

# BULETINUL

ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A REPUBLICII MOLDOVA

FIZICA ȘI TEHNICA

# ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА

ФИЗИКА И ТЕХНИКА



REVISTĂ TEORETICO-ȘTIINȚIFICĂ  
FONDATĂ ÎN OCTOMBRIE 1989  
APARE DE TREI ORI PE AN

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
ОСНОВАН В ОКТЯБРЕ 1989 ГОДА  
ВЫХОДИТ ТРИ РАЗА В ГОД



1 (7)

1992

Chișinău  
„Știința”  
Кишинев

Содержание

Физика

|   |    |  |
|---|----|--|
| Енаки Н.А., Препелица О.Б. Коллективное двухфотонное взаимодействие с сжатым электромагнитным полем . . . . .   | 3  | Yenaki<br>from<br>Sinyavskiy<br>Syst<br>Simonov<br>skii<br>Bojarsk<br>deni<br>Khadzhi<br>magi<br>wee |
| Синявский Э.П. Потенциал примесных центров нулевого радиуса в двумерных системах . . . . .  | 12 |  |
| Симонов Ю.А., Дворкин А.А., Малиновский Т.И., Губина Е.Е., Лампека Р.Д., Фрицкий И.О. Кристаллическая структура оксима пирувиламида . . . . .   | 16 |  |
| Боярская Ю.С., Головин Ю.И., Кац М.С., Тюрин А.И., Шибков А.А. Динамика микроиндентирования и сопутствующие электрические процессы в монокристаллах LiF . . . . .                             | 20 |  |
| Хаджи П.И., Киселева Е.С., Пасечник О.Ф. Нелинейные поверхностные направляемые электромагнитные волны в размерно-ограниченных средах при учете взаимодействия когерентных экситонов . . . . . | 25 |  |

Техника

|   |    |   |
|---|----|---|
| Ермуратский В.В. Общий вид и свойства моделей старения конденсаторов . . . . .                                      | 32 | Yermura<br>Burlaku<br>for I<br>Yermura<br>Gurgan<br>cal I |
| Бурлаку М.И., Розенкранц Р.Я. О структуре регионального банка экологических показателей энергопредприятий . . . . . | 34 |   |
| Ермуратский В.В. Модели электрического старения конденсаторов . . . . .   | 40 |   |
| Гурьянов Г.В., Андреева Л.Н. Перспективы развития электрохимического железнения деталей машин . . . . .             | 42 |   |

Науки о Земле

|   |    |                            |
|---|----|----------------------------|
| Билинкис Г.М., Пушняк А.Н., Сатиш С.Т. Перспективы использования диамидов Приднестровья для очистки сточных вод . . . . . | 47 | Bilinkis<br>the<br>Podrazl |
| Пображанский В.А. Фильтрационные свойства грунтовых водоносных горизонтов Молдовы . . . . .                               | 54 |                            |

Краткие сообщения

Физика

|   |    |  |
|---|----|--|
| Симонов Ю.А., Попа И.А., Мазус М.Д., Шафранский В.Н., Малиновский Т.И. Строение 2-сульфамидадопирамидина . . . . .  | 58 | Simono<br>re o<br>Simono<br>Stru<br>Dedju<br>The<br>YB |
| Симонов Ю.А., Мазус М.Д., Шафранский В.Н., Попа И.А., Дворкин А.А. Кристаллическая структура $\gamma$ -пиразин-2-карбоксамид . . . . .  | 61 | Palistra<br>Ban<br>livil<br>Skimbo<br>res              |
| Дедю В.И., Збравков В.И., Канцер В.Г., Киоссе Г.А., Лукаш В.Ф., Соколовский А.И. Влияние технологического режима ВЧ-магнетронного распыления на сверхпроводящие свойства тонких пленок $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ . . . . . | 64 | Skimbo<br>Radant<br>diab                               |
| Палистронт М.Е., Калалб М.Г. Низкотемпературные термодинамические свойства двухзонных сверхпроводников и $2\Delta_1/T_c$ при нефононном механизме сверхпроводимости . . . . .                                       | 70 |  |
| Скимбов А.А. Обобщение экспериментальных данных по теплоотдаче при кипении смесей в электрическом поле . . . . .  | 80 | Bologa<br>Bologa<br>and                                |
| Скимбов А.А. Теплообмен при кипении недогретых смесей в электрическом поле . . . . .  | 84 | Agunov<br>linear                                       |
| Радауцан С.И., Урсаки В.В., Терлецкий А.И. Образование глубоких уровней в $p$ -InP при электронном облучении . . . . .  | 85 |  |

