

результати даного дослідження, колектив кафедри фізики Київського національного університету будівництва і архітектури прийняв рішення, щодо проведення лабораторних занять з фізики фронтальним методом протягом першого семестру навчання.

#### Список використаних джерел:

1. Бурдейна Н.Б. Вдосконалення форм організації лабораторних занять з фізики у будівельних вищих навчальних закладах / Н.Б. Бурдейна // Наукові записки. – Вип. 60. – Серія : Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2005. – Ч. 2. – С. 168-174.
2. Педагогика и психология высшей школы: Учебное пособие / [М.В.Буланова-Топоркова, А.В.Духавнева, Л.Д.Столяренко и др.]. – Ростов на Дону : Феникс, 2002. – 544 с.

3. Чернилевский Д.В. Дидактические технологии в высшей школе: Учеб. пособие для вузов / Д.В. Чернилевский. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 437 с.
4. Фіцула М.М. Педагогіка вищої школи: Навчальний посібник / М.М. Фіцула. – К. : Академвидав, 2006. – 352 с. – (Альма-матер).

The article is devoted research of frontal and group method of leadthrough of laboratory works from physics in higher build educational establishments. Research results testify that a frontal method is more effective during the leadthrough of laboratory works in groups with plenty of students during the first semester of studies.

**Key words:** laboratory work, physical experiment, engineer-builder.

Отримано: 23.08.2009

УДК 372.853:53

Р. М. Вернидуб<sup>1</sup>, О. М. Гонтарук<sup>2</sup>, Н. В. Друзенко<sup>3</sup>, Я. М. Оліх<sup>4</sup>, В. П. Тартачник<sup>5</sup>

<sup>1</sup>НПУ імені М.П. Драгоманова,

<sup>2</sup>Адміністрація Президента України

<sup>3</sup>Національний технічний університет України «КПІ»

<sup>4</sup>Інститут фізики напівпровідників НАН України,

<sup>5</sup>Інститут ядерних досліджень НАН України

## МЕТОДИЧНІ УМОВИ ВИВЧЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ВПЛИВУ РУХОМИХ ДИСЛОКАЦІЙ НА ВЛАСТИВОСТІ КРИСТАЛІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Розроблено методику вивчення деградуючої дії УЗ обробки на випромінювальну рекомбінацію у світлодіодних структурах, розглянуто особливості подання матеріалу, який стосується наслідків УЗ-обробки кристалів – виникнення окремих дислокацій та дислокаційних сіток за моделлю Франка-Ріда.

**Ключові слова:** методичні умови, кристалічні об'єкти, дислокації, дислокаційні сітки.

### Вступ

Дефекти кристалічних матеріалів, особливо напівпровідників, відіграють визначальну роль у формуванні реальних характеристик приладів. Змінюючи концентрацію та тип порушень структури з допомогою легування, чи опромінення швидкими частками, можна коригувати значення основних параметрів кристалів у бажаному напрямку і створювати принципово інші види речовин, необхідність для задоволення всезростаючих потреб приладобудування [1-5].

Дефекти лінійного типу – дислокації, дислокаційні сітки, малокутові межі зерен належать до складних утворень, які погіршують якість виробів, проте існують методи, з допомогою яких можна зменшувати концентрацію точкових дефектів у зразку, стимулюючи рух як вихідних, так і введених ультразвуковою (УЗ) хвилею, дислокацій [6-8].

Програмний матеріал ВНЗ інженерно-фізичного профілю, присвячений вивченню складних дефектів, особливо важливий у розумінні застосування одержаних знань на виробництві, коли необхідно розробляти нові технології і впроваджувати світові досягнення у розвиток вітчизняної мікроелектронної галузі.

Практика показує, що сприйняття означеної тематики студентами є непростим, оскільки просторові моделі, як лінійної, так і гвинтової дислокації, які пропонуються у літературі, не формують адекватного уявлення про механізми їхнього виникнення і про механізми впливу на фізичні властивості кристалів.

Запропонована стаття є результатом узагальнення досвіду викладання відповідного розділу курсу «Фізика твердого тіла» на факультетах фізичного та фізико-технічного напрямків у Національному технічному університеті «КПІ» та Національному педагогічному університеті ім. Драгоманова.

