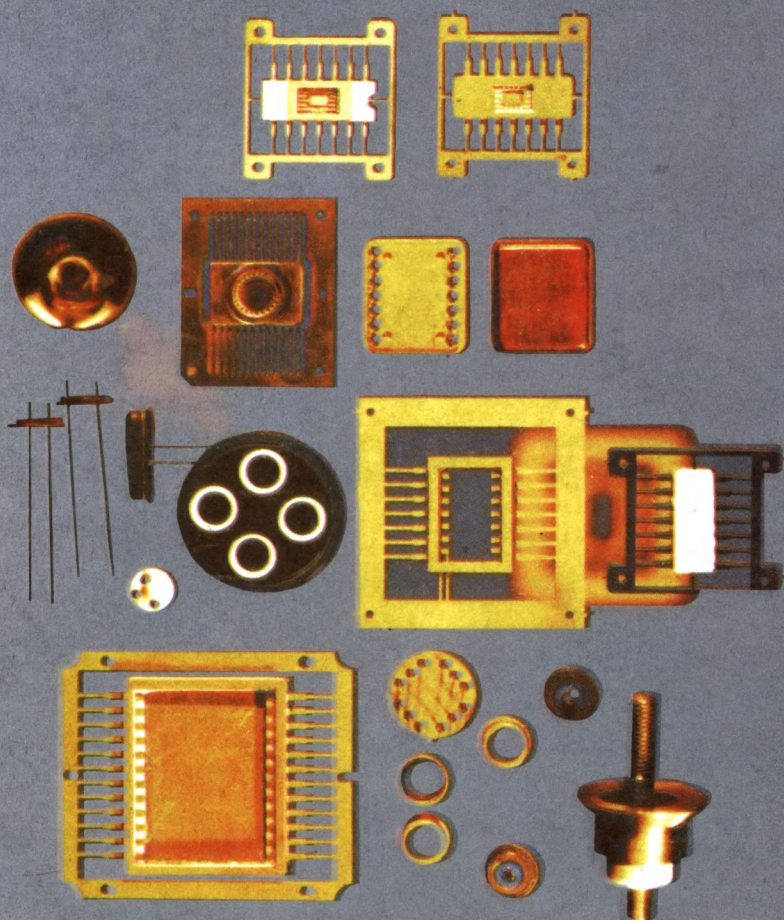


Nr 2(70)
1990

MATERIAŁY ELEKTRONICZNE



INSTYTUT TECHNOLOGII MATERIAŁÓW ELEKTRONICZNYCH

**MATERIAŁY
ELEKTRONICZNE**

Nr 2 (70) — 1990

**WYDAWNICTWA PRZEMYSŁOWE „WEMA”
WARSZAWA 1990**

<http://im.ig.pw.edu.pl>

KOLEGIUM REDAKCYJNE

Wiesław MARCINIAK (redaktor naczelny), Andrzej JELEŃSKI (z-ca redaktora naczelnego), Andrzej JAKUBOWSKI, Jan KOWALCZYK, Zdzisław LIBRANT, Bohdan PASZKOWSKI, Andrzej SZYMAŃSKI, Romuald WADAS, Władysław K. WŁOSIŃSKI, Eleonora JABRZEMSKA (sekretarz redakcji)

Adres Redakcji

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

tel. 35 30 11 w. 405 — redaktor naczelny

34 90 03

35 30 11 w. 407 — z-ca redaktora

35 44 16

35 30 11 w. 108 — sekretarz redakcji

PL ISSN 209-0058

SPIS TREŚCI

Od Redakcji	7
Arsenek galu: z doświadczeniem ku przyszłości - W. Rosiński	9
Półizolacyjny arsenek galu (SI-GaAs) dla tranzystorów polowych i układów scalonych - A. Hruban	12
Heteroepitaksjalne struktury GaAs-Si - J. Tomaszewski, W. Strupiński, M. Czub, W. Brzozowski	26
Charakteryzacja arsenku galu na tranzystory MESFET - W. Kot, M. Lichowski, K. Nowysz	34
Konstrukcja i technologia tranzystora MESFET - L. Dobrzański, W. Marciniak, A. Tumański	40
Układy scalone z arsenku galu - W. Marciniak	51

