

Відділ № 9 ІФН ім. В.Є.Лашкарьова НАНУ

Від свого заснування (1960 р.) і дотепер основною тематикою відділу № 9 є **фізика поверхні напівпровідників**.

Цей напрям згодом об'єднав такі розділи фізики, як фізичні та фізико-хімічні процеси на поверхні, на границях розділу, в тонких плівках та в низькорозмірних системах (в так званих наноструктурах). Отже, його тематика і зараз належить до найбільш актуальних напрямків фізики та електроніки напівпровідників.

Засновником відділу, а згодом і цілої школи «Фізика поверхні напівпровідників» в Україні, є видатний фізик-напівпровідниковець, професор Василь Іванович Ляшенко (31.01.1902 – 18.03.1975).

В.І.Ляшенку належить почесне місце серед таких фундаторів передвоєнного відродження фізики в Україні, як А.Г.Гольдман, В.Є.Лашкарьов, П.Г.Борзяк.

В.І.Ляшенко був першим деканом фізичного факультету Київського університету, відновленого після 18-річного занепаду. Він приклав багато зусиль для створення сучасних для того часу курсів лекцій, лабораторних практикумів, багато уваги приділяв вихованню студентської молоді. Василь Іванович також був одним із засновників Інституту фізики напівпровідників, довгий час був заступником академіка-секретаря Відділення фізики та астрономії АН УРСР.



Професор Ляшенко Василь Іванович – перший завідуючий відділом № 9 «**Електроніка поверхні напівпровідників**».

Створена перша в колишньому Радянському Союзі велика лабораторія (згодом – відділ № 9) фізики поверхні напівпровідників, яка стала базою для формування очоленої ним вже згаданої Школи фізики поверхні напівпровідників в Інституті фізики напівпровідників. Ця школа існує і зараз, до її складу, крім співробітників очолюваного чл.-кор. НАН України В.Г.Литовченком відділу № 9 (перша назва – відділ електроніки поверхні напівпровідників), входили також науковці ще декількох відділів названого Інституту, в тому числі відділ фізики захисту поверхні напівпровідників (очолював акад.НАН України О.В.Снітко), відділ атомарно-чистої поверхні, який тривалий час очолював чл.-к. НАН Украї-

ни Б.О.Нестеренко, а згодом докт. ф.-м.н. А.В.Саченко, відділ контактних явищ (Ю.О.Тхорик), відділ сенсорики (чл.-к. НАН України Є.Ф.Венгер), відділ напівпровідникових детекторів (докт. ф.-м.н. Д.В.Корбутяк), відділ фотоелектричних перетворювачів (докт. ф.-м.н. А.П.Горбань), відділ поляритонних явищ (докт. ф.-м.н. М.Л.Дмитрук), відділ іонної модифікації (чл.-к. НАН України В.С.Лисенко).

В.І.Ляшенко створив також науково-дослідницькі лабораторії в Київському, Львівському, Ужгородському та Чернівецькому університетах. Із заснованої ним школи «Фізика поверхні напівпровідників» вийшло 5 членів Національної академії наук України (акад. О.В.Снітко, чл.-к. В.Г.Литовченко, Б.О.Нестеренко, В.С.Лисенко, Є.Ф.Венгер), 30 докторів та понад 100 кандидатів фізико-математичних наук, велика кількість науковців, інженерів, викладачів, які зробили значний внесок в розвиток науки, техніки та освіти України.

Саме В.І.Ляшенком, ще у передвоєнні роки, були поставлені та виконані в Інституті фізики АН УРСР (Київ) перші роботи з дослідження поверхні напівпровідників на класичних тоді матеріалах – селені та закисі міді Cu_2O , що були основою для виготовлення випростувачів струму, які використовувались у силових пристроях. Ці пристрої були запропоновані лише за декілька років до цього, в 1928 р. німецькими фізиками. В.І.Ляшенком були проведені дослідження приконтактних ефектів для ділянок метал-напівпровідник (М-НП) шляхом вимірювання розподілу потенціалу вздовж зразків. Раніше в роботах Д.М.Наслєдова та Л.М.Неменова було виявлено істотний контактний опір як для анодного, так і катодного режиму підключення зразка. Цей опір не залежав ні від величини, ні від полярності прикладеного поля, тому виявлений ефект природно було пояснити «неякісним» контактом - приконтактним високоомним шаром. В.І.Ляшенко разом зі своїм співробітником Г.А.Федорусом [1] відкрили новий ефект, названий ними «високовольтною поляризацією приконтактної області напівпровідників». Він був зумовлений виникненням високоомного приконтактного шару, опір якого сильно змінювався, починаючи від зовсім малої величини (при катодній полярності), до багаторазового перевищення опору всього зразка (при анодній полярності), в залежності від величини і полярності прикладеної напруги. Було зроблено фізично правильний висновок щодо виникнення додаткового стрибка потенціалу на анодному контакті, а саме (цитуюємо): «эффект связан с образованием объёмного заряда высоковольтной поляризации электронных полупроводников». Ефект був значно сильнішим при низьких температурах (при температурах рідкого азоту). Англійською мовою це звучало в зовсім сучас-

