

ZASTOSOWANIE SELEKTYWNEGO TRAWIENIA CHEMICZNEGO DO OKREŚLENIA POŁOŻENIA ŚCIEC BAZOWYCH NA MONOKRYSTALICZNYCH PŁYTKACH O ORIENTACJI (100) ZWIĄZKÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH TYPU $A^{III}B^V$

Joanna Pawłowska¹, Anna Bańkowska¹

W pracy omówiono metody identyfikacji kierunków krystalograficznych w celu wyznaczenia ściec bazowych na płytkach monokryształów grupy materiałowej $A^{III}B^V$. Przedstawiono porównawcze wyniki otrzymane z wykorzystaniem różnych metod selektywnego trawienia. Określono przydatność poszczególnych metod do wyznaczenia ściec bazowych na płytkach monokryształów bezdyslokacyjnych. Dla monokryсталicznych płytek InAs opracowano technikę określania kierunków krystalograficznych z zastosowaniem masek tlenkowych.

Słowa kluczowe: ściecie bazowe, trawienie chemiczne $A^{III}B^V$

Key words: flats, chemical etching $A^{III}B^V$ materials

1. WSTĘP

Anizotropia właściwości wielu parametrów fizycznych monokryształów związków półprzewodnikowych $A^{III}B^V$ bardzo wyraźnie ujawnia się w produkcji warstw epitaksjalnych i wytwarzanych na nich przyrządach optoelektronicznych. Fakt ten powoduje konieczność rozróżnienia na płytkach o orientacji (100), stanowiących 97% popytu światowego, płaszczyzn krystalograficznych {110} oraz kierunku krystalograficznego [111] z podziałem na [111]A i [111]B. Identyfikacji tych płaszczyzn i kierunków służą na płytkach dwa wzajemnie prostopadłe ściecia bazowe:

¹ Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa, e-mail: Joanna.Pawlowska@itme.edu.pl

duże ścieżce bazowe *Primary Flat* (PF) lub *Orientation Flat* (OF) oraz małe ścieżce bazowe *Secondary Flat* (SF) lub *Identification Flat* (IF). Generalnie, istnieją dwie grupy metod pozwalające określić położenie ścieżek bazowych: chemiczno optyczne i rentgenowskie. W tych pierwszych wykorzystuje się specyfikę obrazów figur trawienia lub współczynników odbicia światła dla określenia geometrii ścieżek bazowych. Należy wyraźnie zaznaczyć, że procedury trawienia chemicznego stanowią zbiór metod kontrolnych dla badań rentgenowskich.

Rentgenowski pomiar służący wyznaczeniu ścieżek bazowych, wymaga specjalnego przygotowania monokrystalicznego bloku. Surowy monokryształ musi być obtoczony do określonej średnicy i wytrawiony chemicznie tak, żeby została usunięta warstwa uszkodzona obtaczaniem. Zważywszy wielokilogramową masę współcześnie otrzymywanych monokryształów, operacja trawienia jest skomplikowana, jak i ryzykowna ze względu na możliwość zniszczenia całego obrabianego bloku. Ponadto, metoda rentgenowska wymaga określenia kąтового położenia par kierunków krystalograficznych: [100]; [111] lub [110]; [111], dodatkowo wymaga rozróżnienia pomiędzy płaszczyznami {111}A i {111}B. W monokryształach o orientacji $\langle 100 \rangle$, w procesach obtaczania i odcinania końców stożka wzrostu i zakończenia kryształu odsłaniane są płaszczyzny (100) i (110) oraz kierunki krystalograficzne [100] i [110]. Żeby odsłonić płaszczyznę {111} należy zeszlifować krawędź przecięcia kierunków [100] i [110]. Kąt szlifowania określany jest w zależności od wyboru płaszczyzny bazowej i wynosi odpowiednio $54,74^\circ$ pomiędzy kierunkami [100] i [111] oraz $35,26^\circ$ pomiędzy kierunkami [110] i [111]. Żądane, kątowe tolerancje $\delta \leq \pm 0,01^\circ$ wykonania ścieżek bazowych rzutują na warunki pomiarowe i obróbcze metody rentgenowskiej. Utrzymanie tolerancji na wspomnianym poziomie możliwe jest tylko wówczas, jeżeli pomiar rentgenowski i obróbka zespolone są w jednym urządzeniu. Kolejnym etapem metody rentgenowskiej jest określenie rodzaju odsłoniętej płaszczyzny {111}. Z szerokości pików widma dyfraktometrycznego, dla refleksu pochodzącego od płaszczyzny {111} określa się rodzaj analizowanej rentgenowsko płaszczyzny – {111}A lub {111}B [1]. W klasycznych dyfraktometrach rentgenowskich, różnice w szerokościach pików połówkowych pochodzących z różnych płaszczyzn {111} są na poziomie błęd pomiarowego. Dlatego stosuje się drogie dyfraktometry dwukrystaliczne, które zwiększają rozdzielczość do 10% na poziomie różnic między szerokościami połówkowymi krzywych intensywności odbić od płaszczyzn {111}. Masa bloków monokrystalicznych oraz żądana precyzja ścieżek bazowych sprawiły, że w koncepcji urządzeń obróbczych, wykorzystujących pomiar rentgenowski do określenia kierunku ścieżek bazowych, geometria goniometru jest stała, zaś ruchomy jest monokryształ. Fakt ten sprawia, że takie urządzenie obróbcze może być stosowane tylko dla jednego typu materiału, dla jednych specyficznych ustawień kątów Bragg'a. Stąd, metoda rentgenowska wyznaczania kierunku ścieżek bazowych staje się opłacalną w produkcji płytek na skalę przemysłową.