CONTENTS

Gallium arsenide: with experience towards future - W. Rosiński	9
Semi-Insulating Gallium Arsenide (SI-GaAs) for MESFET's and Integrated Circuits - A. Hruban	12
GaAs-Si Heteroepitaxial structures - J. Tomaszewski, W. Strupiński, M. Czub, W. Brzozowski	26
GaAs diagnostics for MESFET's - W. Kot, M. Lichowski, K. Nowysz	34
Design and manufacturing of MESFET transistor - L. Dobrzański, W. Marciniak, A. Tumański	40
GaAs integrated circuits - W. Marciniak	51

СОДЕРЖАНИЕ

Арсенид галлия: с опытом в будущее - В. Росиньски	9
Полуизолирующий арсенид галлия для полевых транзисторов и интегральных схем - А. Хрубан	12
Гетероэпитаксиальные структуры GaAs-Si - Я. Томашевски, В. Струпиньски, М. Чуб, В. Бжозовски	26
Диагностика арсенида галлия полевых транзисторов - В. Кот, М. Лиховски, К. Новыш	34
Конструкция и технология полевого транзистора MESFET - Л. Добжаньски, В. Марциняк, А. Туманьски	40
GaAs интегральные схемы - В. Марциняк	51

W. ROSIŃSKI: Arsenek galu: z doświadczeniem ku przyszłości

Na tle światowej historii rozwoju technologii GaAs przypomniano główne opracowania krajowe w tej dziedzinie. Przedstawiono ciąg problemów, które już rozwiązano wskazując również na problemy zasadnicze dla rozwoju tej technologii w przyszłości.

A. HRUBAN: Półizolacyjny arsenek galu (SI-GaAs) dla tranzystorów polowych i układów scalonych

Monokryształy SI-GaAs, niedomieszkowane lub domieszkowane Cr, są stosowane w technologii tranzystorów FET oraz układów scalonych wytwarzanych techniką implantacji lub epitaksji. Monokryształy te wytwarza się przez krystalizację z fazy ciekłej metodą Czochralskiego LEC lub Bridgmena. Otrzymanie materiału o wysokich parametrach fizycznych i strukturalnych jest uwarunkowane utrzymaniem ostrego reżimu technologicznego (czystości materiałów wyjściowych, stechiometrii) oraz wykonaniem odpowiednich zabiegów technologicznych (obróbka termiczna, domieszkowanie izoelektro-
nowe).

W artykule omówiono aktualny stan technologii wytwarzania monokryształów SI-GaAs oraz wpływ niektórych czynników na ich własności.

J. TOMASZEWSKI, W. STRUPIŃSKI, M. CZUB, W. BRZODOWSKI: Heteroepitaksjalne struktury GaAs-Si

W artykule omówiono podstawowe własności heterostruktur GaAs-Si, metody ich otrzymywania oraz możliwości zastosowań.

Opisano metody zmniejszenia poziomu naprężeń mechanicznych oraz obniżenia gęstości defektów strukturalnych w takich strukturach.

W. KOT, M. LICHOWSKI, K. NOWYSZ: Charakteryzacja arsenku galu na tranzystory MESFET

W pracy omówiono zespół metod pomiarowych, stosowanych do charakteryzacji warstwy aktywnej tranzystora MESFET, wytworzonej na półizolacyjnym podłożu GaAs. Przedstawiono sposoby pomiaru podstawowych parametrów warstwy aktywnej, tzn. rezystywności, koncentracji i ruchliwości nośników oraz profilu koncentracji i ruchliwości nośników. Opisano metodykę pomiarów hallowskich, pomiarów charakterystyk C-U oraz małowzrostliwosciowych pomiarów transkonduktancji.

L. DOBRZAŃSKI, W. MARCINIAK, A. TUMAŃSKI: Konstrukcja i technologia tranzystora MESFET

Przedstawiono zasadę działania i konstrukcję tranzystora MESFET. Opisano podstawowy proces technologiczny oraz wskazano kluczowe problemy, których rozwiązanie jest niezbędne do wyprodukowania tranzystorów pracujących w mikrofalowym paśmie X, a także układów scalonych na arsenku galu.

Omówiono stan prac nad technologią tranzystora MESFET w ITME.