ній термінології:

«There was discovered a high voltage polarisation which causes a jump of the potential at the electrodes, which depends on the direction of the field. It depends also on the formation of spatial charge polarisation at the anode» (сучасна термінологія – SCR-space charge region) [1].

Таким чином, цитована робота є пріоритетною у відкритті запірнього шару (або за сучасною термінологією – бар'єра Шоттки) на контакті метал – напівпровідник. Трохи згодом, у роботах Лашкарьова та Косоногової, запірний шар був знайдений на контакті Cu-CuO, пояснений виникненням $p-n$ – переходу (CuO(n)-Cu₂O(p)-Cu) і також був названий запірним шаром. Отже, пріоритет відкриття запірних шарів у напівпровіднику поблизу межі поділу метал-напівпровідник та пояснення природи ефекту належить українським ученим В.І.Ляшенку та В.Є.Лашкарьову. Важливо підкреслити, що саме ці структури (М-НП та $p-n$) є базовими в сучасній напівпровідниковій електроніці.

Пізніше, вже очолюваний В.І.Ляшенком відділ № 9 зосередив зусилля на поверхневій тематиці, залучивши до досліджень ширше коло методів та фізичних явищ, зокрема, зайнявся вивченням зв'язку між електричними (роботою виходу, приповерхневою провідністю), фотоелектричними, адсорбційними та каталітичними явищами в напівпровідникових об'єктах. Ці роботи він проводив разом із першими співробітниками І.І.Степком, А.М.Павленком (вібраційний метод КРП Кельвіна), а з середини 50-х років – із О.В.Снітком, В.Г.Литовченком, а пізніше - з Г.П.Романовою, О.А.Сербою, Р.О.Літвіновим та іншими.

За цими результатами було опубліковано велику кількість робіт, серед яких чільне місце належить оглядовій статті, написаній у співавторстві з В.Є.Лашкарьовим, що увійшла до спеціального збірника [2]. Вказані дослідження були виконані одночасно з відомими фундаментальними роботами з електроадсорбційних явищ Шоклі, Пірсона, Бардина та Бреттена (1949) [3].

У роботах відділу № 9 вперше було виявлено екранування зовнішнього поля та дипольного поля адсорбованих молекул зарядженими поверхневими центрами. Досліди київських авторів були виконані на традиційних напівпровідниках (Cu₂O, CdS), тоді як американські вчені активно досліджували інші напівпровідникові матеріали – германій та кремній, на яких, як відомо, Шоклі, Бардин та Бреттен відкрили в 1947 р. транзисторний ефект.

Велике значення мали фундаментальні питання - який механізм електричної дії адсорбційних молекул у випадку так званої реальної поверхні

(вкритої тонким природним захисним шаром окису) та про вплив електронної системи напівпровідникової підкладки на каталітичні процеси поверхні. Для цього було досліджено ізотерми електроадсорбції та каталізу на добре відтвореній реальній поверхні оксидних напівпровідників, та «промислових» напівпровідниках: германію та кремнію (спільно з В.І.Ляшенком, В.Г.Литовченком, І.І.Степком, Г.П.Романовою, О.А.Сербою) [4-11]. Були класифіковані стани реальної поверхні (гомогенна, гетерогенна), тип зарядності поверхні (донорна, акцепторна), визначені параметри адсорбційних центрів з енергією активації (типові значення) $E = 0,3 - 0,1$ еВ. Фундаментальним результатом для створення селективного напівпровідникового газового сенсора був висновок, що значення енергій активації адсорбційних центрів істотно відрізняються для різних типів молекул і майже не змінюються у процесі старіння поверхні на повітрі [8-10].

