

**CENTRUM NAUKOWO-PRODUKCYJNE MATERIAŁÓW
ELEKTRONICZNYCH „UNITRA-CEMAT”
INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH**

MATERIAŁY ELEKTRONICZNE

Nr 3 (63) — 1988

**WYDAWNICTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO WEMA
WARSZAWA 1988**

<http://rcin.org.pl>

KOLEGIUM REDAKCYJNE

Jan BEKISZ, Andrzej BUKOWSKI, Andrzej JELEŃSKI, Andrzej JAKUBOWSKI, Łukasz KACZYŃSKI (sekretarz redakcji), Jan KOWALCZYK, Zdzisław LIBRANT, Wiesław MARCI-
NIAK (redaktor naczelny), Bohdan PASZKOWSKI, Andrzej SZYMAŃSKI (z-ca redaktora
naczelnego), Romuald WADAS, Władysław K. WŁOŚIŃSKI

Adres Redakcji

INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH
ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

tel. 34 86 10 — redaktor naczelny
35 30 11 w. 105 — z-ca redaktora naczelnego
43 74 61 w. 321 — sekretarz redakcji

PL ISSN 0209-0058

WEMA — 300+50 — 514/88/K — 385/88 — U 6

SPIS TREŚCI

Defekty strukturalne w monokryształach GaAs o niskiej gęstości dyslokacji - M. PAWŁOWSKA, W. WIERZCHOWSKI, I. DĄBROWSKA, A. MATERNA.....	9
Badania doskonałości strukturalnej monokryształów Si GaAs - M. PAWŁOWSKA, I. DĄBROWSKA, W. ORŁOWSKI	11
Rentgenograficzne badania półizolacyjnych monokryształów GaAs - W. WIERZCHOWSKI, K. MAZUR	14
Badanie metodą ESR półizolacyjnych kryształów GaAs i InP naświetlanych elektronami - R. JABŁOŃSKI, M. PALCZEWSKA, W. ORŁOWSKI, A. HRUBAN, K. NOWYSZ	21
Wyjaśnienie całkowitego i ułamkowego zjawiska Halla - R.S. WADAS.....	27

CONTENTS

Structural defects in low-dislocation GaAs single crystals - M. PAWŁOWSKA, W. WIERZCHOWSKI, I. DĄBROWSKA, A. MATERNA.....	9
The investigation of Si GaAs single crystals perfection - M. PAWŁOWSKA, I. DĄBROWSKA, W. ORŁOWSKI	11
X-ray investigation of semi-insulating GaAs single crystals - W. WIERZCHOWSKI, K. MAZUR.....	14
ESR study of paramagnetic defects in electron-irradiated InP and GaAs crystals - R. JABŁOŃSKI, M. PALCZEWSKA, W. ORŁOWSKI, A. HRUBAN, K. NOWYSZ	21
Explanation of integer and of fractional Hall effect - R.S. WADAS	27

СОДЕРЖАНИЕ

Структурные дефекты в низкодислокационных монокристаллах GaAs - M. ПАВЛОВСКА, В. ВЕРХОВСКИ, И. ДОМБРОВСКА, А. МАТЕРНА	9
Исследование структурного совершенства монокристаллов полуизолирующего GaAs - M. ПАВЛОВСКА, M. ДОМБРОВСКА, В. ОРЛОВСКИ	11
Рентгеновские исследования полупроводниковых монокристаллов арсенида галлия - В. ВЕРХОВСКИ, К. МАЗУР	14
Исследование методом ESR полуизолирующих кристаллов GaAs и InP облученных электронами - Р. ЯБЛОНСКИ, М. ПАЛЬЧЕВСКА, В. ОРЛОВСКИ, А. ХРУБАН, К. НОВЫШ	21
Объяснение нормального и дробного эффектов Холла - Р.С. ВАДАС	27

M. PAWŁOWSKA, W. WIERZCHOWSKI, I. DĄBROWSKA, A. MATERNA: Defekty strukturalne w monokryształach GaAs o niskiej gęstości dyslokacji

Badano doskonałość struktury niskodyslokacyjnych $/2+30 \times 10^2 \text{ cm}^{-2}/$ monokryształów GaAs. Zastosowano metody: rentgenowskiej topografii, katodoluminescencji i chemicznego trawienia. Standardowa metoda oceny struktury po trawieniu w roztopionym KOH pozwala na ujawnienie tylko dyslokacji, nie ujawnia mikrowydzielań. Mikrowydzielenia mogą być ujawnione selektywnym trawieniem chemicznym w roztworze AB.