W. MARCINIAK: Układy scalone z arsenku galu

Rozpatrzono niektóre zagadnienia techniczne i ekonomiczne charakteryzujące stan obecny i perspektywy rozwoju układów scalonych z GaAs.

W. ROSIŃSKI: Gallium arsenide: with experience towards future

On the background of the world history of GaAs technology development, the main home scientific works in this field have been recalled. The presented series of problems, which were solved in the past indicate also the main development trends of this technology in the future.

A. HRUBAN: Semi-Insulating Gallium Arsenide (SI-GaAs) for MESFET's and Integrated Circuits

Single crystals of SI-GaAs, both undoped and Cr-doped are used as a substrate material for Metal Semiconductor Field Effect Transistors (MESFET's) and integrated circuits produced by ion implantation or epitaxial technology. These crystals are grown from the melt by the liquid encapsulated Czochralski (LEC) or horizontal Bridgman technique. The yield of the high quality material in terms of both the electrical properties and structural perfection is strongly determined by the growth conditions (purity of the starting materials, stoichiometry, doping by isoelectronic dopants) as well as by the post-growth technological processes (heat treatment).

This paper presents the current state of art in the fabrication technology of the bulk Si-GaAs. The effect of some factors on the properties of the crystals is discussed.

J. TOMASZEWSKI, W. STRUPIŃSKI, M. CZUB, W. BRZOZOWSKI: GaAs-Si Heteroepitaxial structures

Electrophysical data of GaAs-Si heterostructures, their manufacturing methods and application possibility are presented.

Methods of strain level diminishing and the structural defects density reducing in such structures are described.

W. KOT, M. LICHOWSKI, K. NOWYSZ: GaAs diagnostics for MESFET's

This paper presents a set of the measuring techniques, used for the control MESFET active layers, grown on semi-insulating GaAs substrate. Different techniques for measuring of the basic parameters of active layer such, as resistivity, carrier concentration and mobility, mobility and carrier concentration profiles, are presented.

The methods of Hall measurements, capacitance-voltage measurements and low-frequency transconductance determination, are described.

L. DOBRZAŃSKI, W. MARCINIAK, A. TUMAŃSKI: Design and manufacturing of MESFET transistor

The paper presents an outline of design and operation of the gallium arsenide MESFET transistor. Basic technological flow chart is discussed. Crucial technological problems limiting transistor performance in x band and applications feasibility to IC's are pointed out. The status of current work on MESFET technology in ITME is described.

W. MARCINIAK: GaAs integrated circuits

Some technical and economical issues related to the current state of art and future prospects of GaAs integrated circuits development are discussed.

В. РОСИНСКИ: Арсенид галлия: с опытом в будущее

На фоне мировой истории развития технологии GaAs в работе упоминаются основные отечественные разработки в этой области. Представлен ряд проблем, которые были решены в прошлом с указанием также на основные проблемы для развития этой технологии в будущем.

А. ХРУБАН: Полуизолирующий арсенид галлия для полевых транзисторов и интегральных схем

Монокристаллы полуизолирующего арсенида галлия (SI-GaAs), легированные или дегированные Сг, применяются для изготовления полевых транзисторов на барьере Шоттки и интегральных схем, которые производятся с помощью имплантационной или эпитаксиальной техники. Эти монокристаллы выращивают из расплава по методу Чохральского с использованием жидкостной герметизации а также по методу Бриджмена. Получение материала с хорошими электрофизическими параметрами и структурными свойствами обусловлено обеспечением строгого технологического режима (чистоты исходных материалов, стехиометрии) а также выполнением дополнительных технологических операций (термическая обработка, легирование изоэлектронными примесями). В работе обсуждается актуальное состояние технологии изготовления монокристаллов SI-GaAs а также влияние некоторых факторов на их свойства.

Я. ТОМАШЕВСКИ, В. СТРУПИНЬСКИ, М. ЧУБ, В. БЖОЗОВСКИ: Гетероэпитаксиальные структуры GaAs-Si

Статья представляет обзор электрофизических свойств гетероструктур GaAs-Si, методов их получения и возможностей применений. Описано методы снижения уровня механических напряжений и плотности структурных дефектов в таких структурах.

