

Науковий напрямок "Дослідження матеріалів нано- та оптоелектроніки"

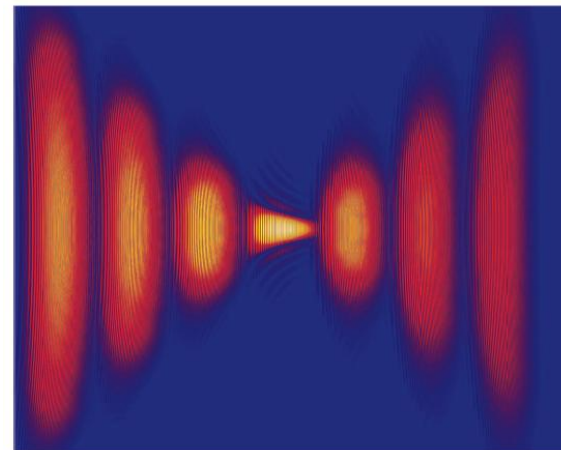
◆ Наукові дослідження в рамках даного напрямку було започатковано на кафедрі у 70-х роках минулого століття. Значна увага була присвячена вивченню акустоелектричних явищ у напівпровідниках, зокрема, акустоелектричних струмів, та ефектам нелінійної взаємодії ультразвукових хвиль.

◆ Дослідження проводились на межі таких цікавих наукових дисциплін, як акустика твердого тіла, фізика напівпровідників і радіоелектроніка. Вони мали важливе прикладне значення для вдосконалення методів перетворення та обробки радіосигналів завдяки тому факту, що перетворення високочастотних радіосигналів у звукові із меншою на два порядки довжиною хвилі значно спрощує їх обробку.

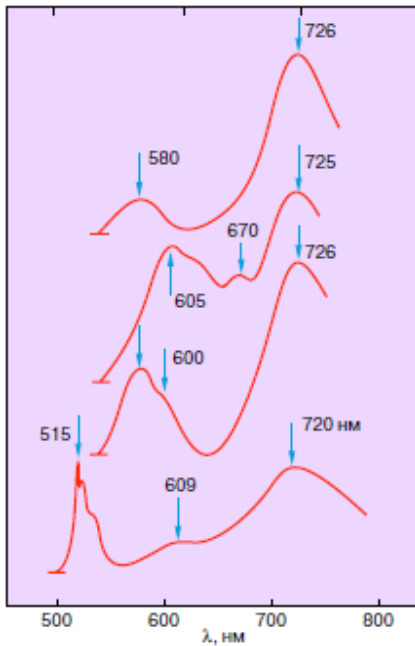
Саме для здійснення операцій над сигналами використовується взаємодія ультразвуку з електронами провідності в напівпровідниках (акустоелектричний ефект), з оптичним випромінюванням (акустооптика), а також нелінійна взаємодія ультразвукових хвиль. Акустоелектронні пристрої дозволяють виконувати операції над сигналами, зокрема, перетворення у часі (затримку сигналів, зміну їх тривалості), спектральні перетворення (зсув фази, перетворення частоти), зміни амплітуди (підсилення, модуляція). Стають можливими також більш складні функціональні перетворення (інтегрування, кодування і декодування, отримання функцій згортки, кореляції сигналів тощо).

◆ В цих дослідженнях використовувались різні типи ультразвукових хвиль в обмежених середовищах із підвищеною увагою до вивчення та використання хвиль в пластинах та поверхневих акустичних хвиль.

Суттєвий внесок у розвиток цього напрямку був зроблений д.ф.м.н. Островським І. В., к.ф.м.н. Булахом Г. І. та к.ф.м.н. Половиною О. І.