M. PAWŁOWSKA, I. DĄBROWSKA, W. ORŁOWSKI: Badania doskonałości strukturalnej monokryształów SI GaAs

Badano doskonałość struktury monokryształów półizolacyjnego GaAs, niedomieszkowanych oraz domieszkowanych In, Cr lub V. Wykorzystano metodę katodoluminescencji i obserwacji mikroskopowych po selektywnym trawieniu chemicznym w roztworze AB. W monokryształach niedomieszkowanych oraz domieszkowanych Cr lub V obserwowano "komórkowy" układ defektów, w monokryształach domieszkowanych In defekty były zgrupowane w pasma poślizgu.

W. WIERZCHOWSKI, K. MAZUR: Rentgenograficzne badania półizolacyjnych monokryształów GaAs

Za pomocą metod topografii rentgenowskiej badano półizolacyjne monokryształy GaAs zarówno słabo domieszkowane jak i silnie domieszkowane indem. Uzyskano szereg charakterystycznych przykładów struktury defektowej, a szczególnie struktury komórkowej. Badano również występującą w kryształach makrodeformację sieci.

R. JABŁOŃSKI, M. PALCZEWSKA, W. ORŁOWSKI, A. HRUBAN, K. NOWYSZ: Badanie metodą ESR półizolacyjnych kryształów GaAs i InP naświetlanych elektronami

Badano metodą ESR i foto-ESR defekty powstające w półizolacyjnym arsenku galu i fosfoku indu pod wpływem naświetlania elektronami o energii 6 MeV. Dawka naświetlania wynosiła $10^{18} \text{ e cm}^{-2}$. W kryształach InP: Fe obserwowano kompleks Fe-RD o symetrii trygonalnej. Po naświetlaniu światłem $\lambda = 1,3 \mu\text{m}$ obserwowano nowe linie o symetrii rombowej. Wyznaczono stałe obserwowanego widma.

R.S. WADAS: Wyjaśnienie całkowitego i ułamkowego zjawiska Halla

Opisano klasyczny i kwantowy efekt Halla. W efekcie Halla pole magnetyczne H_z indukuje dwie składowe pola elektrycznego E_x i E_y . Wyjaśniono dodatni i ujemny współczynnik Halla różnych pierwiastków oraz całkowity i ułamkowy efekt Halla.

M. PAWŁOWSKA, W. WIERZCHOWSKI I. DĄBROWSKA, A. MATERNA: Structural defects in low-dislocation GaAs single crystals

Structure perfection of low-dislocation GaAs $/2+30 \times 10^2 \text{ cm}^{-2}/$ single crystals has been investigated. X-ray diffraction topography, cathodoluminescence images and chemical etching techniques have been used. The standard method of crystal perfection evaluations by KOH etching reveals only dislocations, but don't give full information about the other imperfections e.g. microprecipitates. This information can be given by subtle selective chemical etching.

M. PAWŁOWSKA, I. DĄBROWSKA, W. ORŁOWSKI: The investigation of SI GaAs single crystals perfection

The structure perfection of SI GaAs single crystals undoped and/or In, Cr, V doped has been investigated. The cathodoluminescence images, optical microscope observation after selective chemical etching in AB solution have been used. The "cellular structure" of defects was observed in undoped and Cr or V doped crystals. In Indium doped GaAs crystals slip dislocation bands structure has been observed.

W. WIERZCHOWSKI, K. MAZUR: X-ray investigation of semi-insulating GaAs single crystals

The slightly doped and heavily In-doped SI GaAs crystals are studied by means of X-ray diffraction topography. Some characteristic examples of the defect structure, and particularly cellular structure are considered. The macroscopical deformation of the lattice is also studied.

R. JABŁOŃSKI, M. PALCZEWSKA, W. ORŁOWSKI, A. HRUBAN, K. NOWYSZ: ESR study of paramagnetic defects in electron-irradiated InP and GaAs crystals

The ESR experiment in electron-irradiated InP:Fe at 4.2 K revealed intense lines with strong trigonalsymmetry attributed to the defect complex involving Fe-ion and radiation defect. The decrease after sample illumination with infrared monochromatic light. Simultaneously, there appear new resonance lines with strong angular dependence. They can be described by spin Hamiltonian with rhombic symmetry.

