ОСНОВНІ НАУКОВІ НАПРЯМКИ

Взаємодія ультразвукових хвиль із дефектами структури напівпровідників

Фотоелектричні властивості напівпровідникових наноструктур

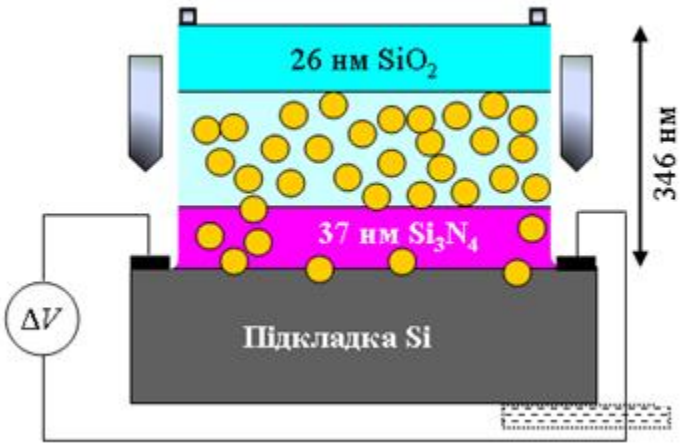
Теплоперенос у наноматеріалах (ефект Зеєбека, теплопровідність)

Сонохімія поверхні напівпровідників

Функціоналізовані полімерні нанокомпозити

ВАГОМІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Розміщення сферичних Ge квантових точок на межі поділу $Si/SiO_2/Si_3N_4$ є дуже ефективним засобом поліпшення фотоелектричного і термоелектричного перетворення енергії такою структурою. Показано, що термо-е.р.с. збільшується в кілька разів за рахунок захоплення носіїв в квантових точках.



Квантові точки Ge/SiO_2, вирощені на поверхні (100) Si p-типу

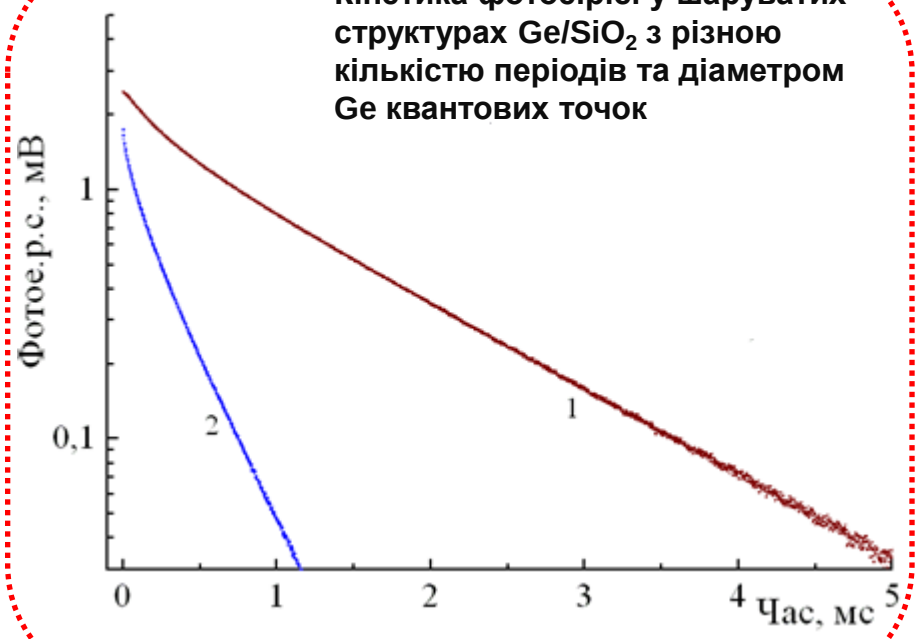
Зростання довжини рознесення фотозбуджених електронів і дірок в полях механічних напружень біля межі поділу Ge/Si здатне збільшити величину фото-е.р.с. , одночасно збільшуючи і час її загасання.

