacyjne monokryształy GaAs domieszkowane Si otrzymywano metodą poziomej krystalizacji kierunkowej z wędrującym gradientem temperatury /"gradient freeze"/. Redukcja gęstości dyslokacji jest w tym przypadku związana zarówno z obniżeniem naprężeń termicznych w procesie krystalizacji jak i z dużą koncentracją domieszki Si. Obniżeniu gęstości dyslokacji może towarzyszyć jednakże wystąpienie innych zaburzeń jednorodności strukturalnej /niejednorodny rozkład domieszki, mikrowydzielenia/. Standardową techniką oceny doskonałości struktury monokryształów GaAs jest trawienie w roztopionym KOH. Dla niskodyslokacyjnych monokryształów GaAs ta technika jest niewystarczająca, ponieważ ujawnia tylko dyslokacje, czyniąc nieczytelnym obraz innych mikrodefektów. Dlatego zastosowaliśmy różne uzupełniające się techniki badania doskonałości strukturalnej, bardziej czułe na mikrodefekty:

- obserwację mikroskopową po subtelnym selektywnym trawieniu chemicznym w roztworze proponowanym przez Abrahamsa i Buicchi [1],
- obserwacje obrazów katodoluminescencyjnych w skaningowym mikroskopie elektronowym /badania wykonywano za pomocą mikroskopu JSM-2/.

Stosowanie tych metod pozwoliło na ujawnienie, oprócz dyslokacji, innych niedoskonałości struktury krystalicznej w postaci pasm segregacji domieszki oraz mikrowydzieleń.

Niezależnie od tych metod, pewne próbki były badane metodami topografii rentgenowskiej, szczególnie metodą topografii dwukrystalicznej. Te badania pozwalają na identyfikacje dyslokacji i pasm wzrostu,

a także dają informacje o deformacji sieci w kryształach. Badania topograficzne są jednakże praktycznie nieczułe na mikrowydzienia i małe pętle dyslokacyjne o średnicy mniejszej niż 2 μm . Wiele płytek na dużej części powierzchni nie miało dyslokacji, a na pozostałej części powierzchni gęstość dyslokacji nie przekraczała $5 \times 10^2 \text{ cm}^{-2}$. Topografie dwóch typowych próbek z ujawnionymi dyslokacjami i pasmami wzrostu są pokazane na rys. 1. Niektóre z tych pasm są związane ze wzrostem kryształu w obszarach ściankowanych /"Facet growth"/.

Zastosowanie metod subtelnego, chemicznego trawienia i katodoluminescencji pozwoliło na ujawnienie w niektórych płytkach mikrodefektów o różnej wielkości i koncentracji. Przykłady przedstawiono na rys. 2 i 3. Na rys. 2 podano zestawienie obrazów uzyskanych na płytkach z początku /rys. 2a i b/, ze środka /rys. 2c i d/ oraz z końca wybranego monokryształu GaAs. Mikrodefekty obserwowano na płytce z końcowej części monokryształu. Występowaniu mikrodefektów towarzyszy obniżenie gęstości dyslokacji. W przypadku tego monokryształu mikrodefekty są słabo widoczne na obrazach katodoluminescencyjnych.

Na rys. 3 podano obrazy defektów z innego - praktycznie bezdyslokacyjnego monokryształu GaAs. W tym przypadku mikrodefekty są widoczne bardzo wyraźnie również na obrazach katodoluminescencyjnych.

Obydwie metody - selektywne trawienie chemiczne oraz katodoluminescencja - ujawniają pasma wzrostu związane z segregacją domieszki, podobne do obserwowanych na topogramach rentgenowskich. Prążki te są stosunkowo słabe, kiedy istnieje duża koncentracja mikrodefektów.