### Експеримент

Зміст педагогічного експерименту полягає в тому, що описана нижче методика постановки лабораторної роботи для студентів 2-4 курсів сприяє розширенню та поглибленню поняття дислокації, як лінійного дефекту у кристалі та кращому розумінню і засвоєнню механізму впливу дислокацій і дислокаційних сіток на властивості матеріалів та приладів їхньої основи.

Як об'єкт дослідження пропонується використовувати світлову поглинаючу фосфідо-галієву комірку розміром (1,5x1,5 мм<sup>2</sup>), розташовану на кварцовому звукопроводі, до якого підводиться високочастотна УЗ хвиля мегагерцного діапазону. Частоту УЗ потрібно вибрати, виходячи з умови резонансу (довжина хвилі у матеріалі повинна бути близькою до подвійної товщини зразка). В нашому випадку розрахована частота була 2~5 МГц. Для забезпечення доброго електричного та акустичного контакту між зразком та звукопроводом потрібно напилити срібну плівку та ввести краплину вакуумного мастила, яка одночасно слугуватиме індикатором наявності УЗ збудження.

Зразок озвучувався в активному режимі, при цьому оптимальна прикладена напруга становить 4-5 В, під дією якої протікає робочий струм 10-20 мА. Для регулювання величини струму рекомендується послідовно з діодом увімкнути змінний опір (рис. 1).

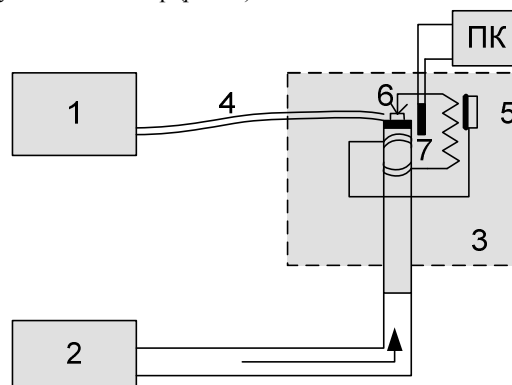


Рис. 1. Структурна схема запропонованої лабораторної установки: 1 – інтерферометр, 2 – генератор УЗ імпульсів, 3 – корпус, 4 – світлопровід, 5 – змінний опір, 6 – зразок, 7 – фотоелемент

Світло приймач (кремнієвий фотоелемент) розміщуємо майже упритул до зразка; оптична система екранується від денного світла корпусом.

У разі необхідності одержання оптичного спектра випромінювача чи потреби проведення вимірювання при низьких температурах пропонується використовувати світ-

лопровід, один кінець якого розташовується біля джерела світла, другий – навпроти щілини спектрометра.

**Особливості навчального дослідження**

Відомо, що дислокаційна лінія, оточена зусібч точковими дефектами, названими атмосферою Кортрелла [9] є потужним джерелом безвипромінювальних рівнів розташованих у забороненій зоні напівпровідника. Подібні дефекти спричиняють падіння інтенсивності світлення. Тому зменшення яскравості діода в наслідок УЗ обробки є однозначним підтвердженням зростання концентрації дислокацій у навантаженому УЗ зразку. Якщо вимірювати інтенсивність світлення через фіксовані відрізки часу, можна побудувати монотонно падаючу криву, близьку до експоненціальної – переконливий доказ зростання густини дислокацій при озвучуванні (рис. 2).

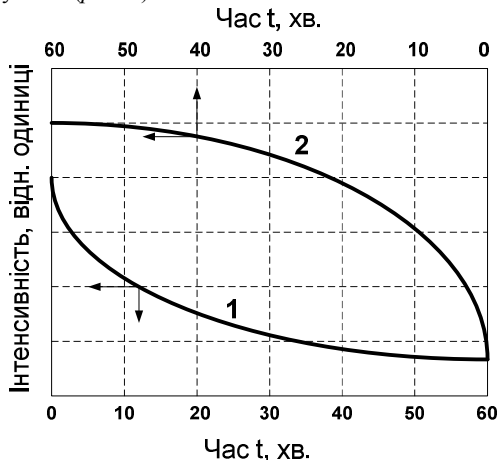


Рис. 2. Залежність інтенсивності світлення світлодіода GaP від часу УЗ-обробки (1) і відновлення світлення в процесі зберігання при кімнатній температурі

Проведений власноруч студентами простий експеримент засвідчує, що між дефектами структури та основною характеристикою матеріалу існує безпосередній зв'язок і що рівень дефектності зразка визначає якість кристала.