Практичне застосування

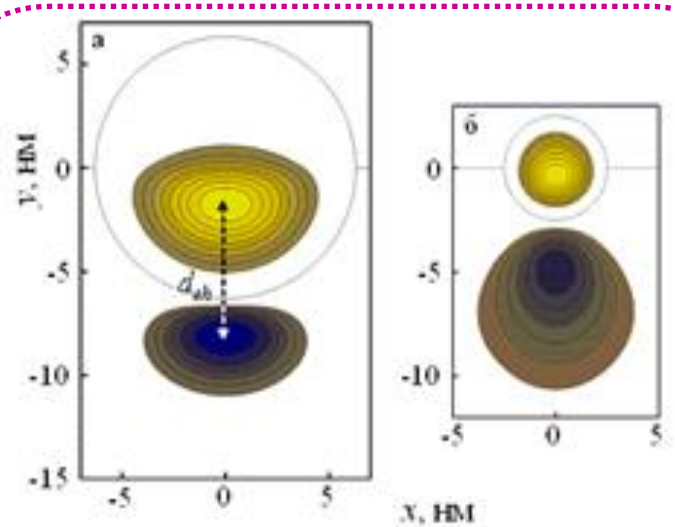
Нові можливості для вдосконалення термо- і фото-електричних пристроїв на Ge/Si із малими концентраціями центрів рекомбінації на межах поділу.

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.

♦ ***Ефективність фото- і термоелектричних кремнієвих структур можна покращити функціалізацією поверхні частково зануреними в Si квантовими точками Ge. Ефект збільшення фото- і термое.р.с. пояснюється захопленням носіїв заряду у квантових точках і подальшим їх звільненням у високоякісних структурах із слабким рівнем рекомбінації захоплених носіїв заряду.***



Кінетика фотое.р.с. у шаруватих структурах Ge/SiO$_2$ з різною кількістю періодів та діаметром Ge квантових точок

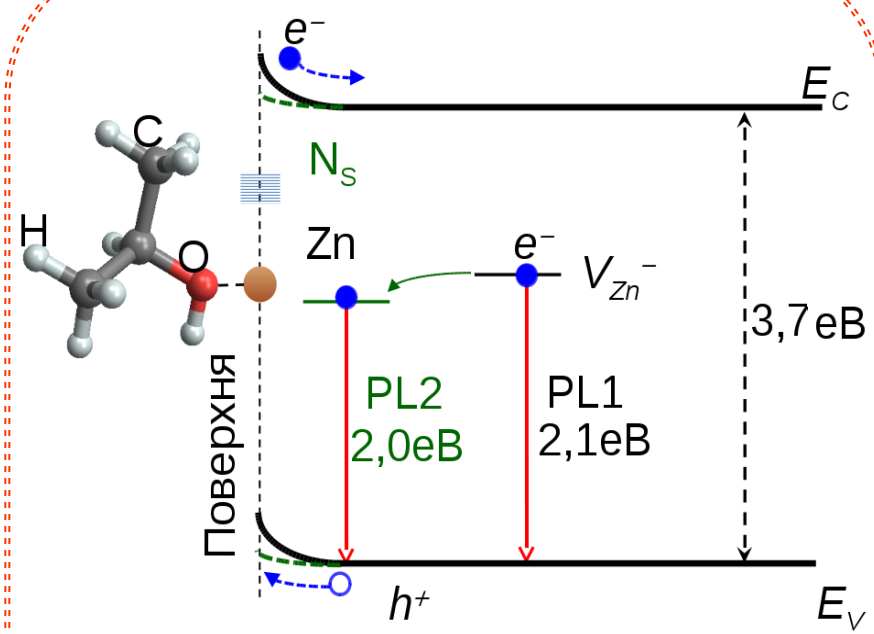


Залежності просторового розподілу густини електронних (під сферичними точками) та діркових (всередині точок) станів, що демонструють збільшену відстань рознесення електронів і дірок

Практичне застосування

Виявлені закономірності слід враховувати при розробці ефективних термоелектричних і фотовольтаїчних пристроїв на основі Ge/Si

♦ ***Виявлено, що при сонофрагментації сульфіду цинку (як сфалериту, так і вюрциту) у полярному розчиннику утворюється нанорозмірні частинки, поверхня яких пасивується в середовищі розчинника. Одночасно відбувається зміна дефектного складу в об'ємі частинок. змінюється вихід люмінесценції, її спектр та кінетика загасання.***