Alternatywą dla drogiej metody rentgenowskiej jest zespół pośrednich, chemiczno-optycznych metod określania położenia głównych ścieg bazowych. W grupie tej wyróżnia się trzy główne sposoby umożliwiające wyznaczenie orientacji ścieg bazowych:

1. trawienie monokrystalicznej powierzchni kryształu związków typu $A^{III}B^V$ o orientacji $\langle 100 \rangle$, wykorzystujące efekt różnic potencjałów wiązań atomowych płaszczyzn A i B orientacji (111) dla ujawniania wydłużonych jamek trawienia w kierunku $[111]B$,
2. analiza kształtu profilu okienek wytrawionych z podłoża metodą nanoszenia masek tlenkowych – masek o wzajemnie prostopadłych krawędziach,
3. analizowanie obrazu powierzchni ścian w stożkowej części monokryształu. Popularnie, metoda ta sprowadza się do identyfikacji tzw. ścianek błyszczących i matowych, tożsamy z płaszczyznami krystalograficznymi (111)A i (111)B obserwowanych po trawieniu chemicznym.

Wszystkie trzy metody zostały ujęte w normach [1-2]. Jednak, tylko pierwszą i drugą metodę opisano w normach i podano wzorcowe obrazy jamek trawienia dla określonych kierunków krystalograficznych. W przypadku trzeciej metody normy nie określają żadnych konkretnych procedur wiążących obrazy ścian stożka wzrostu monokryształu o orientacji $\langle 100 \rangle$ z kierunkami (111)A i (111)B ścieg bazowych.

Wykonanie ścieg bazowych jest jednym z etapów, sekwencyjnie zorganizowanej technologii, *obróbki mechaniczno-chemicznej* (OMC) monokryształów grupy materiałowej $A^{III}B^V$. Procedurę wyznaczenia kierunku ścieg bazowych rozpoczyna się po jakościowym zakwalifikowaniu monokryształu do cięcia na płytce. Pomiar gęstości powierzchniowej jamek trawienia (EPD) prowadzony jest na płytkach kontrolnych pobranych z nieobtoczonego bloku monokrystalicznego. Rezultaty tego pomiaru stanowią o wyborze sposobu wyznaczenia kierunku ścieg bazowych. Postępowanie związane z wyborem metody wyznaczenia kierunku ścieg bazowych wynika z następującej analizy gęstości EPD:

- ✓ jeżeli $EPD \geq 10^3 \text{ cm}^{-2}$ oraz znane są roztwory chemiczne trawiące jamki z wydłużeniem w kierunku $[111]B$ dla $A^{III}B^V$, wówczas stosuje się metodę pierwszą,
- ✓ jeżeli gęstość jamek trawienia jest poniżej 10^3 cm^{-2} , a dodatkowo ujawniają się one przy krawędzi² płytki kontrolnej, wtedy do wyboru pozostają metody druga lub trzecia.

Metoda druga - polegająca na analizowaniu kształtu trawienia profili spod masek tlenkowych, jednoznacznie określa kierunki ścieg bazowych. Jej jedyną, ale poważną wadą jest konieczność wykonania skomplikowanych czynności technologicznych i pomiarowych. Dla tej metody płytki kontrolne muszą być dokładnie wypolerowa-

² Przykrawędziowe położenie jamek trawienia na płytce kontrolnej sprawia, że mogą być one usunięte w procesie obtaczania monokryształu. Fakt ten praktycznie eliminuje kolejne procedury kontrolne ścieg bazowych na dalszych etapach obróbki.

ne. Sama procedura nanoszenia masek jest czasochłonna. Po wytrawieniu okienek w masce, kształt profilu analizowany jest z udziałem SEM (*Scanning Electron Microscope*). Liczba operacji koniecznych do wprowadzenia takiej procedury jest na tyle duża, że istnieje wysokie prawdopodobieństwo zniszczenia płytki kontrolnej i powtarzania całego procesu. Dlatego, z technologicznego punktu widzenia, metoda ta jest zbyt skomplikowana i kosztowna.

Trzecia z omawianych metod, z punktu widzenia OMC monokryształów grupy materiałowej $A^{\text{III}}B^{\text{V}}$ jest najprostszą. Sprowadza się ona do wzrokowego rozróżniania stopnia odbicia światła od dokładnie ukształtowanych w procesie wzrostu monokryształu czterech symetrycznie położonych ścian stożka wzrostu. Pary przeciwległych ścian wzrastają w kierunkach krystalograficznych $[111]$. Jedna para w kierunku $[111]A$, zaś druga w kierunku $[111]B$. Podobnie jak w przypadku płytek o orientacji (111) , których trawienie chemiczne ujawnia błyszczącą stronę A i matową stronę B, w procesie monokryształizacji stożka następuje samoistne zróżnicowanie chropowatości ścian z podziałem na błyszczące i matowe. Problem w zastosowaniu tej prostej metody określania ścieżek bazowych, wiąże się ze stopniem pewności w klasyfikacji ścian z podziałem na błyszczące i matowe. Fizyczne i chemiczne warunki wzrostu monokryształu – szczególnie w metodzie LEC (*Liquid Encapsulated Czochralski*) – zwykle zacierają różnice w natężeniu światła odbitego od poszczególnych ścian stożka. Tym samym identyfikacja kierunków krystalograficznych, koniecznych do wyznaczenia ścieżek bazowych obarczona jest dużą niepewnością.