Техника

|  |    |   |
|--|----|---|
| Болога А.М. Параметры электростатических распылителей жидкости . . . . .   | 88 | Olyanz<br>perl<br>Olyanz<br>Soil<br>A b s t |
| Болога М.К., Коровкин В.П., Савин И.К. Эквиварельная деформация границы раздела и сопряженные вопросы равновесия . . . . . | 94 |   |
| Агунов М.В., Агунов А.В. Реактивизированность периодического электромагнитного поля в величайшей . . . . .                 | 97 |   |

|   |     |  |
|---|-----|--|
| Олянский Ю.И., Возк В.М., Богданов О.П. Результаты изучения реологических свойств сармат-мертвостески . . . . .       | 100 |  |
| Олянский Ю.И., Богданов О.П., Возк В.М., Возк И.А. Карта просадочности лессовых толщ между речью Пруч — Ядл . . . . . | 106 |  |
| Рефераты . . . . .  | 108 |  |



Из рис.1 видно, что с ростом напряженности поля и увеличением теплового потока до  $1,4 \cdot 10^5$  Вт/м<sup>2</sup> интенсивность теплоотдачи больше при умеренных тепловых потоках ( $q \approx 3,0 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup>) и относительное увеличение  $\alpha_c / \alpha_0 = 1,75$ , а с ростом  $q$  оно стремится к 1. В режиме критических тепловых потоков ( $P = 1,0 \cdot 10^5$  Па) наблюдается увеличение относительных критических тепловых потоков.

В зависимости  $\alpha = f(E)$  при  $q = 2,25 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup> коэффициент теплоотдачи увеличивается монотонно с ростом концентрации низкокипящего компонента (гексан) и напряженности электрического поля (рис.2).

Выполненные измерения показали, что в отличие от кипения насыщенной жидкости в недогретой смеси под воздействием электрического поля между  $\alpha$  и произведением  $f_0 d$  существует обратная связь.

Кипение недогретой жидкости характеризуется большими критическими тепловыми потоками по сравнению с насыщенной. При этом максимальный тепловой поток растет линейно с недогревом жидкости и напряженностью поля.

Силовое воздействие поля на ЭГД-течение и вторжение холодных слоев жидкости в пределы двухфазного слоя при кипении смесей может привести к частичному или полному вырождению пузырьсобразования на теплоотдающей поверхности. В данном случае теплоотдача к жидкости осуществляется электроконвекцией.

Результаты могут быть использованы в инженерных расчетах при проектировании аппаратуры, работающей в теплонагруженном режиме.

#### Литература

1. Болога М.К., Гросу Ф.П., Кожухарь И.А. Электроконвекция и теплообмен. Кишинев, 1977.
2. Скимбов А.А. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Киев, 1979.

#### Rezumat

Se comunică rezultatele obținute în cadrul cercetării experimentale a degajării convective de căldură, în timpul fierberii într-un câmp electric a amestecurilor subîncălzite, când coeficientul de convectie a căldurii și curentul critic de căldură se măresc simțitor, datorită procedurii de subîncălzire, variației concentrației amestecului, neomogenității chimice și termice, neomogenității tensiunii cîmpului electric și a altor mărimi fizice.