R.S. WADAS: Explanation of integer and of fractional Hall effect

Classical and quantum Hall effect has been described. Two electric field components E_x and E_y are induced by magnetic field H_z in the Hall effect. Negative and positive Hall coefficient, integer and fractional effect has been explained.

М. ПАВЛОВСКА, В. БЕЖХОВСКИ, И. ДОМБРОВСКА, А. МАТЭРНА: Структурные дефекты в низкодислокационных монокристаллах GaAs

Исследовано структурное совершенство низкодислокационных ($2+30 \times 10^2 \text{ см}^{-2}$) монокристаллов GaAs. Использованы методы: рентгеновской топографии, катодоллюминесценции и химического травления. Стандартный метод оценки структурного совершенства после травления в расплавленном KOH выявляет только дислокации, но не выявляет микродефектов. Микродефекты можно выявить после селективного химического травления в смеси АВ.

М. ПАВЛОВСКА, И. ДОМБРОВСКА, В. ОРЛОВСКИ: Исследование структурного совершенства монокристаллов полуизолирующего GaAs

Исследовано совершенство структуры монокристаллов полуизолирующего GaAs нелегированного и легированного In, Cr либо V. Использовано катодоллюминесценцию и наблюдение микроскопических изображений после селективного химического травления в смеси АВ. Расположение дефектов было "cellular structure" в нелегированном GaAs а также легированном Cr или V. В GaAs легированном In дефекты были сгруппированы и расположены в направлениях плоскостей скольжения.

В. БЕЖХОВСКИ, К. МАЗУР: Рентгеновские исследования полупроводниковых монокристаллов арсенида галлия

Сильно легированные и сильно легированные индом монокристаллы полуизоляционного арсенида галлия были исследованы при помощи методов рентгеновской топографии. Рассмотрено ряд характеристических примеров дефектной структуры. Была тоже исследована макроскопическая деформация кристаллической решетки.

Р. ЯБЛОНСКИ, М. ПАЛЬЧЕВСКА, В. ОРЛОВСКИ, А. ХРУБАН, К. НОВЫШ: Исследование методом ESR полуизолирующих кристаллов GaAs и InP облученных электронами

Исследовано методом ESR и фото-ESR дефекты появившиеся в GaAs и InP после облучения электронами с энергией 6 MeV. Доза облучения была $10^{18} \text{ e см}^{-2}$. В кристаллах InP:Fe наблюдался комплекс Fe-RD с тригональной симметрией. После облучения светом $\lambda = 1,3 \mu\text{m}$ наблюдался новый пик с ромбовой симметрией. Определено постоянное нового пика.

Р.С. ВАДАС: Объяснение нормального и дробного эффектов Холла

Описано классический и квантовый эффекты Холла. В эффекте Холла магнитное поле H_z индуцирует два компонента электрического поля E_x и E_y . Объяснено положительный и отрицательный коэффициенты Холла разных элементов, нормальный и дробный эффекты Холла.

Związki półprzewodnikowe, a szczególnie związki grupy $A_{III} B_V$ znajdują coraz szersze zastosowanie w masowej produkcji przyrządów półprzewodnikowych. Tradycyjnymi już przyrządami są diody elektroluminescencyjne i wskaźniki cyfrowe. Intensywny rozwój nowych zastosowań tych materiałów jest związany ze specyficznymi własnościami fizycznymi, umożliwiającymi ich zastosowanie na elementy systemów łączności światłowodowej /lasery, detektory na zakres 0,8 μm oraz 1,3 μm / a także elementy techniki mikrofalowej w układach o bardzo szybkim działaniu, jak: diody Gunn'a, diody Schottky'ego, tranzystory polowe, układy scalone /systemy łączności satelitarnej, bardzo szybkie komputery itp./. Rozwój produkcji tych przyrządów stał się możliwy dzięki postępowi w dziedzinie technologii związków $A_{III} B_V$. Opracowanie nowych metod syntezy i monokrystalizacji oraz epitaksji pozwala obecnie uzyskiwać monokryształy arsenku galu /GaAs/ i fosforu indu /InP/ o wysokiej ruchliwości nośników, małym stopniu skompensowania i wysokiej perfekcji strukturalnej. Wytwarzanie związków wieloskładnikowych pozwala na stymulowanie w szerokim zakresie własności tych materiałów. Szczególnie intensywny rozwój zastosowań wiąże się z postępem w technologii monokrystalizacji GaAs. Uzyskanie monokryształów GaAs o własnościach półizolacyjnych / 10^6 - $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ / o średnicy 51+75 mm, dużej jednorodności, termostabilności a także o małej gęstości dyslokacji pozwoliło wytworzyć przy stosowaniu techniki implantacji lub epitaksji bardzo szybkie układy scalone.