Починаючи з середини 60-х років, відділ № 9, на чолі з В.І.Ляшенком, разом з групою молодих співробітників (В.Г.Литовченко, А.П.Горбань, Р.О.Літвінов, В.С.Лисенко, М.Л.Дмитрук та ін.) проводить інтенсивні дослідження поверхні актуального ще й зараз напівпровідника – кремнію – методами ефекту поля, вібруючого електрода та фотостимульованих нерівноважних ефектів. На основі цих досліджень була висунута і отримала широке визнання модель реальної поверхні, в якій центри мають природу, близьку до радіаційно-стимульованих центрів (так звана тришарова модель поверхні)[10,11].

Фотоелектричні явища (зокрема в «люмінесцентних» прямозонних напівпровідниках типу GaAs, CdS та ін.), вплив на їх властивості приповерхневої області просторового заряду (ОПЗ) – наступний етап досліджень відділу № 9. Перший цикл цих робіт (на CdS, Cu_2O , плівках та тонких кристалах) був виконаний В.І.Ляшенком разом з О.В.Снітком. Подальші дослідження проводились на тонких зразках германію та кремнію, коли було відкрито важливий ефект – прилипання нерівноважних фотоносіїв на поверхні (В.Г.Литовченко, О.В.Снітко), що виявилось істотним вже при кімнатній температурі [11, 13]. Ефект забезпечував різке зростання фоточутливості напівпровідникових зразків малої товщини.

Цей цикл робіт В.І.Ляшенка, виконаний разом з співробітниками (В.Г.Литовченко, І.І.Степко, І.В.Стріха), був узагальнений в монографії [1] за яку їм була присуджена одна з перших Державних премій України в галузі науки і техніки (1973 р.).

Далі роботи у відділі № 9 були розвинуті і виконані під керівництвом

В.Г.Литовченка (який очолив відділ в 1971 році), разом з новою групою молодих співробітників - М.Л.Дмитруком, В.О.Зуєвим, А.П.Горбанем, Д.В.Корбутяком, В.І.Гавриленком, Б.М.Романюком, Г.О.Сукачем, В.Г.Поповим, І.П.Лісовським та іншими [14 - 25].

Отже, до початку 70 року минулого століття було закладено основи фізики поверхні напівпровідників, як моноатомних (непрямозонні кристали типу Ge і Si), полікомпонентних (A_2B_6 , CdS, CuO, A_3B_5) та ін. Зокрема, було експериментально доведено існування для них поверхневих електронних станів та встановлено їх енергетичний спектр. Було створено так звану фізичну теорію поверхні, яка передбачала кількісний опис електричних параметрів поверхні (провідності, ємності, роботи виходу) та приповерхневої області просторового заряду (ОПЗ) в умовах повної та часткової іонізації об'ємних локальних центрів. Було пояснено основні закономірності фотоелектричних явищ в наближенні постійного квазірівня Фермі вздовж ОПЗ. Був також виявлений істотний вплив поверхні на параметри електронних приладів (діодів, транзисторів та ін.). Були створені перші прилади, дія яких базувалась на поверхневих ефектах, а саме: координатно чутливий фотоприймач, сонячні елементи на основі поверхневого індукованого $p - n$ -переходу та контакту метал-напівпровідник, сенсор газового середовища.

Наступний етап полягав у розширенні експериментальних та теоретичних досліджень поверхні прямозонних «люмінесцентних» напівпровідникових сполук, а саме: GaAs, InAs та інших сполук типу A_3B_5 .

Групою фізиків ІФН НАН України (О.В.Снітко, В.Г.Литовченко, М.Л.Дмитрук, В.О.Зуєв, А.В.Саченко, Д.В. Корбутяк) в 70-і роки було проведено узагальнення основних положень фізики поверхні на напівпровідники такого типу. Зокрема, в цих роботах було відмічено вирішальну роль глибоких рівнів в ОПЗ, які зазвичай характеризуються неповною іонізацією при екрануванні зовнішнього електричного поля. Була створена теорія ОПЗ та провідного ємнісного ефекту поля в напівпровідниках з глибокими рівнями, в тому числі — в умовах відхилення від термодинамічної рівноваги. Було досліджено «гігантський ефект поверхневої зарядової пам'яті» в широкозонних напівпровідниках, а при низьких температурах – і в класичних напівпровідниках Ge та Si (О.В.Снітко, В.Є.Примаченко, В.Г.Литовченко, А.П. Горбань, М.Л.Дмитрук). відкрито ефект прискореного планарного гетерування (В.Г.Литовченко, Б.М.Романюк), поверхневі екситони (В.Г.Литовченко, Д.В.Корбутяк, Г.О.Сукач).