#### Summary

The results of investigation of convective heat exchange at underheated mixtures boiling in electric field are given. Coefficient of convective heat exchange and critical heat flux increased significantly for account of underheating of medium, temperature, field strength and other physical quantities.

Поступила 2.10.91

С.И.Радауцан, В.В.Урсаки, А.И.Терлецкий \*

### ОБРАЗОВАНИЕ ГЛУБОКИХ УРОВНЕЙ В p-InP ПРИ ЭЛЕКТРОННОМ ОБЛУЧЕНИИ

Фосфид индия варьялу с арсенидом галлия и твердыми растворами на их основе является перспективным материалом твердотельной электроники. Большое влияние на электрические свойства InP оказывают

\* © Радауцан С.И., Урсаки В.В., Терлецкий А.И.



*[Handwritten signature]*

металлов,  
жет быть  
ском поле  
верхности,  
жидкости.  
жидкости  
жидкости  
се больше  
тате чего  
 $\Delta t_{нед}$   
ке паровые  
ности.  
стрическом  
м режиме  
центрации  
ратуры и  
зается тур-  
а интенсн-  
смеси при-

центрации  
, а частота  
сказанного  
механизм  
одействует  
Д-течений  
механизма

Вт/м<sup>2</sup>

1  
2  
3

|          |                    |
|----------|--------------------|
|          | $\delta_{век}$ , % |
| $\Delta$ | 20                 |
| $\circ$  | 10                 |
| $\circ$  | 5                  |

30 U, KB

3 66 79 E, KB/cm

глубокие локализованные состояния, связанные с различными дефектами. Одним из широко применяемых методов изучения дефектообразования в InP является обработка материала высокоэнергетичными электронами [1, 2]. В данной работе изучено образование дефектов в p-InP при облучении электронами и их изохронный отжиг. Методами исследования служили фотолюминесценция (ФЛ) и нестационарная спектроскопия глубоких уровней (НЕСГУ) [3].

В качестве исходного материала использовался p-InP, легированный цинком, с концентрацией дырок  $p = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$  и подвижностью  $\mu = 130 \text{ см}^2 / (\text{В} \cdot \text{с})$  при  $T = 300 \text{ К}$ . Образцы подвергались облучению электронами с энергией 3,4 МэВ дозой  $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$  и дальнейшему изохронному отжигу в атмосфере водорода при температурах 50...400°C в течение 15 мин. Для емкостных измерений на поверхности пластин с ориентацией (100) были изготовлены барьеры Шоттки. Спектры ФЛ измерялись при температуре 77 К с использованием излучения аргонового лазера (0,485...0,514 мкм) в качестве источника возбуждения. Регистрация производилась в режиме синхронного детектирования на частоте 1 кГц, спектральная разрешенность было не хуже 10 мэВ.

На рис.1 показаны спектры ФЛ исходного образца p-InP, облученного электронами при дозе  $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$  с последующим изохронным отжигом. На рисунке приведен спектр в длинноволновой области. Отметим, что в краевой области картина ФЛ аналогична той, которая наблюдалась в n-InP [4], т.е. облучение электронами приводит к появлению двух полос ФЛ при энергиях 1,392 и 1,305 эВ, связанных с двумя зарядовыми состояниями антиструктурного дефекта InP. Как видно из рис.1, в исходном материале выделяется полоса ФЛ с максимумом при 1,08 эВ. Облучение электронами приводит к преобладанию в спектре ФЛ полосы с максимумом при 0,99 эВ. При изохронном отжиге до температуры 300 К происходит относительный рост интенсивности полосы ФЛ при 0,86 эВ, в результате чего эта полоса становится преобладающей.