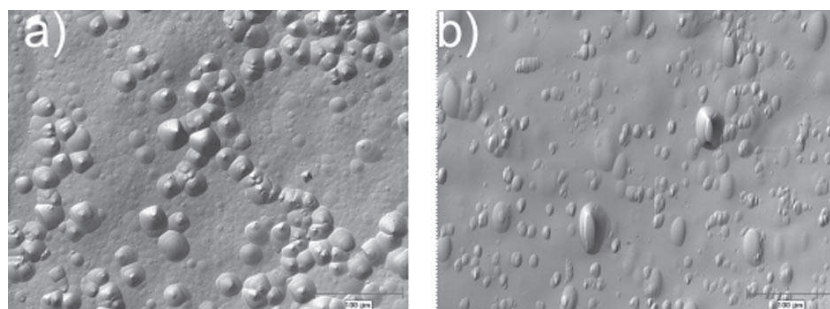
Celem niniejszej pracy jest przedstawienie rezultatów selektywnego trawienia chemicznego w zastosowaniu do określania kierunków krystalograficznych wybranych związków w celu wykonania ścieżek bazowych na monokryształicznych płytkach InAs, InP, GaAs i GaP. Szczególną uwagę poświęcono monokryształom InAs, które wytwarzane są w celach komercyjnych dla zastosowań w systemach światłowodowej transmisji danych oraz w elektronicznej aparaturze medycznej. Nowoczesna technologia i metoda LEC, jaką dla otrzymywania tych monokryształów stosowano, umożliwia w większości wytwarzanie monokryształów bezdyslokacyjnych. Dlatego też zaistniała konieczność wdrożenia, nieskomplikowanej w warunkach technologicznych, metody wyznaczania kierunku ścieżek bazowych. Przystępując do realizacji celu przyjęto, że rolę kontrolną w badaniach spełniać będą, normatywne zdefiniowane metody związane z analizą asymetrycznych jamek trawienia oraz trawienia profili spod masek tlenkowych.

2. OKREŚLANIE KIERUNKÓW ŚCIEŻEK BAZOWYCH NA PODSTAWIE ASYMETRYCZNYCH JAMEK TRAWIENIA

Najogólniej, metoda ta sprowadza się do ujawnienia na powierzchni pobranej z monokryształu płytki kontrolnej wydłużonej jamki trawienia, odpowiadającej

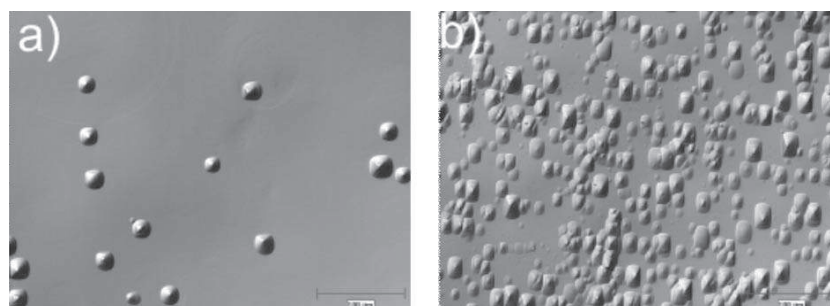
miejscu występowania dyslokacji w monokryształe. Z metodycznego punktu widzenia ważne jest, żeby płytka kontrolna miała dobrze określone położenie względem monokrystalicznym bloku.

Warunkiem zastosowania omawianej metody jest umiejętność asymetrycznego trawienia jamek dyslokacyjnych. Dla monokryształów grupy $A^{III}B^V$ o orientacji krystalograficznej (100), publikacje podają najczęściej składy mieszanek trawiących jamki dyslokacyjne bez wyraźnego zróżnicowania stopnia asymetrii jakie pozwalają uwidocznąć na podłożu [3]. Na Rys. 1a i Rys. 2a pokazano obrazy jamek dyslokacyjnych oraz podano składy typowych roztworów chemicznych stosowanych w ocenie gęstości dyslokacji w podłożu – tzw. EPD. Symetryczne jamki trawienia dla materiałów GaP i InP o orientacji krystalograficznej (100) mają kształt stożka. Obraz jamek trawienia asymetrycznego zaprezentowano na Rys.1b; Rys. 2b; Rys. 3a - 3b. [4].



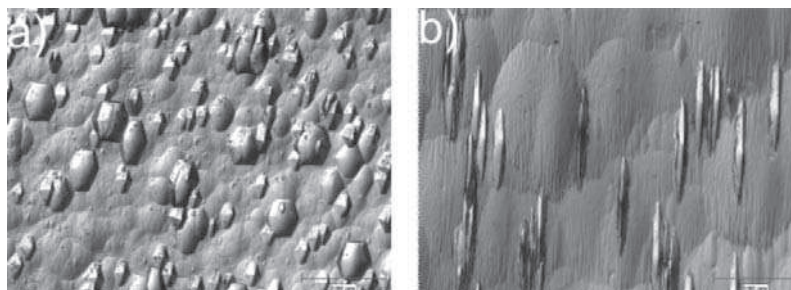
Rys. 1. Obraz jamek dyslokacyjnych na płytce GaP (100): a) jamka symetryczna; b) jamka niesymetryczna.