В. КОТ, М. ЛИХОВСКИ, К. НОВЫШ: Диагностика арсенида галлия для транзисторов

Представлен ряд измерительных методов применяемых в контроле активных пленок GaAs полевых транзисторов, изготовленных на полуизолирующих подложках. Представлены различные методы измерений главных параметров активной пленки. Описаны методы холловских измерений, вольт - фарадных иммерий и низкочастотных измерений транскондуктанции.

Л. ДОБЖАНЬСКИ, В. МАРЦИНЯК, А. ТУМАНЬСКИ: Конструкция и технология полевого транзистора MESFET

В работе представлены принципы действия и конструкция транзистора MESFET. Описан основной технологический процесс и указаны главные проблемы, решение которых необходимо для того, чтобы было возможно производство транзисторов, работающих в микроволновой полосе, а также интегральных схем на арсениде галлия. Описано состояние работ над технологией транзистора MESFET в ИТЭМ.

В. МАРЦИНЯК: GaAs интегральные схемы

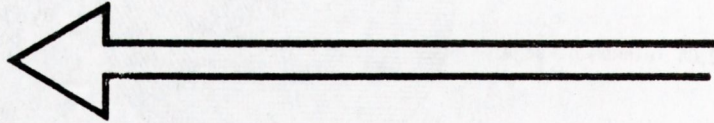
Рассмотрены некоторые технические и экономические проблемы определяющие нынешнее состояние и перспективы развития арсенид - галлиевых интегральных схем.

Prace zebrane w tym zeszycie stanowią przegląd tematów obrazujących zainteresowania ITME w dziedzinie półprzewodników A_3B_5 . Do poświęcenia tej dziedzinie monotematycznego zeszytu motywowała nas chęć odnotowania wydarzeń znaczących w historii ITME, gdy na gruncie dwudziestoletnich doświadczeń w technologii materiałów A_3B_5 wyrasta i daje pierwsze owoce program rozwoju ich aplikacji w tranzystorach polowych i układach scalonych. Zeszyt otwiera wprowadzenie prof. Witolda Rosińskiego - pioniera elektroniki półprzewodnikowej w Polsce.

Spośród wielu opracowanych w ITME technologii wytwarzania monokryształów A_3B_5 w artykule dr Andrzeja Hrubana prezentujemy technologię monokryształów półizolacyjnego GaAs, najważniejszą z punktu widzenia interesujących nas aplikacji. Płytki z półizolacyjnego GaAs stanowią materiał wyjściowy do wytwarzania tranzystorów polowych i układów scalonych. Kolejny artykuł (dr J. Tomaszewski, dr W. Strupiński, dr M. Czub, mgr W. Brzozowski) zawiera przeglądową informację o niezwykle perspektywicznych materiałach hetercepitaksjalnych GaAs - Si. Niezbędnym składnikiem wiedzy technologicznej jest umiejętność charakteryzacji właściwości fizycznych wytwarzanych materiałów. Wybrane zagadnienia z tego zakresu przedstawia artykuł mgr W. Kota, mgr M. Lichowskiego i dr K. Nowysza.

Od 1988 r. Instytut prowadzi intensywne prace nad aplikacjami materiałów A_3B_5 w podzespołach mikrofalowych i układach scalonych. W pierwszym roku realizacji programu tych prac powstały podstawowe technologie, konstrukcje i próbne partie tranzystorów MESFET. Ogólne informacje z tego zakresu zawiera artykuł mgr L. Dobrzańskiego, doc. W. Marciniaka i mgr A. Tumańskiego. Zeszyt kończy artykuł przeglądowo-informacyjny o rozwoju technologii układów scalonych GaAs na świecie.

Redaktor zeszytu
Wiesław Marciniak



WYDAWNICTWA PRZEMYSŁOWE WEMA

opracowują i wydają na zlecenie przedsiębiorstw przemysłowych publikacje z zakresu informacji techniczno-handlowej, w szczególności:

- katalogi wyrobów, katalogi części wymiennych, karty katalogowe,
- informatory,
- dokumentacje techniczno-ruchowe,
- instrukcje obsługi, naprawy, bhp,
- taryfikatory, normatywy, indeksy wyrobów, indeksy materiałowe,
- książki i karty gwarancyjne,
- druki reklamowe, ulotki, prospekty, foldery.