На рис.2 приведены спектры НЕСГУ p-InP, облученного электронами с дозой  $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$  с последующим отжигом при температурах до 400°C. Электронное облучение приводит к образованию в значительной концентрации двух дырочных ловушек, обозначенных H1 и H2. На вставке к рис.2 показана температурная зависимость скорости эмиссии носителей для ловушек H1 и H2. В результате анализа этих зависимостей определены энергии активации уровней  $E_1$  и сечения захвата  $\sigma$ . Получены следующие значения:  $E_{11} = 0,38 \text{ эВ}$ ,  $\sigma_1 = 1 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$ ;  $E_{12} = 0,54 \text{ эВ}$ ,  $\sigma_2 = 6 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2$ . Отметим, что  $E_1$  определяет энергетическое положение уровня относительно потолка валентной зоны  $E_v$ . Из рис.2 видно, что при изохронном отжиге концентрация ловушки H1 резко падает начиная с самых низких температур отжига, тогда как концентрация ловушки H2 сначала растет с температурой отжига до 300°C, а затем уменьшается. На

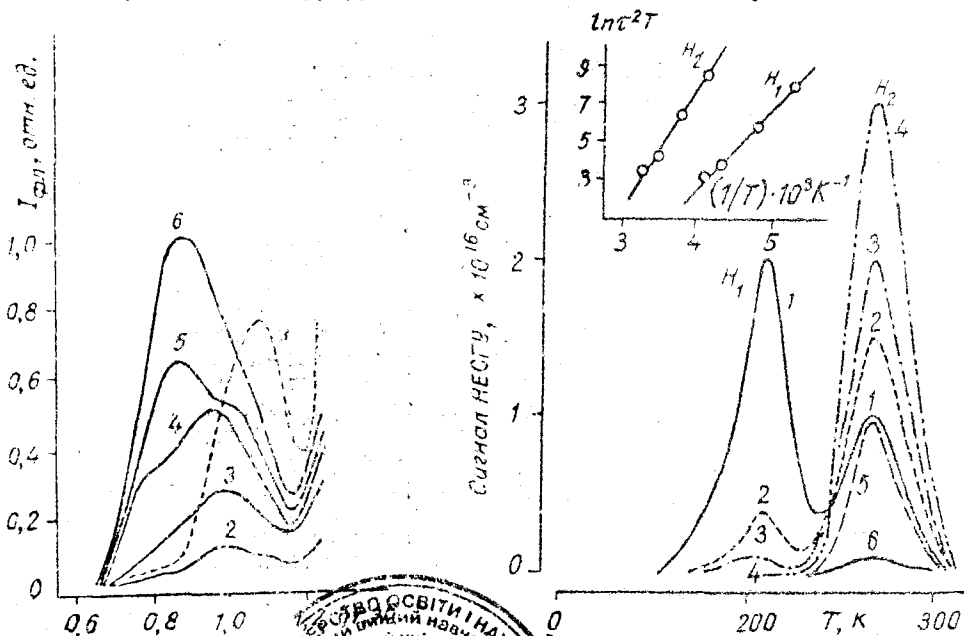


Рис. 1. Спектры ФЛ при 77 К исходных кристаллов p-InP и после облучения электронами с энергией 4 МэВ дозой  $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$  и отжига в атмосфере  $\text{H}_2$  при  $T, ^\circ\text{C}$ : 2—100, 3—150, 4—200, 5—250, 6—300. Рис. 2. Спектры НЕСГУ кристаллов p-InP, облученных электронами с энергией 4 МэВ дозой  $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$  и отожженных в атмосфере  $\text{H}_2$  при  $T, ^\circ\text{C}$ : 1—100, 2—150, 3—200, 4—300, 5—350, 6—400. На вставке показана температурная зависимость скорости эмиссии для ловушек H1 и H2.