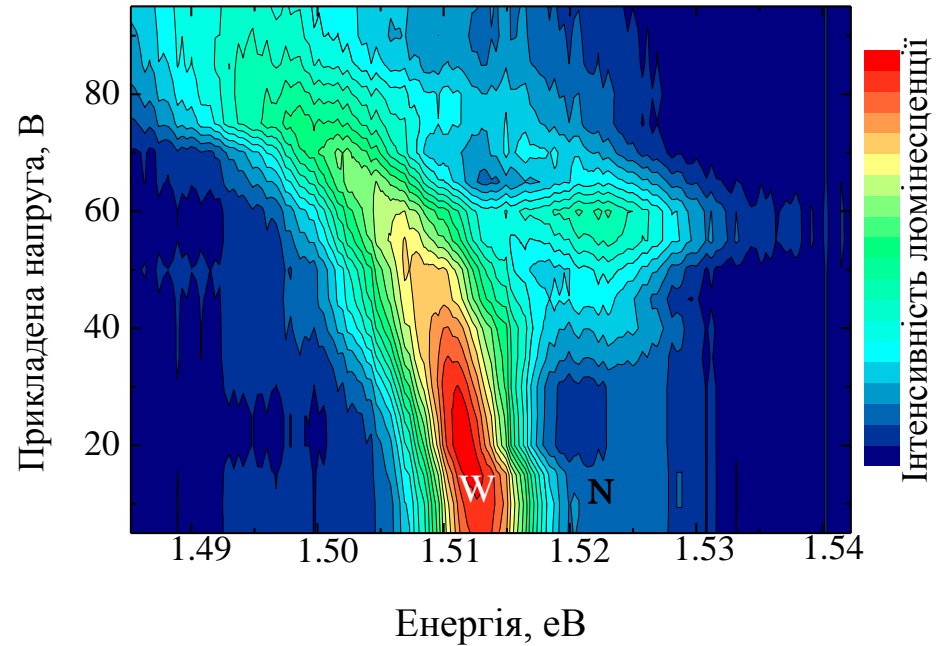


Просторове перетворення
ультразвукових сигналів

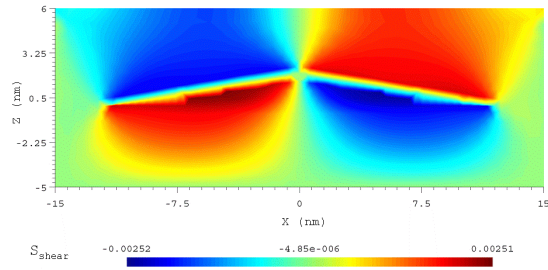
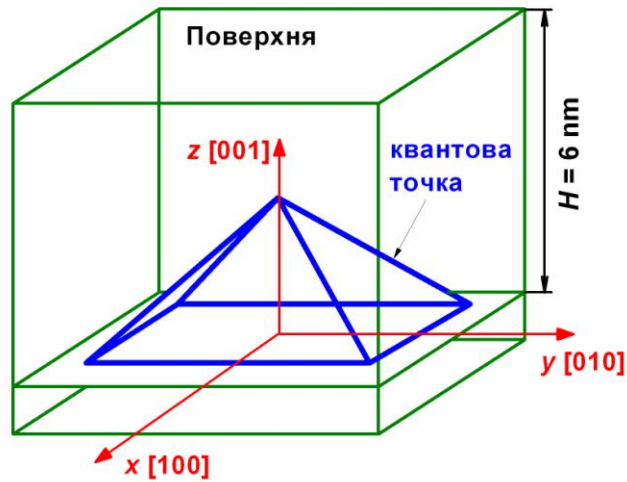


◆ На початку 80-х років на кафедрі було вперше спостережено явище акустолюмінесценції кристалів, тобто їх світіння завдяки поширенню ультразвуку (д.ф.м.н. Островський І. В. та к.ф.м.н. Лисенко В. М.). Серед декількох можливих механізмів виникнення акустолюмінесценції найбільш цікавим виявився власно-дефектний, обумовлений генерацією ультразвуком заряджених структурних дефектів. Спектри на рисунку ліворуч виявляють ряд смуг випромінювання, пов'язаних із точковими дефектами та їх комплексами. Важливу роль у цьому процесі можуть відігравати дислокації, що здатні рухатись при прикладанні знакозмінних механічних напруг звукових хвиль. У свою чергу, цей факт дозволяє напрямлено впливати за допомогою ультразвуку на оптичні, електричні та механічні параметри кристалів. Дослідження у цьому цікавому напрямку і досі тривають в рамках підрозділу.

◆ Іншим проявом такого роду акусто-оптичних явищ є можливість керування інтенсивністю та спектром фотолюмінесценції квантово-розмірних напівпровідникових структур за допомогою п'єзоелектричних полів, що супроводжують ультразвук у п'єзоелектричних середовищах (рисунок праворуч).



Резонансне підсилення випромінювання із більш вузької квантової ями поблизу 1,52 eV внаслідок резонансного тунелювання електронів у системі двох зв'язаних квантових ям GaAs/AlGaAs товщинами 5,5 та 6,1 нм.