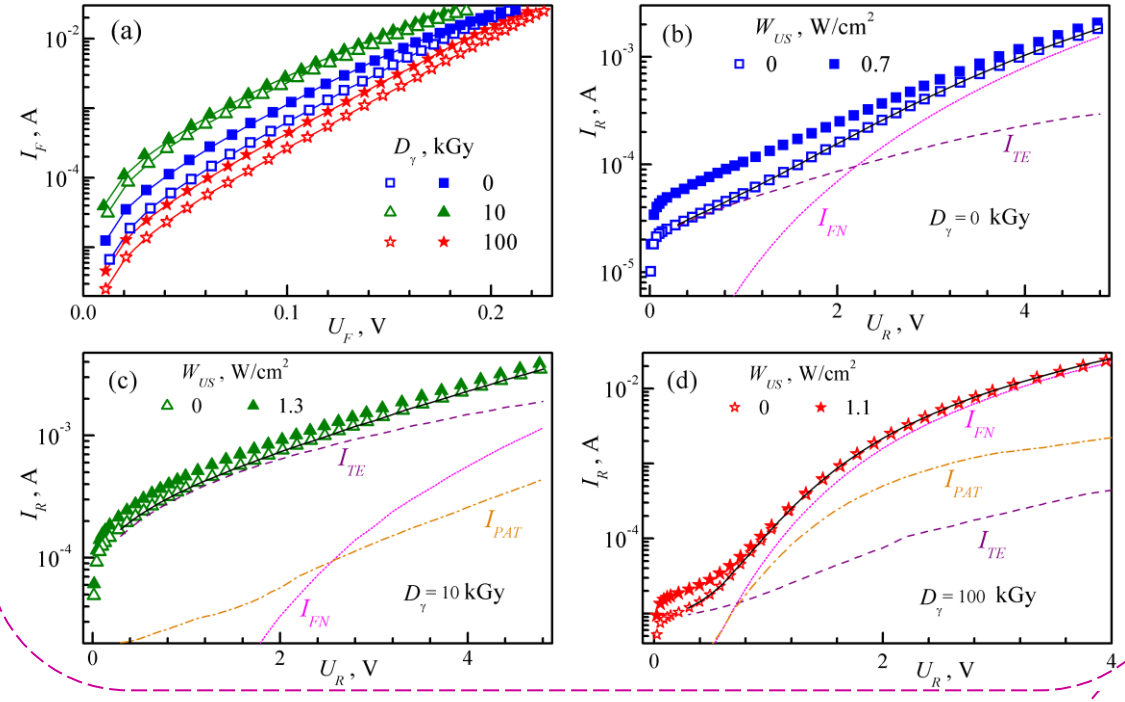
PL1 та PL2 – електронні переходи, що формують спектри фотолюмінесценції до та після сонофрагментації, відповідно;
e^- та h^+ – електрон та дірка, відповідно;
N_S – стани на поверхні нанокристаліту, обумовлені пасивацією атомів Zn групами OH

Зонна схема кристалітів ZnS, що пояснює зміни фотолюмінесценції при сонофрагментації

Практичне застосування

Підбір і оптимізація режимів ультразвукової сонофрагментації і типу розчинника відкриває можливість ефективної модифікації в широких межах розмірів наночастинок, виходу їх люмінесценції, її спектру та кінетики загасання, що має важливе значення для практичного використання напівпровідникових структур типу ZnS/ZnO.

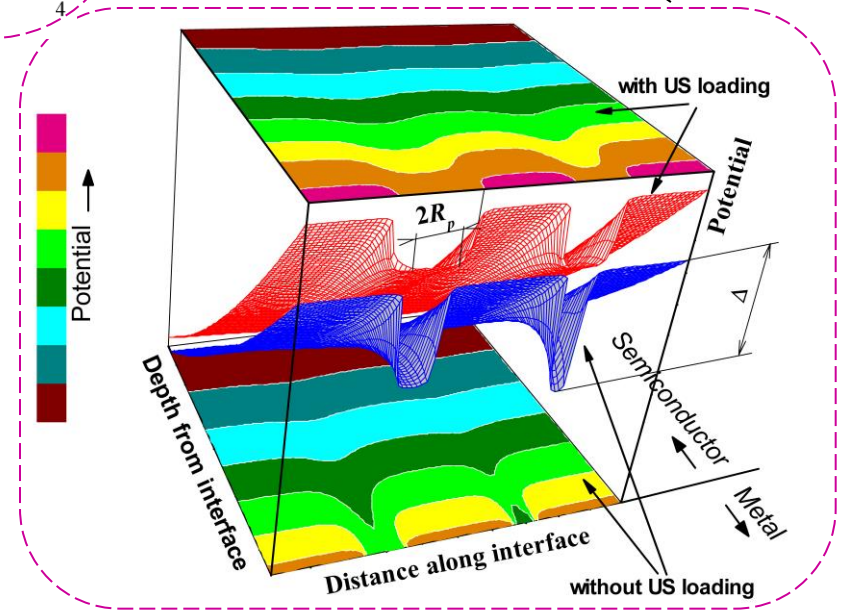
Вплив ультразвукового навантаження на вольт-амперні характеристики неопромінених та гамма-опромінених структур напівпровідних-метал