Fig. 1. The images of etch pits on the crystallographic plane (100) on GaP: a) symmetrical pits; b) non-symmetrical pits.



Rys. 2. Obraz jamek dyslokacyjnych na płytce InP (100): a) jamka symetryczna; b) jamka niesymetryczna.

Fig. 2. The images of etch pits on the crystallographic plane (100) on InP: a) symmetrical pits; b) non-symmetrical pits.



Rys. 3. Obraz niesymetrycznych dyslokacyjnych jamek trawienia na płaszczyznach krystalograficznych (100) dla płytek: a) GaSb; b) InAs.

Fig.3. The images of etch pits on the crystallographic plane (100) on: a) GaAs, b) InAs substrates.

Powyższe zdjęcia wykonano za pomocą telewizyjnego analizatora obrazu firmy CLEMEX używając obiektywu powiększającego 200 razy. Znajomość składu tych roztworów oraz warunków trawienia przedstawione w Tab. 1, pozwala w bardzo szybki i tani sposób określić płaszczyzny wykonywania ścieg bazowych według standardów zawartych w normach. Należy zwrócić uwagę, że metoda identyfikacji ścieg bazowych na podstawie asymetrycznego kształtu jamek trawienia stanowi fazę przygotowawczą operacji wykonania ścieg bazowego. Pokazuje ona jedynie, po której stronie poboczniczy monokrystalicznego wałka ma być wykonane.

Tabela 1. Składy roztworów chemicznych wytrawiających jamki dyslokacyjne w materiałach typu $A^{III}B^V$.

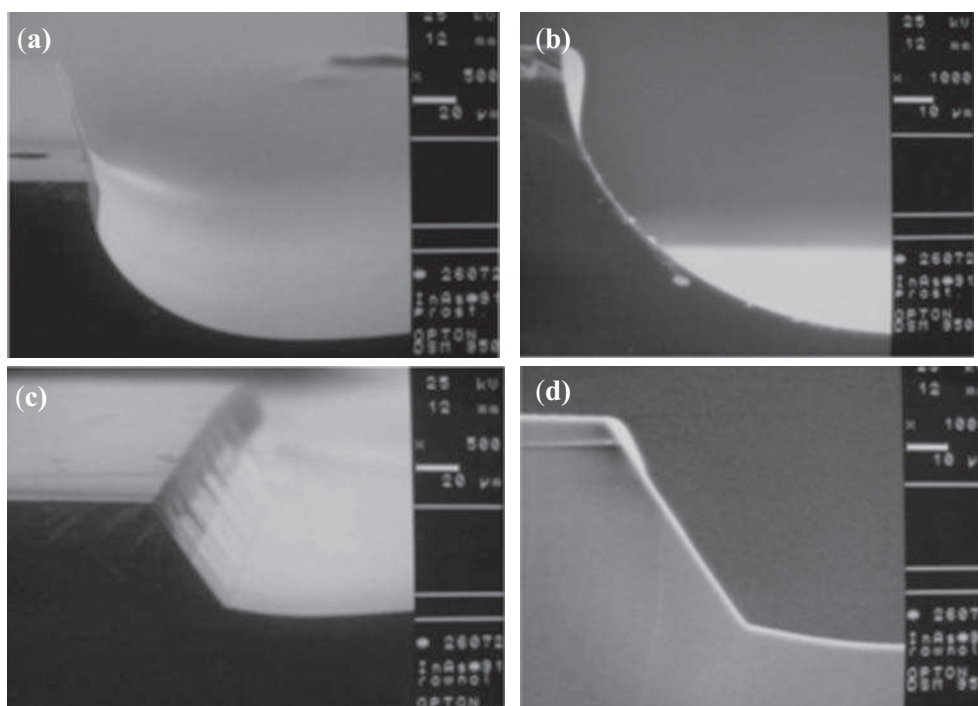
Table 1. Ingredients of chemical solutions for pits etching in $A^{III}B^V$ materials.

Rodzaj materiału i roztwory trawiące				Rodzaj jamki trawienia na płaszczyźnie o orientacji (100)
InAs	InP	GaAs	GaP	
$HNO_3:HCl:H_2O$	$H_3PO_4:HBr$	$H_2O:AgNO_3:CrO_3:HF$	$HF:H_2O$	Symetryczna
HCl	$HBr:H_2O$	Stopiony KOH	$H_2SO_4:H_2O_2:HF$	Asymetryczna

3. ZASTOSOWANIE MASEK TLENKOWYCH DO POZYCJONOWANIA ŚCIEG BAZOWYCH

Metoda trawienia monokrystalicznej płytki z naniesionymi maskami tlenkowymi jest procedurą jednoznacznie definiującą pozycjonowanie ścieg bazowych w kryształach o orientacji (100). Cała procedura oznaczenia ścieg bazowych tą metodą

składa się z szeregu czynności pośrednich takich, jak: odcięcie płytki kontrolnej oraz wszystkich operacji związanych z jego obróbką mechaniczno-chemiczną – szlifowanie, trawienie międzyoperacyjne, polerowanie, mycie i suszenie. Następnie, na podłożu wykonywane są maski tlenkowe, których krawędzie usytuowane są wzdłuż wzajemnie prostopadłych kierunków krystalograficznych. Kolejnym procesem jest chemiczne trawienie polerujące podłoża z maskami. Następnie wykonywane są wzajemnie prostopadłe przełomy poprzez okienka masek tlenkowych. Obserwacje profilu przełomów wytrawionego spod masek podłoża wymagają użycia skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Należy pamiętać, że tak jak w przypadku metody asymetrycznych jamek trawienia wszystkie wymienione wyżej operacje przygotowawcze muszą być wykonywane na odzardziowej stronie testowej płytki. Wówczas, trawienie w kierunku krystalograficznym $[011]$ ujawnia kształt zwany „jaskółczym ogonem” (*dovetail-groove*) – Rys. 4a-4b. Natomiast kierunek krystalograficzny $[011]$ trawi się w kształcie litery „V”, „*V-groove*” – Rys. 4c-4d.