Друга частина роботи стосується контролю за відновленням випромінювання після припинення дії ультразвуку. Виявляється, що в умовах відсутності звукового поля рекомбінаційні характеристики діода поліпшується – світлення поволі зростає. Головною особливістю відновної кривої є прикінцева ділянка, де інтенсивність випромінювання стає вищою, ніж вона була до озвучування. Підсумком до завершення цієї частини роботи, є колективний висновок студентів за участі викладача про зменшення концентрації безвипромінювальних рівнів у кристалі порівняно з вихідним числом.

Причина існування позитивного ефекту також є однозначною. Оскільки атмосфера Кортрелла складається із точкових дефектів різного типу, то вона може слугувати стоком для вакансій, або міжвузлових атомів. Отже, УЗ хвиля стимулюючи рух дислокацій у зразку, сприяє поглинанню точкових дефектів дислокаційною лінією, а відтак і сприяє частковому очищенню кристала від точкових порушень структури.

Узагальнюючи проведену роботу доречно зупинити увагу студентів на геометричних моделях двох типів дислокацій: крайової та гвинтової. Як правило, виникають непорозуміння у сприйнятті крайової дислокації у вигляді «сходинки» та у вигляді додаткової атомної напівплощини в об'ємі кристала. Але коли класичний приклад виникнення «сходинки» у процесі деформації пружного континуума подати, як результат зміни форми кристалічної ґратки під дією зовнішньої сили поряд із схемою, де зображена додаткова атомна напівплощина [10], механізм формування крайової дислокації стає очевидним (рис. 3). Обидві схеми також дають можливість наглядно тлумачити абстрактне поняття вектора Бюргерса, як зміщення на величину постійної ґратки у площині ковзання.

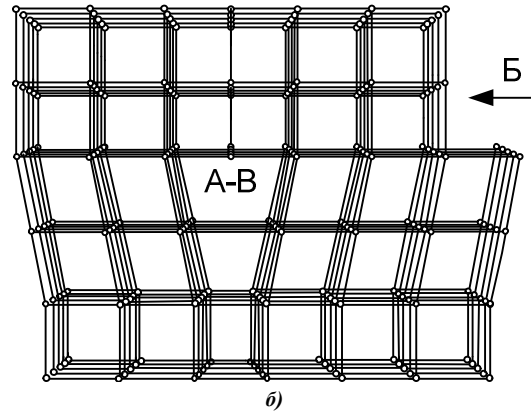
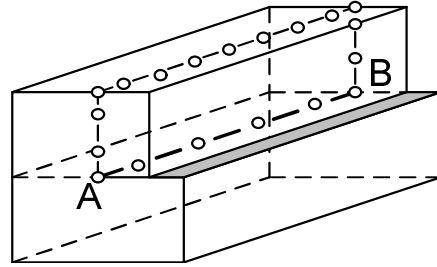


Рис. 3. а) Схематичне зображення крайової дислокації, б) Розміщення атомів, що відповідає крайовій дислокації

Окрема увага при вивченні теми з нашого погляду повинна бути привернута до джерела виникнення дислокацій – моделі Франка-Ріда. Як відомо [9], існування стопорів для перепозання дислокацій та зовнішньої сили приводить до дугоподібного викривлення її закріпленої частини. Існує рівноважний радіус дуги, який визначається із співвідношення [9].

$$\frac{2 \cdot r}{b} = \frac{G}{\sigma}, \quad (1)$$

де  $b$  – вектор Бюргерса,  $G$  – модуль зсуву,  $\sigma$  – напруга у зразку,  $r$  – радіус кривизни дуги.

Рівність виконується, коли при зростанні напруги у зразку радіус кривизни дуги зменшується. Проте, коли величина  $2r$  стає рівною відстані між стопорами  $L$ , умова (1) перестає виконуватись (рис. 4).