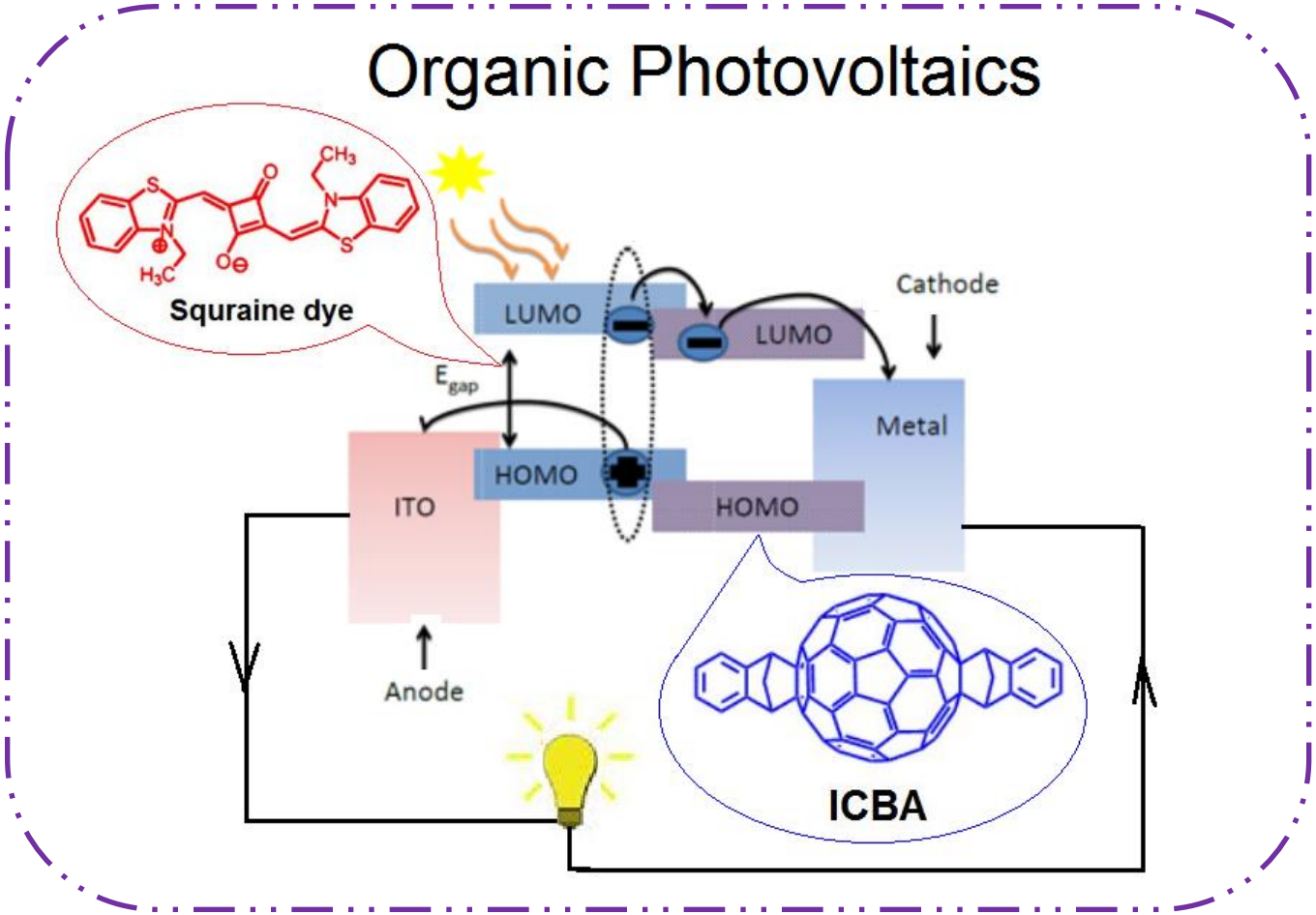
Практичне застосування

Отримані дані можуть бути використані для потреб мікро- та наноелектроніки, сонячної енергетики.