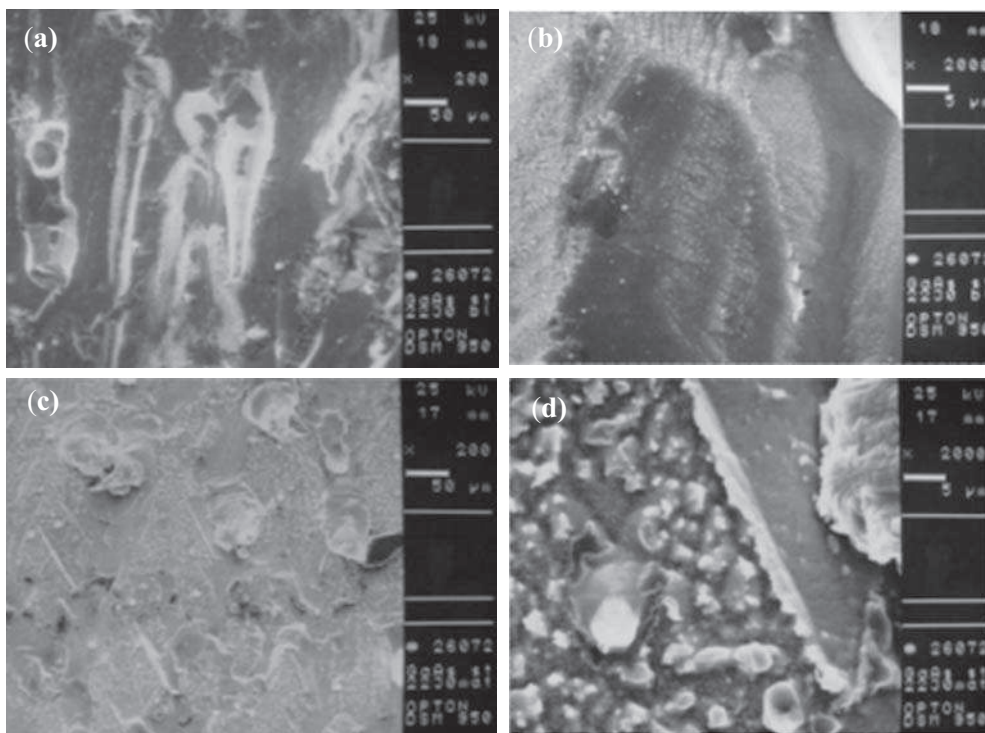
Rys. 4. Obraz profilu wytrawienia przy krawędzi maski tlenkowej na przełomie płytki InAs: a), b) przełom prostopadły do głównego ścieżca bazowego wg standardu SWMI (*dovetail-groove*”; c), d) przełom równoległy do głównego ścieżca bazowego wg standardu SEMI - *V-groove*”.

Fig. 4. The images of etching profiles near edge of oxides masks for InAs substrate intersection: a)perpendicular to PF in SEMI standard, b)parallel to PF in SEMI standard.

Konfrontując otrzymane kształty trawienia ze schematami przedstawionymi w normach – Rys.1-2 można w jednoznaczny sposób określić położenie głównych ścież bazowych

4. ZASTOSOWANIE TRAWIENIA STOŻKÓW MONOKRYSTAŁÓW DO IDENTYFIKACJI KIERUNKÓW ŚCIEŻ BAZOWYCH

Podczas wzrostu monokryształów związków półprzewodnikowych typu $A^{III}B^V$ w kierunku $[100]$ na bocznych powierzchniach stożka widoczne są ścianki $[111]A^{III}$ i $[111]B^V$. Strony A są błyszczące, natomiast strony B są matowe. Ponieważ obserwacje prowadzone są na bocznych ściankach monokrystalicznego stożka, do wyznaczenia ścież bazowych tą metodą, należy wyciąć albo grubą, $5\div 10$ mm płytkę, albo prowadzić obserwacje na całej powierzchni stożka. Podobnie jak w dwu pozostałych