Було розроблено низку корисних методів визначення електронних па-

раметрів поверхні полярних напівпровідників, а також параметрів меж поділу напівпровідник-метал та діелектрик, а саме: профілю концентрації та рухливості носіїв заряду, поверхневого потенціалу (приповерхневого вигину зон), енергетичного спектра поверхневих рівнів, локальних властивостей діелектричних плівок, зформованих на поверхні напівпровідника та ін.

У відділі № 9 були створені нові сучасні технології: багатоелементна іонна імплантації (Б.М.Романюк, В.Г.Литовченко), іонно-плазмове осадження плівок (М.І.Клюй), вакуумно-спектроскопічний аналіз складу та структури плівок та поверхні (Б.М.Романюк, Р.І.Марченко, В.П.Мельник), інфрачервона спектроскопія (І.П.Лісовський), формування гострійної та наноструктурованої (пористої) поверхні (А.А.Євтух, Т.І.Горбанюк), формування квантових катодів (монохроматичних джерел електронних потоків) [20-25].

Багато результатів досліджень, виконаних у відділі № 9, були узагальнені у декількох монографіях [11-18]. Зокрема, це стосується використання відкритого ефекту поверхневої люмінесценції для дослідження таких фундаментальних явищ, як поверхневі екситони, їх конденсації, поверхнева квантово-розмірна плазма (В.Г.Литовченко, В.О.Зуєв, Д.В.Корбутяк, Г.О.Сукач, 1972) [19]; формування індукованого поверхневого $p-n$ -переходу та створення на його основі високоефективних фотовольтаїчних сонячних перетворювачів та фотоварикапів (В.Г.Литовченко, А.П.Горбань, О.А.Серба, В.П.Костильов та ін., 1963 (11), відкриття поверхневого ефекту пам'яті та фотоспрямлення поверхневого вигину зон, що було покладено в основу високороздільного запису оптичної інформації (В.Г.Литовченко, М.Л.Дмитрук [18,11]).

Вищезгадані наукові праці плідно продовжуються дослідниками інших відділів Інституту фізики напівпровідників НАН України, а також співробітниками деяких університетів та дослідних інститутів. Зокрема, це стосується розвитку фізики напівпровідникових наноструктур (як, наприклад, розробка високоефективної сонячної фотовольтаїчної енергетики з використанням наноструктурованих композитних напівпровідникових шарів) - напрямку фізики та електроніки, де відділ № 9 є одним із піонерів цього розділу [21-25].



Співробітники відділу № 9 :
В.Г.Литовченко, Б.М.Романюк, І.П.Лісовський, В.П.Мельник,
А.А.Євтух (2010 р.)

Колектив відділу № 9 , зформований В.І.Ляшенком, став базовим при створенні в Інституті напівпровідників тематичного Відділення «**Фізика поверхні напівпровідників та мікроелектроніка (ФПНМ)**», створеного на початку 70-х років і очолюваного спочатку О.В.Снітком, а з 1988 р. і до тепер – В.Г.Литовченком.

Кадровий склад Відділення включає 4 відділи та лабораторію:
№ 9, зав.від. — чл.-к. НАНУ В.Г.Литовченко (lvg@isp.kiev.ua);
№ 14, зав.від. — д.ф.-м.н., В.А. Данько - І.З.Індутний (indutnyu@isp.kiev.ua);
№ 41, зав.від. — д.ф.-м.н. В.П.Костильов (vkostylyov@bigmir);
№ 47, зав.від. — д.ф.-м.н., проф. Д.В.Корбутяк (div47@isp.kiev.ua);
Лаб. нетрадиційних джерел енергії, д.ф.-м.н., зав. лаб. проф. М.І.Клюй (Klyui@isp.kiev.ua).