Схема зміни дна зони провідності в умовах ультразвукового навантаження (верхня площина) поблизу неоднорідної границі контакту метал-напівпровідник

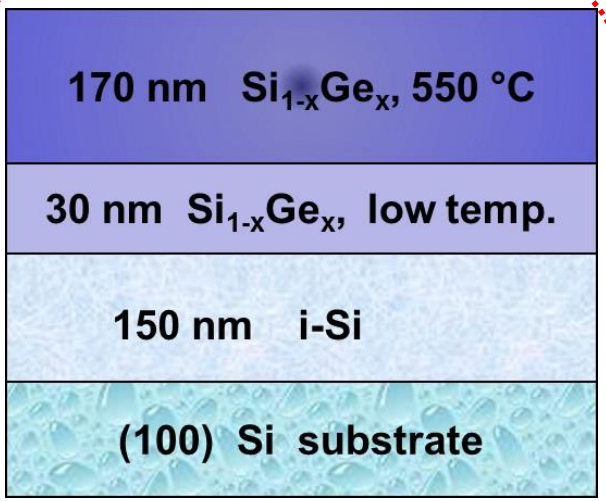


- ***Виявлено акустостимульоване перетворення робочих характеристик кремнієвих діодів Шоттки – зростання фактору неідеальності вольт-амперних характеристик, коефіцієнту випрямлення, зменшення висоти бар'єру Шоттки та величини зворотнього струму.***



♦ ***Вперше експериментально виявлена поляризаційна фото-е.р.с. у плівкових гетероструктурах на основі полі-N-епоксипропілкарбазола та скварилієвого барвника***

♦ *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.*

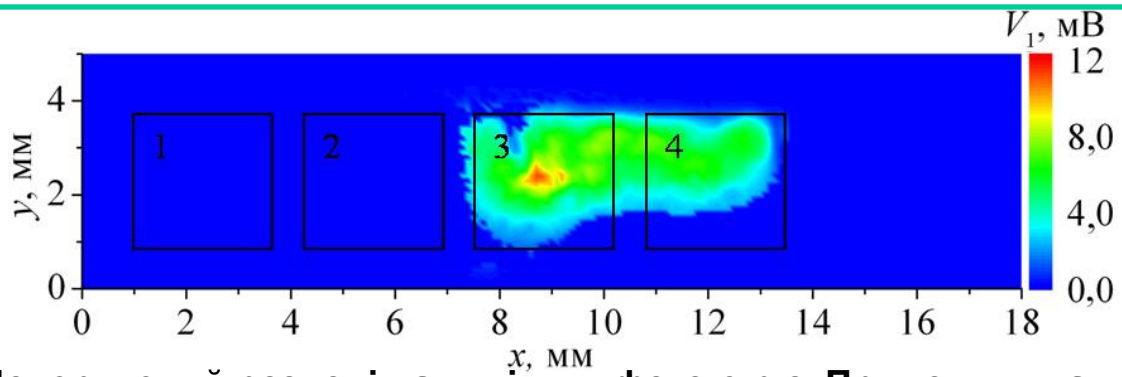


Гетероструктура $Si_{1-x}Ge_x$ на кремнієвій підкладці

♦ *Запропоновано модель процесів переносу та розділення фотозбуджених носіїв заряду у оксідованих структурах із наноострівцями Ge_xSi_{1-x}, що враховує різну густину поверхневих станів на межах поділу $GeSi/SiO_2$ та Si/SiO_2.*

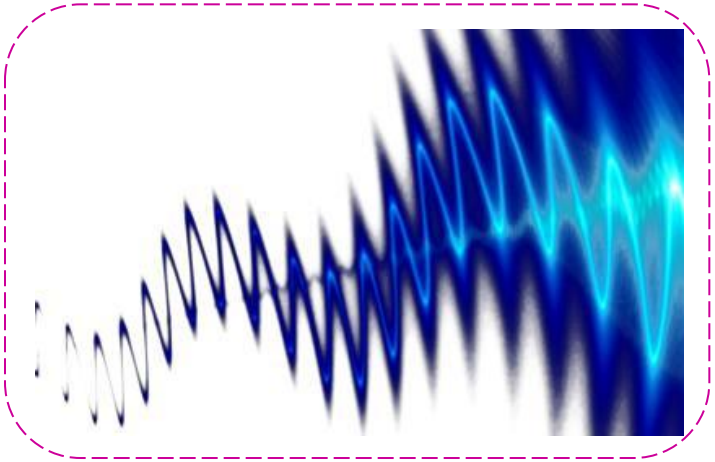
Практичне застосування

Керування процесами переносу заряду у гетероструктурі та її світло-випромінюючими і вольтамперними характеристиками