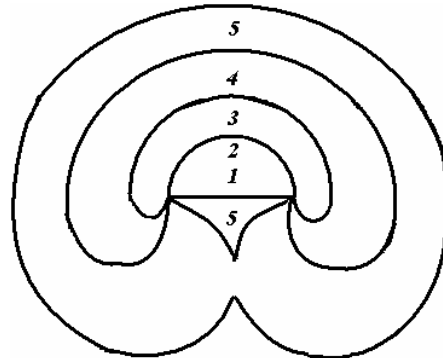


Рис. 4. Джерело Франка-Ріда.

Довжина починає спонтанно зростати, вона замикається і стає автономним утворенням, здатним рухатись самостійно і виходити на поверхню.

Якщо зовнішня сила не рівна нулю, то процес може повторюватись багатократно. Особливості трактування процесу розмноження дислокацій полягають у тому, що більшість студентів до кінця не розуміють, чому дислокаційна петля пройшовши через критичний радіус кривизни, стає нерівноважною і може збільшувати свій розмір навіть без зростання внутрішньої напруги. Акцентувавши увагу слухачів на існуванні рівноважного радіусу дуги частини дислокаційної петлі можна усунути за допомогою механізму розмноження дислокацій за моделлю Франка-Ріда.

### Висновки

Запропоновано спосіб унаочнення впливу лінійних дефектів (дислокацій) на фізичні властивості кристалічних об'єктів. Розроблено методику вивчення деградуючої дії УЗ обробки на випромінювальну рекомбінацію у світлодіодних структурах, розглянуто особливості подання матеріалу, який стосується наслідків УЗ-обробки кристалів – виникнення окремих дислокацій та дислокаційних сіток за моделлю Франка-Ріда. Обґрунтовано необхідність застосування концепції рівноваги сил при поясненні способу множення лінійних дефектів.

### Список використаних джерел:

1. Вавилов В.С. Действие излучений на полупроводники. – М.: ФМ., 1963. – 264 с.
2. Физические процессы в облученных полупроводниках / Под ред. проф. Л.С.Смирнова. – М.: Наука, 1977. – 320 с.
3. Коршунов Ф.П., Гатальский Г.В., Иванов Г.М. Радиационные эффекты в полупроводниковых приборах. – Минск: Наука и техника, 1978. – 231 с.
4. Land D.V., Kimmerling L.C. Observation of a thermal defect annealing in GaP // Appl. Phys.Lett. – 1976. – 28. – №5. – 248-250 pp.
5. Вавилов В.С., Кекслидзе Н.П., Смирнов Л.С. Действие излучений на полупроводники. – М.: Наука, 1988. – 191 с.

6. Gontaruk O.M., Khivriyeh V. I., Pinkovska M.B., Tartachnyk V.P., Olich Ya. M., Vernidub R.M., Opilat V.Ya. Ultrasound influence on exciton emission of GaP light diodes. Semiconductor Physics. Quantum Electronics, v.6, №2, p. 223-226, 20003.
7. Гонтарук А.М., Корбутяк Д.В., Корбут Е.В., Мачулин В.Ф., Олих Я.М. Тартачник В.П. О влиянии ультразвука на деградационно-релаксионные явления в светоизлучающих р-н структурах // Письма в ЖТФ. – Т.24. – №5. – 1998. – С.64-68.
8. Gontaruk O.M., Krivutenko A. M., Petrenko I.V., Tartachnyk V.P., Olich Ya. M., Vernidub R.M., Opilat V.Ya., Pinkovska M.B. Radiation-Acoustic Treatment of GaP light diodes. Fourth Int. conf. on Mat. Properties for Infrared Optoelectronics. 29-02 oktober, 1998, Kyiv, (Ukraine) – Proc. SPIE, 1999, V.3890, pp.559-563.
9. Китель Ч. Элементарная физика твердого тела. – М.: Наука, 1965. – 366 с.
10. Чэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. – М.: Мир. – 558 с.

The method of study of degrading action of BONDS of treatment is developed on radiate rekombinatsiyu in svitlodiodnikh structures, the features of presentation to material which touches the consequences of UZ-OBROBKI of crystals – origin of separate distributions and dislokatsiyinikh nets after the model of Franka-rida are considered.