- ◆ Низькорозмірні напівпровідникові структури, зокрема, квантові точки та квантові ями мають широке застосування в багатьох галузях науки і техніки й поступово стають основними елементними складовими сучасної наноелектроніки. Включення однієї речовини (наприклад, Ge квантова точка) деформує матрицю (наприклад, Si), в якій воно вирощене, генеруючи пружні поля навколо включення. Якщо матриця та/або включення є ще й п'єзоелектричним середовищем (наприклад, GaAs/AlGaAs), то в розглядуваній системі виникають також п'єзоелектричні поля. Створювані поля є фактично основним чинником, що визначає функціонування пристроїв розглядуваного типу, суттєво впливаючи, зокрема, на їх оптичні властивості та процеси струмопереносу. Тому розробці методів розрахунку та просторового розподілу пружних та п'єзоелектричних полів приділяється підвищена увага дослідників. Відповідні дослідження ведуться останніми роками і в рамках підрозділу.
- ◆ Приклад структури та розрахованого розподілу пружних полів навколо квантово-розмірного включення Ge в матриці Si, розраховані методом FEM, подані на рисунку ліворуч.

◆ Процеси переносу заряду у структурах такого роду експериментально вивчаються за допомогою ряду методів, зокрема, нестаціонарної поверхневої фотопровідності та її розподілу по поверхні структури.

◆ Також активно розробляються методи „інженерії дефектів” – модифікації точкових дефектів (власних, домішкових, їх комплексів) з метою покращення властивостей напівпровідникових структур. Це відкриває нові перспективи удосконалення елементної бази твердотільної електроніки. Безперечними лідерами у цій галузі є радіаційні методики. Проте ультразвуковий вплив веде до цікавих результатів. Так, показано, що ультразвукова обробка стимулює перегрупування дефектів, розпад та утворення різноманітних комплексів, зміну концентрації генераційних центрів на межі поділу окис-напівпровідник тощо.

Серед найбільш важливих результатів досліджень останніх років слід відзначити:

- ◆ Виявлено вплив ультразвуку на процеси фотоелектричного перетворення та світловипромінюючі властивості кремнієвих структур різного типу, включаючи кремнієві сонячні елементи та структури із нано-кремнієм, радіаційно-опромінений кремній. Показано, що обробка ультразвуком здатна покращити функціональні властивості цих структур. Побудовано фізичні моделі ультразвукового впливу, що пов'язує виявлені ефекти із процесами перегрупування дефектів в полі ультразвуку.
 - ◆ Показано, що у гібридній системі п'єзоелектрик–напівпровідникова гетероструктура GaAs/AlGaAs можливе ефективне керування просторовим розподілом носіїв заряду за допомогою п'єзополів, генерованих у п'єзоелектричній підкладці. Зміна резонансної частоти коливань системи змінює співвідношення між нормальною та тангенціальною до площини гетероструктури компоненти п'єзоелектричного поля. Це дозволяє ефективно керувати процесами переносу заряду у гетероструктурі та її світловипромінюючими і вольт-амперними характеристиками.
 - ◆ Виявлено акустостимульоване перетворення робочих характеристик кремнієвих діодів Шоттки – зростання фактору неідеальності вольт-амперних характеристик, коефіцієнту випрямлення, зменшення висоти бар'єру Шоттки та величини зворотнього струму.
- Отримані дані може бути використано для потреб мікро- та наноелектроніки, сонячної енергетики.

Основні публікації:

- A. Podolian, V. Kozachenko, A. Nadtochiy, N. Borovoy, O. Korotchenkov, Photovoltage transients at fullerene-metal interfaces // J. Appl. Phys. – 2010. – Vol. 107, № 9. – P. 093706 (7 стор.).
- A.M. Gorb, O.Ya. Olikh, A.O. Podolian, O.A. Korotchenkov. Ultrasonically recovered performance of γ -irradiated metal-silicon structures // IEEE Trans. on Nuclear Science. – 2010. – Vol. 57, № 3. – P. 1632-1639.
- І. Островський, О. Коротченков, Фізична акустооптика // ВЦ Київський університет, Київ, 2000, 348 с.
- И.В. Островский, Акустолюминесценция и дефекты кристаллов // Вища школа, Киев, 1993. 219 с.
- Г.И Булах, И.В. Островский, Нелинейные акустические токи в пластинах CdS в режиме ультразвуковой инъекции носителей заряда // Письма в Журнал тех. физики. – 1981. – Т. 7, № 3, С. 136-138.
- И.В. Островский, А.И. Половина, Акустическая корреляция в пьезоэлектрической пластине-резонаторе // Физика тверд. тела . – 1978. – Т. 20, № 11, С.3430-3432.

Співробітники:

д.ф.м.н. Коротченков О.О., к.ф.м.н.: Оліх О.Я., Подолян А.О., Горб А.М., Надточій А.Б., Половина О.І.