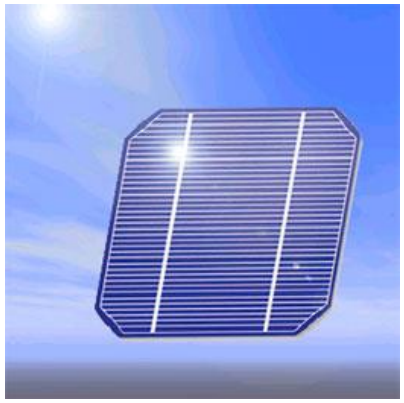
Поверхневий розподіл амплітуди фото-е.р.с. Прямокутниками показані області дії лазерного випромінювання з інтесивностями $I_1<I_2<I_3<I_4$

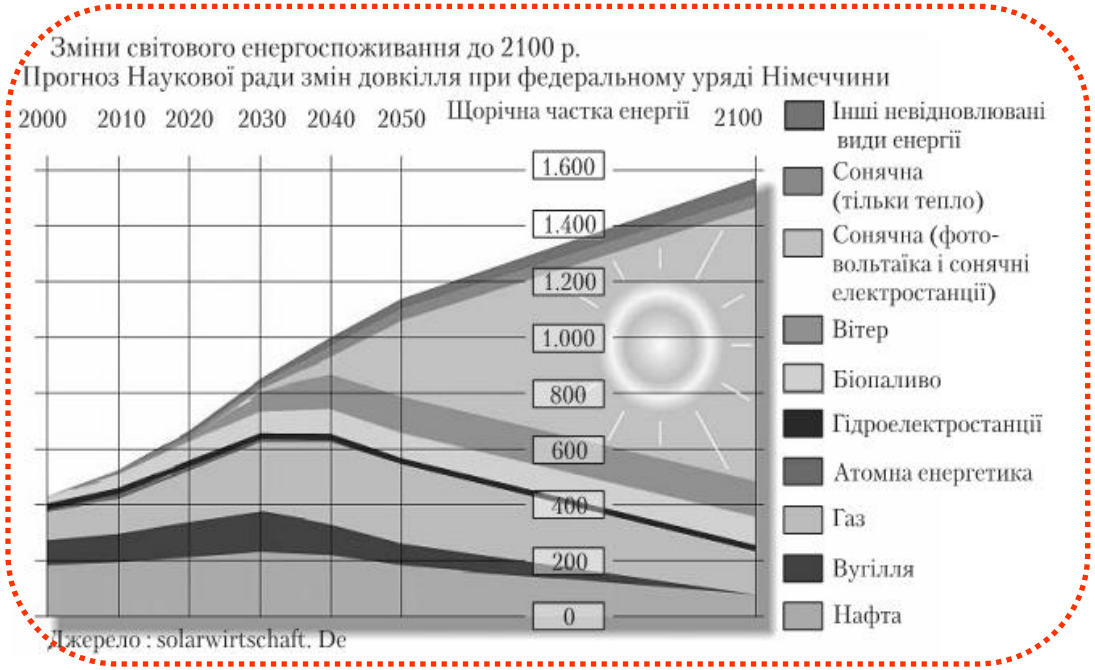
♦ ***Показано, що акустичні коливання здатні змінювати електричні властивості напівпровідникових пристроїв завдяки взаємодії з їх дефектами структури. Зокрема, при використанні ультразвуку з інтенсивністю до 0.5 Вт/см² в напівпровідниках спостерігаються оборотні зміни, що відкриває перспективи використання акустичної хвилі як елемента керування динамічними неоднорідностями середовища в елементах функціональної електроніки.***