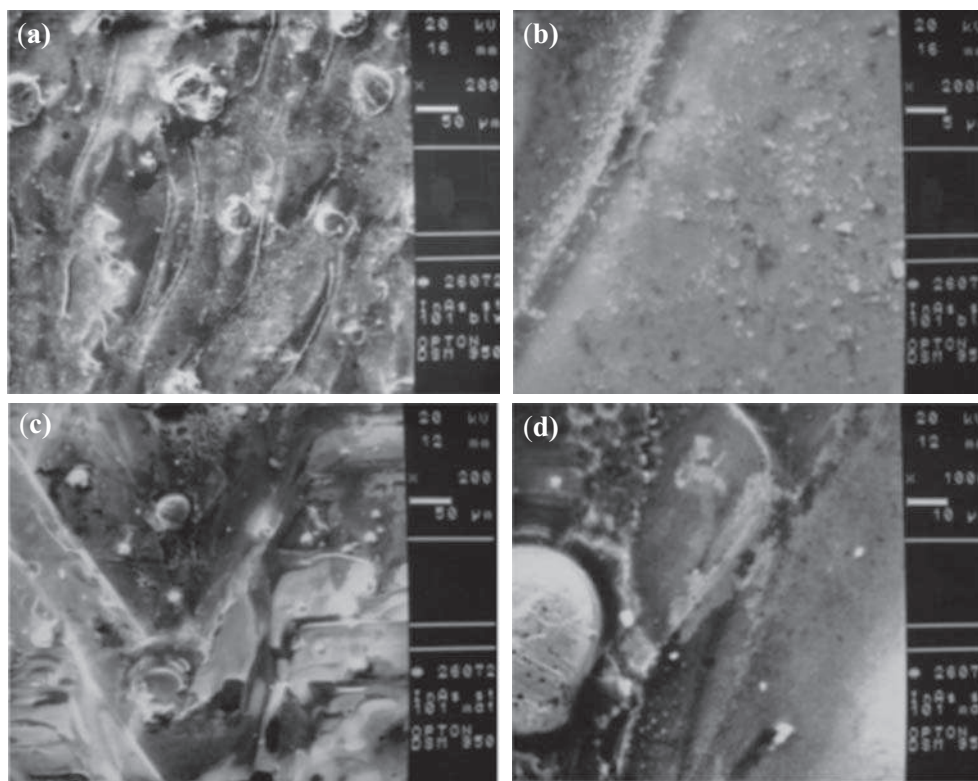
Rys. 5. Skaningowe (SEM) obrazy morfologii, po procesie monokrystalizacji ścianek na stożkowej części monokryształu GaAs: a), b) ścianka błyszcząca; c), d) ścianka matowa.

Fig. 5. The surfaces morphology for conical part of GaAs single crystal – immediately crystallization process after: a, b) like mirror surface; c, d) mat surface.

metodach stożek musi być dokładnie pozycjonowany z monokryształem, na którym wykonywane będą ścięcia bazowe.

Na Rys.5a-5b pokazano błyszczące strony ścianek monokrystalicznego stożka kryształu GaAs. Na Rys.5c-5d widoczne są obrazy ścianek matowych. Dokładne rozróżnienie stopnia rozwinięcia powierzchni obu badanych ścian możliwe jest dopiero przy obserwacjach SEM w powiększeniach większych niż 1000 razy. Na płaszczyznach błyszczących stron monokrystalicznego stożka GaAs wielkość centrów rozproszeń światła białego jest poniżej $0.5 \mu\text{m}$. Podobne centra na stronie matowej są o rząd wielkości większe $\sim 25 \mu\text{m}$. Tak wyraźna różnica w wielkości centrów rozproszeń powoduje, że bez specjalnych zabiegów można, okiem nieuzbrojonym, odróżnić matową od błyszczącej strony stożka.

Na Rys. 6 pokazano morfologię ścian stożka dla monokrystalicznego InAs. Metoda ta w zastosowaniu do arsenku indu ma szczególne znaczenie. Wytwarzane w ITME/Z-6 monokryształy InAs są bardzo często bezdyslokacyjne. Nie istnieje za-

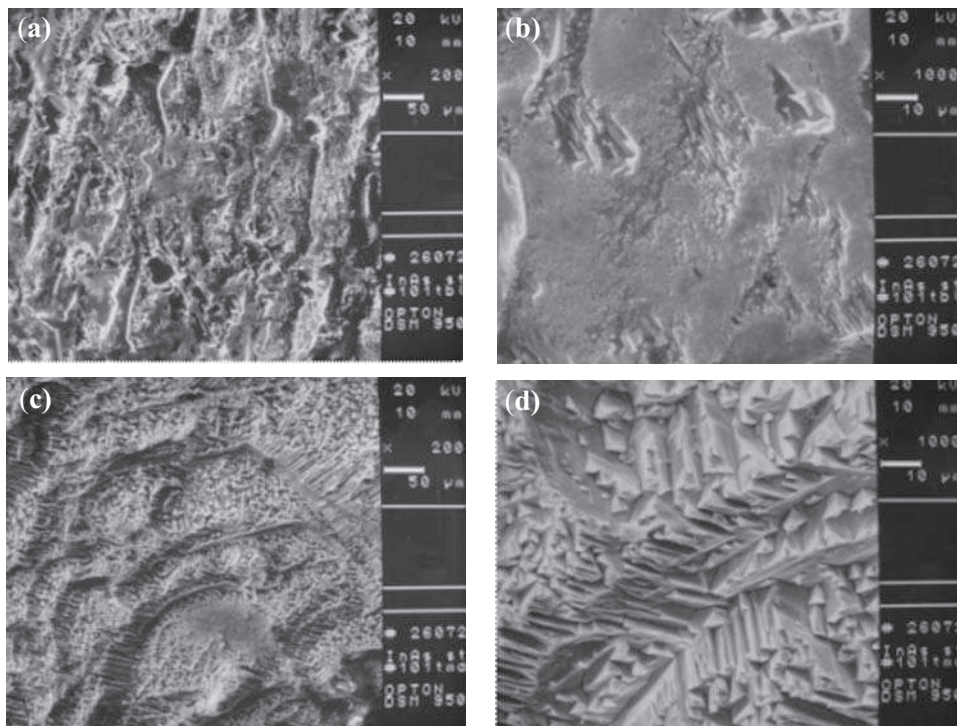


Rys. 6. Obrazy morfologii po procesie monokryształizacji ścianek na stożkowej części monokryształu InAs: a, b) ścianka błyszcząca; c, d) ścianka matowa.