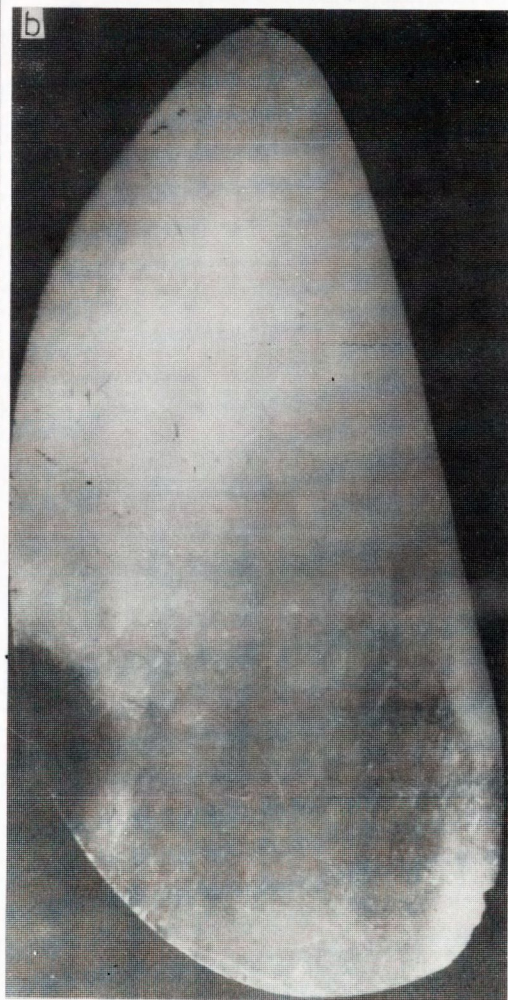
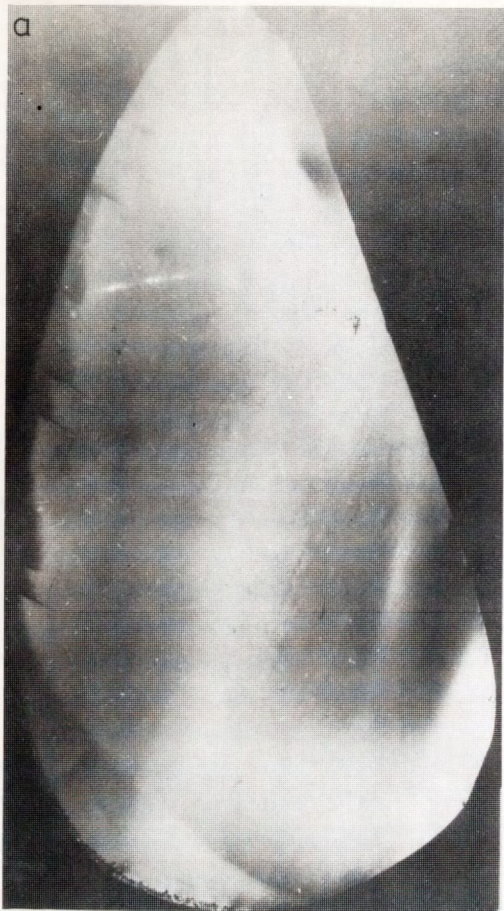
Wnioski:

- badania metodami subtelnego, selektywnego trawienia chemicznego i katodoluminescencji są efektywne w badaniu doskonałości strukturalnej monokryształów GaAs o niskiej gęstości dyslokacji; dostarczają one informacji o dyslokacjach, mikrowydzieniach i segregacji domieszki,
- monokryształy GaAs domieszkowane Si otrzymywane metodą poziomej krystalizacji kierunkowej z wędrującym gradientem temperatury mogą mieć mikrowydzienia, szczególnie w obszarach o bardzo niskiej gęstości dyslokacji,
- metoda topografii rentgenowskiej dostarcza dodatkowych informacji o deformacji sieci, nie może jednak dawać obrazu małych mikrodefektów.

Praca powyższa była demonstrowana w formie plakatu w Libicach /Czechosłowacja/ w dniach 11-15 kwietnia 1988 r. na konferencji "Workshop on Diagnostics of Semiconductor Laser Materials".

LITERATURA

1. Abrahams M.S., Bulocchi C.J., J.Appl. Phys. Vol. 36 /1965/, s. 2855



Rys. 1. Dwukrystaliczne topogramy rentgenowskie dwu typowych płytek GaAs: Si, prawie bezdyslokacyjne na znacznej części powierzchni

a



b



c



d



e



f

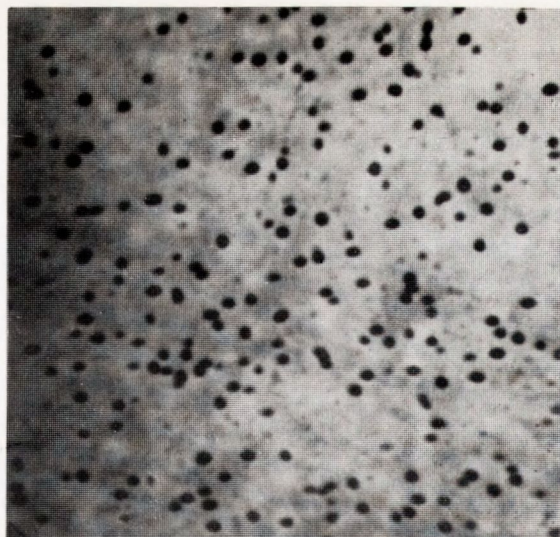


g



Rys. 2. Obrazy defektów strukturalnych z różnych obszarów jednego z monokryształów GaAs:Si

a, b - płytka z początku monokryształu, c, d - płytka ze środkowej części monokryształu, e, f, g - płytka z końca monokryształu
 /a, c, e, f - obrazy w mikroskopie optycznym z kontrastem Nomarskiego, po selektywnym trawieniu chemicznym, b, d, g - obrazy katodoluminescencyjne, naniesiona skala odpowiada 100 μm /



c



b



a

Rys. 3. Obrazy defektów strukturalnych w bezdyslokacyjnym monokryształe GaAs:Si
a - obraz w mikroskopie optycznym z kontrastem Nomarskiego, po selektywnym trawieniu chemicznym,
b, c - obrazy katodoluminescencyjne, naniesiona skala odpowiada 100 μm