**Key words:** methodical terms, crystalline objects, distributions, dislocation nets.

Отримано: 1.09.2009

УДК 53(07)

В. П. Вовкотруб, О. М. Трифонова

Кіровоградський державний педагогічний університет імені В.Винниченка

## СТАНДАРТИ ФІЗИЧНОЇ ОСВІТИ І ПРОГНОЗУВАННЯ НАУКОВОГО ЗМІСТУ ЗНАТЬ

Стаття присвячена проблемі удосконалення методики вивчення симетрії та законів збереження в курсі фізики вищої школи.

**Ключові слова:** вивчення поняття симетрії, вивчення законів збереження, принцип науковості.

Проблема якості підготовки вчителів фізики в контексті вимог стандартів вищої освіти та інформаційно-комунікаційних технологій навчання є актуальною. Освітньо-кваліфікаційні характеристики фахівців вимагають прогнозування наукового змісту знань. Фізика високих енергій, яка вивчає фундаментальні взаємодії, структуру речовини і полів, взаємоперетворення елементарних частинок, Всесвіту, субмікросвіту, визначає один з напрямків такого прогнозування. Розуміння природи елементарних частинок, їх взаємодії та взаємоперетворення – необхідна ланка наукового фізичного знання. Це відповідає науковому рівню пізнання структури матерії.

Методичних досліджень змісту і структури понять симетрії та законів збереження у мікросвіті практично не проводилось. Аналіз матеріалів науково-практичних конференцій з методики навчання фізики такої висновки підтверджує. Як результат має місце значне відставання за провадження знань з елементарних частинок у курс загальної фізики і науковими досягненнями фізики високих енергій. Ми проаналізували дану проблему, і пропонуємо удосконалити методику вивчення цих понять, чим забезпечиться науковість викладання явищ мікросвіту.

Протягом усього періоду навчання учнів у школі в них створилось уявлення про елементарну частинку, як про дрібну кулясто подібну кульку зі своїми властивостями та особливостями. Такий підхід зберігся і в курсі загальної фізики. Виклад тем здійснено без урахування логіки науки фізики елементарних частинок, яка склалась в останній період. Зокрема, поняття «елементарна частинка» безпосередньо пов'язане з поняттям симетрії та законів збереження, що не враховано у посібниках. Тому ми пропонуємо виклад навчального матеріалу розділу здійснити з аналізу наукового поняття елементарної частинки у безпосередньому зв'язку з симетрією та законами збереження.

Для здійснення такого підходу необхідно зміст загальної фізики доповнити навчальним матеріалом про симетрію, коротку історію розвитку цього поняття.

Студентам доцільно наголосити, що поштовх до розвитку теоретичної фізики дало відкриття зв'язку між геометричними принципами симетрії і законами збереження класичної фізики, зв'язку, який уже в невяній формі міститься в динамічних законах механіки.

Уявлення про симетрію зустрічається у вченнях про природу античних натурфілософів. Проте систематичне вивчення симетрії виникло у другій половині XVIII ст.

Г.Галілей розглядав простір та час як об'єктивну реальність, яка існує незалежно від людської свідомості. Відкритий ним принцип відносності руху показав, що простір повинен мати властивості однорідності та ізотропності.

Після Г.Галілея розвиток уяви про простір та час здійснив І.Ньютон. Простір і час абсолютні в тому розумінні, що їх властивості не залежать від руху тіл у них і механічних явищ, що протікають там, а абсолютний характер часу проявляється в незалежності його від стану та властивостей рухомої матерії. Тому матерія і час у І.Ньютона виступають як деяка арена, на якій розіграються механічні явища. При цьому простір і час абсолютно не взаємозв'язані. Наслідком динамічних законів Ньютона є визнання однорідності та ізотропності простору і часу [2].

Зокрема, це впливає з того, що другий закон механіки інваріантний відносно перетворень Галілея і, таким чином, не зв'язаний з будь-якою конкретною системою відліку, а це означає еквівалентність усіх точок простору, тобто його однорідність. Згідно першого закону механіки тіло буде зберігати свій стан спокою або рівномірного прямолінійного руху, який не має прискорення в будь-яку сторону. Усі напрямки є рівноможливі. Відсутність обраних напрямків у просторі означає, що простір має властивості ізотропності. Аналогічно і другий закон руху, де прискорення завжди пропорційне силі незалежно від напрямку дії цієї сили в просторі і завжди напрямлено в сторону дії сили. Закони руху виявляються інваріантними по відношенню до зміни знаку часу.