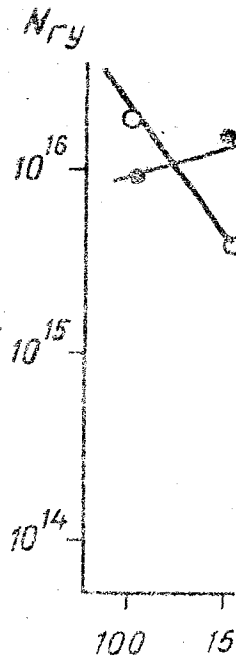


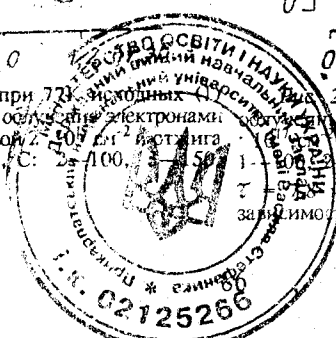
Рис. 3. Кривые

рис.3 приведены кривые ФЛ с параметрами, в результате электронного облучения эти уровни связаны с состав которых входят. Результаты наших исследований ФЛ при 0,86 эВ и дырочной ловушки H2 вблизи кривые отжига: уменьшением интенсивности ФЛ при 0,86 эВ и Предварительное исследование дефекта в процессе ком

1. Suski J., Sibille A., Bou...
2. Pyshnaya N.B., Tigi Cryst. Res. Technol. 1991. 26. 1
3. Lang D.V. // J. Appl. Ph.
4. Корпунов Ф.П., Рад Е.А. // ФТП. 1989. 23. Вып. 1
5. Levinson M., Teinikin M.

Prin metoda de fotoluminescență studiat procesul de generare și S-a stabilit, că prelucrarea cu și două trape profunde a goluri purtătoare analogică a benzii FL (dovadă de legătura lor cu unul

The defect generation and an photoluminescence (PhL) and that electron irradiation leads to traps H1 and H2 with the activation energy of 0,86 eV PhL band intensity a annealing indicates to their con-



Одним является в работе и их (ФЛ) и

ий цин- / (В · с) 3,4 МэВ одорода энны на Погтки. иня ар- . Регис- е 1 кГц.

ченного гом. На краевой [4], т.е. нергиях турного юса ФЛ танию в жиге до ось ФЛ

нами с . Элек- ии двух оказана 1 и Н2. уровней В,  $\sigma_1 =$  еделает  $E_v$ . Из опадает оушки тся. На