Всього у відділенні 10 докторів, 23 кандидати наук.

Основні напрямки наукової і науково-технічної діяльності Відділення:

- Дослідження фізичних явищ на поверхні та у шаруватих і низьковимірних системах (діелектрик-напівпровідник, метал-діелектрик-напівпровідник, точкові, ниткоподібні та тонкоплівкові гетероструктури). Властивості напівпровідникових та діелектричних плівок. Приладні структури на основі поверхневих та приповерхневих явищ (газочутливі сенсори, польові емісійні катоди, сонячні елементи, радіаційні дозиметри тощо).
- Вивчення фотостимульованих процесів у тонкошарових багатофазних структурах, зокрема, фото-стимульованих змін ближнього та середнього порядку, фото- та радіаційно-стимульованої дифузії та фото-стимульованих реакцій у середовищах з нановключеннями.
- Фізика поверхонь нанорозмірних напівпровідників, молекулярна електроніка, вакуумна наноелектроніка, іонна імплантація, плазмохімічне осадження (CVD).
- Дослідження процесів генерації, рекомбінації та переносу зарядів у шаруватих структурах з приповерхневими дифузійно-польовими бар'єрами. Розробка фізико-технічних принципів створення нових типів фотоелектричних приладів на основі структур з індукованими бар'єрами. Розробка і виготовлення кремнієвих сонячних батарей, призначених для використання в системах космічної та побутової техніки.
- Вивчення принципів формування радіаційно-чутливих напівпровідникових структур. Розробка та виготовлення напівпровідникових дозиметрів-радіометрів жорсткого випромінення. Дослідження квантово-розмірних наноструктур (гетероструктури, квантові надгратки з різними ширинами квантових ям та бар'єрів, квантових катодів).

Найбільш вагомні наукові і науково-технічні результати:

- Запропоновано тришарову модель реальної поверхні напівпровідників та межі поділу напівпровідник-діелектрик.
- Виявлено та досліджено ефект планарного гетерування у кремнієвих структурах.
- Розроблено та експериментально підтверджено теорію поверхнево-чутливих фотоелектричних ефектів у напівпровідниках, яка враховує вплив поверхневих центрів, просторового заряду.
- Виявлено позитивний вплив протонів у кремнієвих МДН-структурах і розроблено модель дефектоутворення та пасивації за участю водню.

- Виявлено та досліджено ефекти фотопам'яті в кремнієвих напівпровідникових структурах з квантовими точками.
- Встановлено механізми формування та модифікації алмазоподібних вуглецевих плівок, які призводять до різкого збільшення їх твердості та зменшення роботи виходу.
- Виявлено ефекти фото-стимульованої дифузії в тонкошарових структурах напівпровідник-метал та фото-структурних перетворень у тонких шарах аморфних напівпровідників.
- Встановлено особливості протікання фотостимульованих структурних перетворень у наночастинках аморфних халькогенідів, коли розміри наночастинок співмірні з масштабом середнього порядку.
- Розроблено економічну технологію формування тонкоплівкових світловипромінюючих композитів на основі нанокластерів кремнію заданих розмірів з використанням розпилення SiO_2 та введення вакансійних комплексів (в тому числі іонною імплантацією). Створена загальна термодинамічна теорія фазового розділення композиту $\text{SiO}_x \rightarrow \text{NSi} + \text{SiO}_2$.
- Встановлено фізичні механізми нерівноважних фотоелектричних ефектів (фотопровідності, фотоємності, фотовольтаїчного ефекту) в шаруватих структурах. На базі цих досліджень створено технологію формування високоефективних кремнієвих фотоелементів, в т.ч. космічних.
- Проаналізовано фізичні механізми впливу екситонних ефектів на граничну ефективність фотоелектричного перетворення сонячної енергії в кремнієвих сонячних елементах з мінімізованими рекомбінаційними втратами.
- Встановлено механізми формування й умови проявлення поверхневих випромінювальних процесів, обумовлених квантоворозмірними екситаонами та електронно-дірковою Фермі-рідиною. Запропоновано нові механізми THz генерації на основі квантово-розмірних ефектів (квантового ефекту Гана, трансформації розмірної плазми у випромінення).
- Виявлено новий механізм лінійної поляризації фотолюмінесценції квантових надграток, зумовлений коригованістю гетеромеж.
- Розроблено теорію електронних параметрів ультрамалорозмірних (відкритих) напівпровідникових нанокристалів, чутливих до параметрів оточення та граничних бар'єрів. На її основі запропоновано нові, надчутливі (до оточення, тиску та ін.) сенсори.