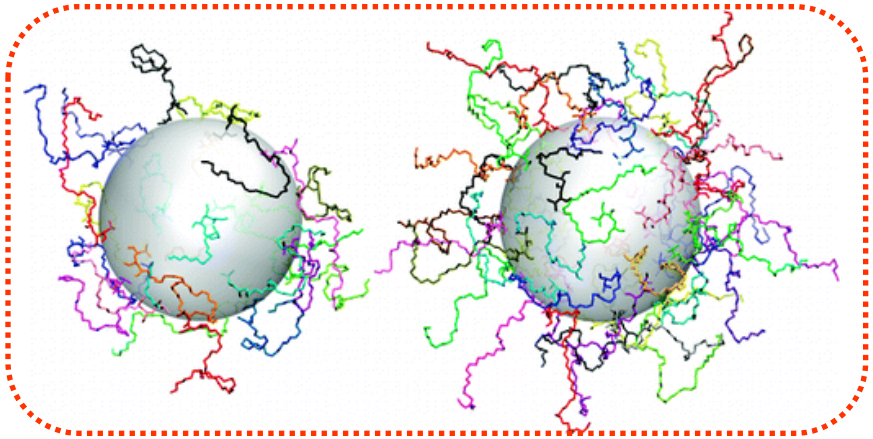
Практичне застосування

Структури з контактом Шоттки широко використовуються при виготовленні польових транзисторів, високочастотних детекторів та відіграють важливу роль при виробництві швидкісних логічних, інтегральних та оптоелектронних елементів.



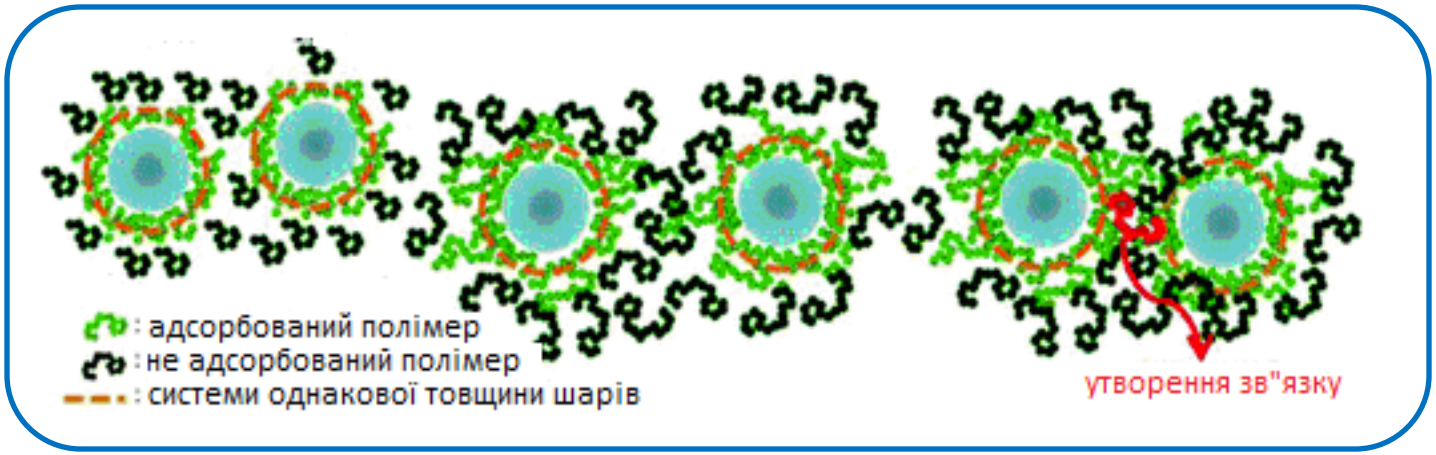


♦ **За рахунок зміни типу наповнювача, хімічної модифікації його поверхні та концентрації у полімерній матриці можна керувати фізичними властивостями таких нанокомпозитних матеріалів. А саме: підвищувати межу міцності, термостійкість, змінювати діелектричну проникність, електро- та теплопровідність тощо.**



❖ ***Виявлено, що динамічні пружні модулі епоксидних нанокомпозитів, наповнених багатошаровим графеном, слабо змінюються зі збільшенням концентрації наповнювача.***

➢ ***Виявлено, що збільшення вмісту графену у графен-окиснених епоксидних нанокомпозитах дозволяє збільшити діелектричну проникність композиту, що важливо для електротехнічних застосувань.***



Ступінь активності поверхні можна змінювати, осаджуючи на неї або металеві частинки, або молекули органічних сполук з заданими властивостями.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ

2019

- Charge-carrier relaxation in sonochemically fabricated dendronized $CaSiO_3$-SiO_2-Si nanoheterostructures / R. Savkina, A. Smirnov, S.Kirilova, V.Shmid, A. Podolian, A. Nadtochiy, V. Odarych, O. Korotchenkov // Applied Nanoscience. – 2019. – Vol.9, №5. – P.1047–1056.
- Epoxy filled with bare and oxidized multi-layered graphene nanoplatelets: a comparative study of filler loading impact on thermal properties / B. Gorelov, A. Gorb, A. Nadtochiy, O. Korotchenkov, O. Polovina et al. // Journal of Material Science. – 2019. – Vol.54, №12. – P.9247–9266.
- Sonochemical modification of SiGe layers for photovoltaic applications / A. Nadtochiy, O. Korotchenkov, V. Schlosser // Physica Status Solidi (a). – 2019. – Vol.216, №17. – P. 1900154.
- Relationship between the ideality factor and the iron concentration in silicon solar cells / O.Ya. Olikh // Superlattices and Microstructures. – 2019. – Vol. 136, – P. 10639.
- Improving photoelectric energy conversion by structuring Si surfaces with Ge quantum dots / V. Shmid, V. Kuryliuk, A. Nadtochiy, O. Korotchenkov, P.-W. Li // Proceedings of the 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2019. – P.92–96.
- Photoelectric Properties of SiGe Films Covered with Amorphous- and Polycrystalline-Silicon Layers / V. Shmid, A. Podolian, A. Nadtochiy, O. Korotchenkov et al. // Ukrainian Journal of Physics. – 2019. – Vol.64, №5. – P. 415.
- Impact of multilayered graphene nanoplatelets on 3D-molecular network of an epoxy resin / B. Gorelov, A. Gorb, Z. Czapla, S. Wacke, A. Nadtochiy et al. // Proceedings of the 2019 IEEE 9th International Conference on Nanomaterials: Applications and Properties (NAP-2019). – P. 01SSAN07-1 – 01SSAN07-5.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ

2018

- Enhanced photoresponse of Ge/Si nanostructures by combining amorphous silicon deposition and annealing / A. Podolian, A. Nadtochiy, O. Korotchenkov et al. // J. Appl. Phys. – 2018. – Vol.124 (9). – P. 095703_1- 7.
- Clusters of point defects near dislocations as a tool to control CdZnTe electrical parameters by ultrasound / Ya.M. Olikh, M.D. Tymochko, O.Ya. Olikh, V.A. Shenderovsky // Journal of Electronic Materials. – 2018. – Vol.47 (8). – P. 4370–4378.
- Olikh O.Ya. Acoustically driven degradation in single crystalline silicon solar cell / O.Ya Olikh // Superlattices and Microstructures. – 2018. – Vol.117. – P. 173–188.
- A simple sonochemical synthesis of nanosized ZnO from zinc acetate and sodium hydroxide / M. Zakirov, M. Semen'ko, O. Korotchenkov // Journal of Nano-and Electronic Physics. – 2018. – Vol.10 (5). – P. 05023_1–4.
- Acousto-defect interaction in irradiated and non-irradiated silicon n+–p structures / O. Olikh, A. Gorb, R. Chupryna, O. Pristay-Fenenkov // Journal of Applied Physics. – 2018. – Vol.123 (16). – P. 161573
- Nonlinear loading effects in oxide-filled polyester nanocomposites observed by IR-spectroscopy and lifetime positron spectroscopy / B. Gorelov, O. Polovina, A. Gorb et al. // Universal Journal of Materials Science. – 2018. – Vol.6 (2). – P.64.
- Фото-електричні властивості кремнієвих структур із нанокомпозитним епоксидно-полімерним шаром / В.І. Шмід, С.П. Назаров, А.О. Подолян та ін. // Ж. нано- електрон. фіз. – 2018. – т. 10 (2). – С. 02024_1–6.
- Дослідження «придислокаційних» кластерів точкових дефектів у кристалах CdZnTe методом акусто-Холла / О. Оліх, М. Тимочко, Н. Сафрюк та ін. // Оптоэлектроника и полупроводниковая техника. – 2017. – Т.52. – С.108–122.
- Filler's impact on structure and physical properties in polyester resin–oxide nanocomposites / B. Gorelov, A. Gorb, O. Polovina et al. // Adsorption Science & Technology. – 2018. – Vol.36 (1-2). – P. 549–570.