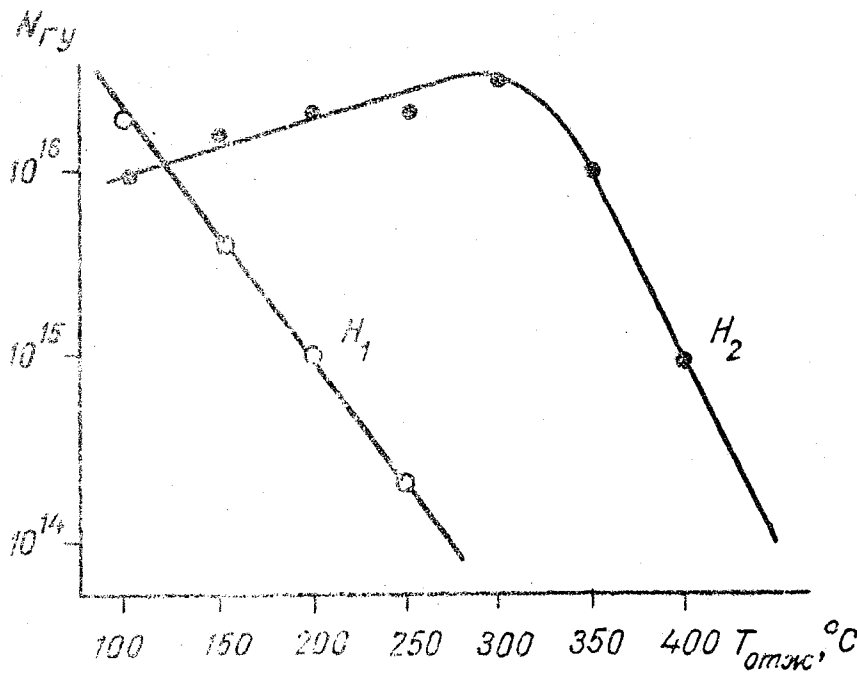


Рис. 3. Кривые изохронного отжига для двух дырочных ловушек Н1 и Н2 в р—InP

рис. 3 приведены кривые отжига для двух дырочных ловушек Н1 и Н2 в р—InP. ГУ с параметрами, близкими к Н1 и Н2, были обнаружены ранее в р—InP в результате электронного облучения [1,5]. В этих работах предполагается, что эти уровни связаны с собственными дефектами решетки, либо с комплексами, в состав которых входят собственные дефекты и примеси.

Результаты наших исследований указывают на возможную связь между полосой ФЛ при 0,86 эВ и дырочной ловушкой Н2 (0,54 эВ). Можно заметить, что полоса ФЛ и ловушка Н2 ведут себя одинаково при электронном облучении и имеют близкие кривые отжига: рост их интенсивности до температур 300°С с дальнейшим уменьшением интенсивности. Учитывая, кроме того, что сумма энергий 0,86 и 0,54 эВ дает приблизительно ширину запрещенной зоны InP, можно предположить, что полоса ФЛ при 0,86 эВ и дырочная ловушка Н2 связаны с одним и тем же дефектом. Предварительное исследование электрических параметров говорит об участии этого дефекта в процессе компенсации проводимости кристаллов фосфида индия.

#### Литература

1. Sucki J., Sibille A., Bourgoin J. // Solid St. Commun. 1984. 49. №9. P.875-878.
2. Pyzhnaya N.B., Tiginyanu I.M., Ursachi V.V., Ursu V.D., Aliev I.M., Halilov H.A. // Cryst. Res. Technol. 1991. 26. №6. P.704-708.
3. Lang D.V. // J. Appl. Phys. 1974. 45. №7. P.3023.
4. Коршунов Ф.П., Радауцан С.И., Соболев Н.А., Тигиняну И.М., Урсаки В.В., Кудрявцева Е.А. // ФТП. 1989. 23. Вып.9. С.1581-1583.
5. Levinson M., Teichka M., Bonner W.A. // J. Electron. Mater. 1983. 12. №2. P.423-429.

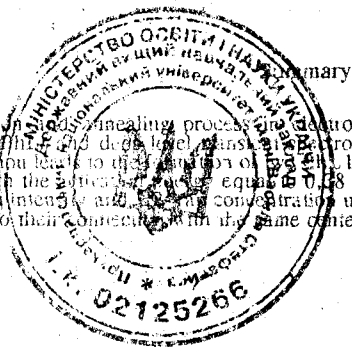
#### Rezumat

Prin metoda de fotoluminescentă (FL) și spectroscopia nivelelor profunde prin capacitate (DLTS) este studiat procesul de generare și anihilare a defectelor în p-InP la prelucrare cu electroni și tratament termic. S-a stabilit, că prelucrarea cu electroni duce la formarea a două benzi FL cu maximele la 0,86 și 0,99 eV și două trape profunde a golurilor cu energia de activare termică 0,38 (H1) și 0,54 eV (H2). S-a observat purtare analogică a benzii FL 0,86 eV și trapei profunde H2 la prelucrarea cu electroni și termică, ce dă dovadă de legătura lor cu unul și același defect.



в р—InP. В дозой 2 при T, °C: 1, 6—400. температура в Н1 и Н2

The defect generation and annealing processes in electron irradiated p-InP have been investigated by photoluminescence (PL) and deep level transient spectroscopy (DLTS) methods. It has been established that electron irradiation leads to the appearance of two PL bands at 0,86 and 0,99 eV, as well as of two hole traps H1 and H2 with the activation energies of 0,38 and 0,54 eV respectively. The similar behaviour of 0,86 eV PL band intensity and H2 concentration under the sample electron irradiation and thermal annealing indicates their connection with the same center.



Поступила 28.10.91