Postęp w dziedzinie technologii związków $A_{III} B_V$ stał się możliwy dzięki intensywnym badaniom ich własności fizycznych. Kompleksowe badania struktury przy zastosowaniu metod rentgenowskich, mikroskopii elektronowej i metalograficznych w połączeniu z badaniami własności elektrycznych i optycznych oraz interpretacja obserwowanych zjawisk dostarczyły technologom informacji pozwalających na ulepszanie metod syntezy, monokrystalizacji, obróbki mechanicznej płytek i epitaksji.

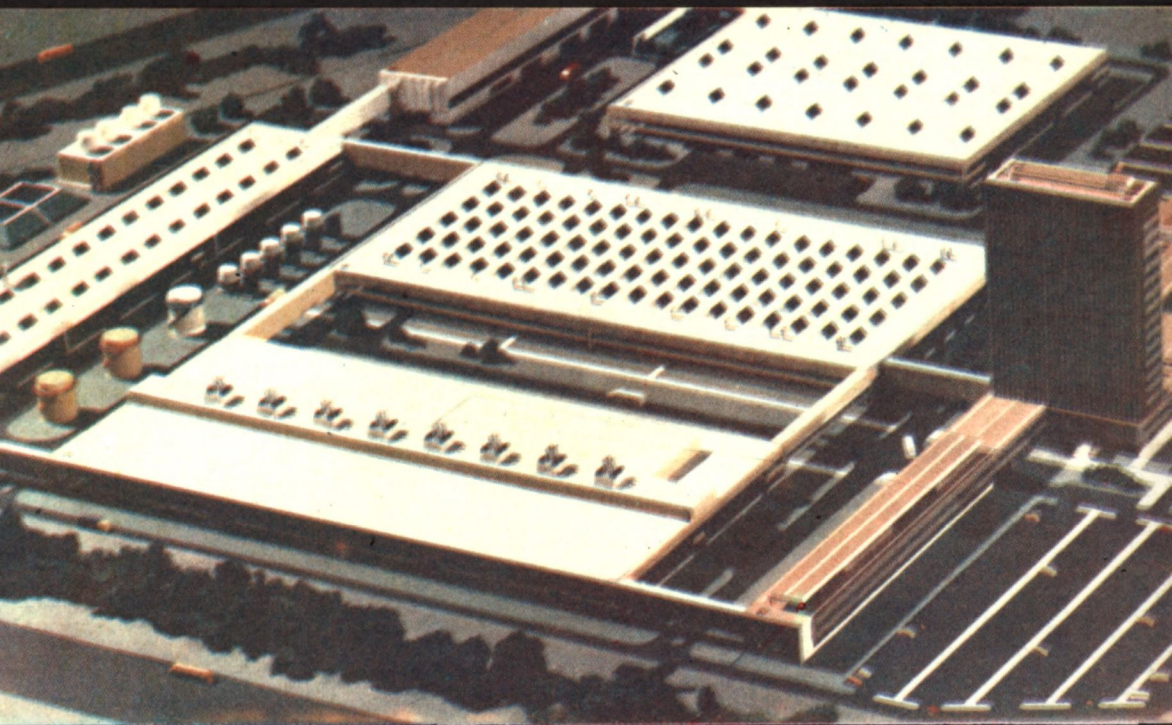
W Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych są prowadzone prace, zakrojone na szeroką skalę, nad technologią wytwarzania materiałów półprzewodnikowych grupy $A_{III} B_V$. Postęp tych prac jest związany ściśle z rozwojem metod badań tych materiałów.