Fig.6. The surfaces morphology for conical part of InAs single crystal – immediately crystallization process after a, b) like mirror surface, c, d) mat surface.

tem możliwość zastosowania metody asymetrycznego trawienia dyslokacji, a metoda trawienia spod masek jest wysoce kosztowna. Obserwacja ścian monokrystalicznego stożka InAs bezpośrednio po procesie nie daje gwarancji jednoznacznego wyznaczenia kierunków krystalograficznych określających położenie ścieg bazowych. Na Rys. 6a i Rys. 6c, stosując obiektyw powiększający 200 razy, centra rozprożeń matowej i błyszczącej powierzchni mają podobną wielkość. Z tego względu, ocena stopnia odbicia światła od poszczególnych ścianek okiem niezbrojonym, może być obciążona dużym błędem, a w przypadkach skrajnych jest niemożliwa.

Efekt odbicia światła i następnie rozróżnienia matowych i błyszczących płaszczyzn monokrystalicznego stożka można w istotny sposób wzmocnić. Stosując selektywne trawienie chemiczne udaje się zredukować do minimum rozwinięcie powierzchni błyszczącej, natomiast powierzchnia matowa poważnie zwiększa swoją mikrochropowatość. Na Rys.7 pokazano obrazy ścian stożka po trawieniu w HCl.



Rys. 7. Obrazy morfologii po procesie monokryształizacji i trawieniu w HCl ścianek na stożkowej części monokryształu InAs: a, b) ścianka błyszcząca; c, d) ścianka matowa.

Fig.7. Morphology images after crystallization and HCl etching for surface on conical part InAs single crystal: a, b) like mirror; c, d) mat.

Skaningowa obserwacja morfologii trawionych powierzchni ujawnia wyraźne różnicowanie rozwinięć błyszczących przedstawionych na Rys. 7a-7b i matowych pokazanych na Rys. 7c -7d płaszczyzn monokrystalicznego stożka InAs. Szczególnie dobrze zauważalne są różnice przy powiększeniu SEM x1000 ukazane na Rys. 7b i Rys. 7d. Jednak, chociaż trawienie w HCl zwiększa kontrast w skaningowych obserwacjach, krystalograficznie różnych ścian stożka, to jest on niedostateczny w obserwacjach okiem nieuzbrojonym.

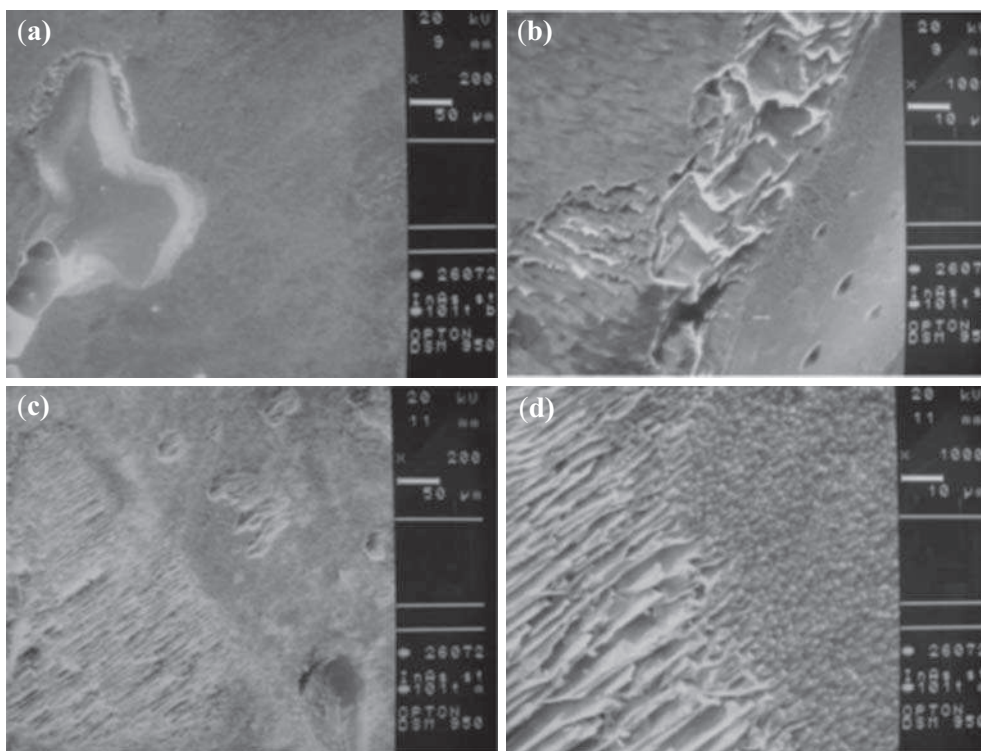
Zdecydowaną poprawę kontrastu ścian uzyskuje się dla InAs stosując procedurę trawienia stosowaną w badaniach EPD dla tego materiału. Procedura ta polega na chemicznym usunięciu warstwy uszkodzonej mechanicznie w procesie trawienia mieszkanką 1÷4% Br₂ w metanolu. Stężenie bromu związane jest z szybkością usuwania warstwy uszkodzonej. Mniejszemu stężeniu, 1% Br₂, odpowiada mniejsza prędkość trawienia 3 μm/min, jednocześnie materiał trawi się równomiernie na całej powierzchni. Przy stężeniu 4% Br₂ w metanolu, szybkość trawienia wzrasta do 10 μm/min, ale obserwuje się wyraźne różnice w geometrii trawienia podłoża – trawi się znacznie szybciej na brzegach, wolniej w środku. Często występuje też, widoczne gołym okiem zafalowanie trawionej powierzchni. Ten rodzaj bromowego polerowania nosi popularną nazwę trawienia na błyszcząco (*mirror like*). Następnie, InAs trawi się w stężonym HCl w temperaturze pokojowej, w czasie 1.5 min. Trawienie kwaśne ujawnia dyslokacje na powierzchni InAs orientacji (100) lub rozwija powierzchnie o orientacji (111) z wyraźnym różnicowaniem stron A i B.