WEMA oferuje również obsługę wydawniczą:

- targów,
- konferencji,
- sympozjów.

WYDAWNICTWA PRZEMYSŁOWE WEMA

ul. Daniłowiczowska 18, 00-950 Warszawa

Telefony:

Centrala

27-54-56 do 59

Dyrektor i Naczelny Redaktor

27-21-17

Z-ca Dyrektora ds. Technicznych

27-56-13

Zlecenia przyjmują:

Redakcja Katalogów i Publikacji Ciągłych

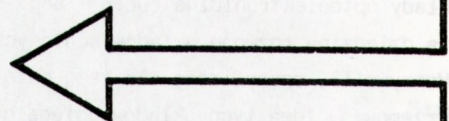
27-49-47 lub

27-54-56, wewn. 41

Redakcja Wydawnictw Firmowych

635-62-78 lub

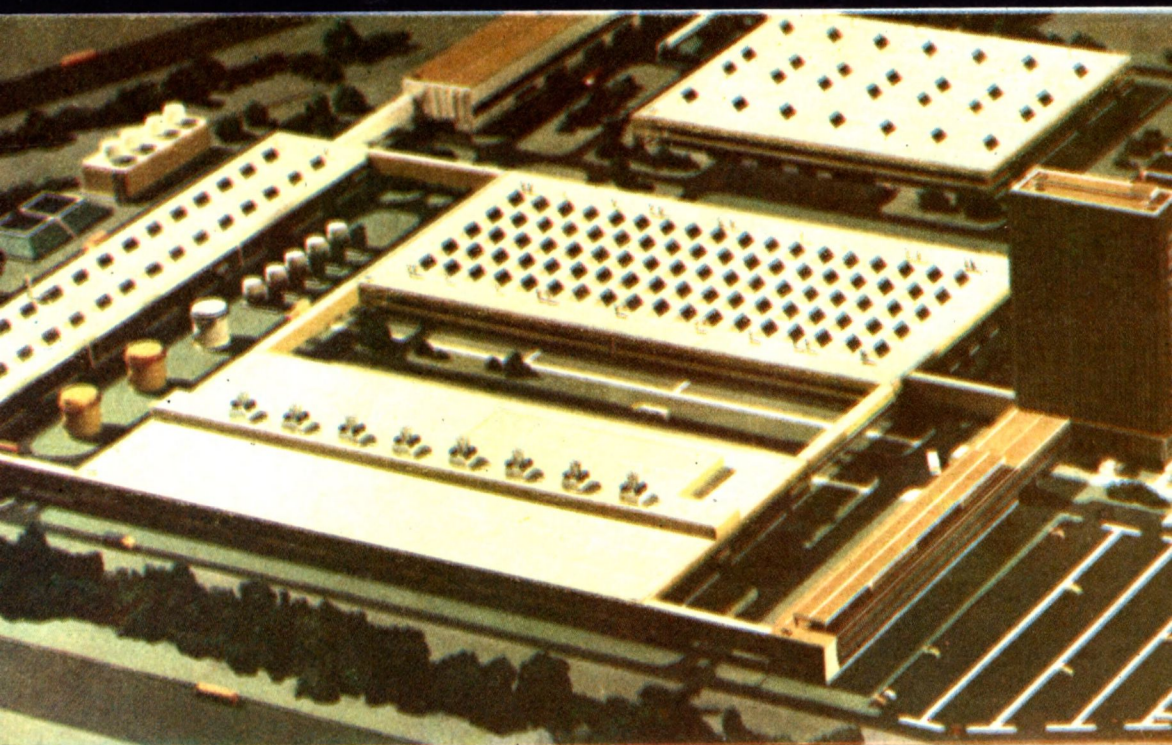
27-54-56, wewn. 44



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, 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 (unikaj zbyt dużych) należy wykonywać osobno, nie w maszynopisie całego artykułu, w 3 egzemplarzach na oddzielnych arkuszach i numerować kolejno. U góry każdej tabeli podać tytuł objaśniający.
5. Artykuły należy nadsyłać w 3 egzemplarzach; powinny być dołączone krótkie streszczenia w języku polskim, rosyjskim i angielskim, również w 3 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 3 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. Pozycje 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 przejrzany 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. Wólczyńska 133 01-919 WARSZAWA