Doceniając ważność problematyki rozwoju metod oceny własności materiałów $A_{III} B_V$ poświęcamy niniejszy numer Materiałów Elektronicznych tym zagadnieniom.

INFORMACJA DLA AUTORÓW

Redakcja Materiałów Elektronicznych uprzejmie prosi Autorów o przestrzeganie podanych niżej wskazówek:

1. Objętości artykułów nie powinny przekraczać 15 stron maszynopisu łącznie z rysunkami i tabelami.
2. Artykuły powinny być napisane na pojedynczych arkuszach formatu A4, jednostronnie z interlinią (co drugi wiersz), z marginesem 3,5 cm z lewej strony. Na arkuszu nie powinno być więcej niż 31 wierszy po 65 znaków. Wszystkie strony powinny być numerowane.
3. Na marginesie tekstu należy zaznaczyć miejsca, w których powinny być umieszczone rysunki i tabele.
4. Wszystkie tabele i zestawienia (unikając zbyt dużych) należy wykonywać osobno, nie w maszynopisie całego artykułu, w 2 egzemplarzach na oddzielnych arkuszach i numerować kolejno. U góry każdej tabeli podać tytuł objaśniający.
5. Artykuły należy nadsyłać w 2 egzemplarzach; powinny być dołączone krótkie streszczenia w języku polskim, rosyjskim i angielskim, również w 2 egzemplarzach, także przetłumaczony tytuł artykułu.
6. Wzory należy numerować kolejno cyframi arabskimi w nawiasach okrągłych.
7. Rysunki powinny być nadsyłane w 1 egzemplarzu, nie wklejone do tekstu, lecz załączone oddzielnie w usztywnionej kopercie. Spisy rysunków zawierające teksty napisów pod rysunkami należy sporządzać oddzielnie (niezależnie od tekstu artykułów) w 2 egzemplarzach. Rysunki należy wykonywać na przezroczystej kalce, tuszem.
8. Fotografie powinny być wykonane na białym błyszczącym papierze fotograficznym. Numery fotografii i powiększenie należy podawać na odwrocie — ołówkiem. Numeracją należy objąć rysunki i fotografie łącznie. W przypadku gdy istotne jest rozmieszczenie fotografii, zamieszczenie dodatkowych wskaźników lub skali — prosimy o sporządzenie makiety (niezależnie od fotografii do reprodukcji).
9. Po zakończeniu należy podać wykaz literatury, wymieniając kolejno nazwisko autora i pierwsze litery imion, pełny tytuł dzieła, tytuł czasopisma, numer tomu i zeszytu, miejsce wydania i rok, ewentualny numer strony. Pozyccje wykazu literatury powinny być ponumerowane, w tekście powołania na numer pozycji w nawiasach kwadratowych, np. [1].
10. Słownictwo techniczne, jednostki miar, skróty najważniejszych oznaczeń wielkości we wzorach muszą być zgodne z terminologią przyjętą przez Polskie Normy i Międzynarodowy Układ Miar (SI).
11. Maszynopis powinien być bezwarunkowo przejrany i czytelnie poprawiony przez Autora. Nazwy fonetyczne liter greckich lub innych oznaczeń należy podawać ołówkiem w lewym marginesie.
12. Redakcja zastrzega sobie prawo przeprowadzania drobnych zmian redakcyjnych, niezbędnych skrótów, korekty stylistycznej itp.
13. Fakt nadesłania pracy do wydrukowania w „Materiałach Elektronicznych” uważany jest za równoznaczny z oświadczeniem Autora, że praca nie była drukowana ani wysłana do druku w żadnym innym czasopiśmie krajowym lub zagranicznym.
14. Maszynopis artykułu należy zaopatrzyć pełnym imieniem i nazwiskiem Autora oraz nazwą i adresem instytucji. W oddzielnej notatce prosimy o podawanie tytułu naukowego lub zawodowego oraz adresu domowego Autora (celem przesłania honorarium). W przypadku artykułu opracowanego przez zespół Autorów prosimy o podanie procentowego udziału autorskiego. Bez tych danych honorarium będzie dzielone na równe części.



CENTRUM NAUKOWO-PRODUKCYJNE
MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH
ul. Konstruktorska 6, 02-673 WARSZAWA