Na Rys. 8 pokazano efekt dwustopniowego trawienia monokrystalicznych stożków InAs pobranych z monokryształów wzrastających w kierunku krystalograficznym [100].

Jak widać na załączonych obrazach SEM, błyszczące strony monokrystalicznych stożków pokrywają jedynie duże i głębokie defekty strukturalne przedstawione na Rys. 8a. Rozwinięcia błyszczących płaszczyzn stożków wzrostu, mające w tym przypadku negatywny wpływ na odbicie światła białego, występują jedynie na krawędziach dużych defektów przedstawione na Rys. 8b. Pozostała część powierzchni ma strukturę dostateczną gładką do zaobserwowania okiem nieuzbrojonym efektu lustrzanego odbicia światła. Matowe powierzchnie charakteryzują się nieznacznym, w porównaniu z wcześniej obserwowanymi na Rys. 6-7 rozwinięciem, stopniem zdefektowania co pokazuje Rys. 8c. Jednak, defekty powodujące rozproszenie światła pokrywają powierzchnie jednorodnie, co uwidacznia Rys. 8d dając doskonale obserwowalny nieuzbrojonym okiem, obraz powierzchni matowej.

Analiza podstawowych metod identyfikacji kierunków wykonywania ścięć bazowych pozwala zaklasyfikować trawienie monokrystalicznych stożków wzrostu, do grupy metod szczególnie przydatnych dla nisko lub całkowicie bezdyslokacyjnych monokryształów grupy materiałowej A^{III}B^V, wzrastających w kierunku krystalograficznym [100]. W przypadku GaAs metoda ta daje się zastosować bezpośrednio. Dla

monokryształów InAs, które najczęściej charakteryzują się strukturą bezdyslokacyjną, wzbogacenie procedury o dwustopniowe – polerujące w Br_2 + metanol i kwasowe w HCl – trawienie, pozwala na jednoznaczną, okiem nieuzbrojonym, identyfikację położenia głównych (PF) i pobocznych (SF) ścież bazowych.



Rys. 8. Obrazy morfologii po procesie monokrysztalizacji, trawieniu polerującym i w HCl , ścianek na stożkowej części monokryształu InAs: a, b) ścianka błyszcząca; c, d) ścianka matowa.

Fig. 8. Morphology images after crystallization, polishing and HCl etching for surface on conical part InAs single crystal: a, b) like mirror; c, d) mat.

5. PODSUMOWANIE

Dokonano oceny różnych technik określania kierunków krystalograficznych dla ścież bazowych na płytkach monokryształów związków półprzewodnikowych typu $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$. Oceniono możliwości oznaczania kierunków krystalograficznych przez analizę wyglądu ścianek na stożkach wzrostu monokryształów niskodyslokacyjnych. Wykorzystując technikę nakładania masek tlenkowych opracowano metodę wyznaczania orientacji i ścież bazowych na płytkach z monokryształów InAs.

LITERATURA

- [1] Norma DIN 50 454, Deutsches Institut für Normung, 2006.
- [2] Norma SEMI M23 – 93; American National Standards Institute, 1993.
- [3] Norma SEMI M9 – 0999; American National Standards Institute, 1999.
4. Favaretto M., Guadalupi G.M., Meregalli L., Molinas B., Tolomio G.: On the determination and control of flats location in liquid - encapsulated Czochralski grown InP wafers, *Materials Science and Engineering*, B28 (1994), 80 – 83
5. Pawłowska J., Gładki A., Ostapska A., Pawłowska M., Konarski A., Powojńska E., Rosołowska E.: Sprawozdanie *Identyfikacja ścieg bazowych dla standardów (SEMI i EJ) w nisko lub całkowicie bezdyslokacyjnych monokryształach grupy materiałowej A^{III}B^V*. Warszawa, ITME 2007

Podziękowania

Autorki dziękują dr inż. Andrzejowi Hrubanowi za udostępnione płytki oraz mgr Marcie Pawłowskiej za wykonanie badań za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego.

SUMMARY

APPLICATION OF SELECTIVE CHEMICAL ETCHING TO PRODUCING ON THE ORIENTATION FLATS ON THE WAFERS III–V SEMICONDUCTING COMPOUNDS

The methods used for determination of the crystallographic orientation in order to make flats on wafers of III–V compounds are presented. The results of selective etching obtained by using various chemical solutions are compared. For dislocation – free InAs wafers, the technique based on using oxide masks have been implemented.