Найбільш вагомі науково-технічні розробки:

- Запропонована гетерна технологія створення ефективних сонячних фотovoltaїчних перетворювачів.
- Селективні сенсори випромінювання у видимій та ультрафіолетовій областях спектра на основі кремнієвих структур з іонно-стимульованими термодонорними центрами.
- Низькодозовий метод створення надтонких прихованих шарів SiO_2 при комплексній імплантації кисню та вуглецю у кремній.
- Метод поліпшення ефективності та підвищення радіаційної стійкості кремнієвих сонячних елементів космічного застосування при нанесенні захисних алмазоподібних плівок.
- Фізичні основи мікроелектронних датчиків газів, температури, вологості, мікропереміщень та інтенсивності світла видимого діапазону.
- Високороздільні неорганічні фоторезисти та технології виробництва на їх основі голограмних дифракційних елементів, оригіналів райдужних рельєфно-фазових голограм, оригіналів оптичних дисків.
- Розроблено технологію високороздільної імерсійної голограмної фотолітографії з використанням вакуумного неорганічного фоторезисту, а також нові метал-діелектричні градієнтні покриття для світлопоглинаючих матриць плоских дисплеїв (рідкокристалічних, плазмових, світлодіодних та ін.).
- Розроблено фізико-технічні принципи створення нового класу фотоелектричних приладів з поліпшеними (у порівнянні з дифузійними аналогами) параметрами (УФ-фотоприймачів, координатно-чутливих фотоелементів, фото-варакторів, детекторів ядерних випромінювань, сонячних елементів, оптоелектронних динамічних конденсаторів).
- Створено молекулярні шари, здатні адсорбувати різні ароматичні речовини і розроблено науково-технічну базу для формування відповідних сенсорних пристроїв.
- Виготовлено дослідні зразки високоефективних фотоелектричних батарей на основі кремнію, призначені для використання в космічних апаратах нового покоління серії «Мікросупутник».
- Виготовлено дослідні зразки фотоелектричних батарей БФК-0,1-9, БФК-1,1-6 і БФК-2,0-12, призначених для використання в складі сонячно-аккумуляторних блоків електроживлення переносної дозиметричної апаратури в польових умовах.
- Розроблено високочутливі $\text{CdTe}\langle\text{Cl}\rangle$ - детектори γ та X- випромінювання

та портативні дозиметри на їх основі.

- Розроблено методи й засоби дослідження та отримання матеріалів і структур:
- методика дослідження багат шарових структур на основі мас-спектроскопії вторинних кластерних іонів;
- методика дослідження структурного стану кисню у склоподібній кремній-кисневій фазі, яка ґрунтується на аналізі форми смуги валентних Si-O коливань;
- технології іонно-променевого синтезу прихованих діелектричних (SiO_2 , Si_3N_4 , SiON) та напівпровідникових (SiC) шарів у кремнії;
- обладнання та технології для імплантації різних іонів (від водню до радону) у тверді тіла;
- диференціальний метод високочастотної ємності високої роздільної здатності для визначення спектрів поверхневих електронних станів;
- метод кінетики ефекту поля, який дозволяє визначити на атомарно-чистій поверхні розподіл поверхневих станів у забороненій зоні напівпровідника;
- метод визначення поверхневого потенціалу (метод Кельвіна) – чутливість 3 мВ;
- метод визначення параметра гетерогенності густини поверхневого заряду в зарядово-неоднорідних структурах МДН;
- надчутливий метод визначення інтенсивності джерел випромінювання за допомогою структур МДН з нерівноважним шаром виснаження;
- метод визначення поверхневих і об'ємних генераційних параметрів при лінійному законі зміни напруги на польовому електроді.

Обладнання та установки:

- функціонують установки іонної імплантації з енергією 30-200кеВ;
- автоматизована комп'ютерна ІЧ-спектральна система відтворення структури слабвпорядкованих плівок;
- SIMS, SHMS, оже-спектральні системи для визначення компонентного складу поверхні та тонких плівок PE-CVD, система формування тонких плівок та антикорозійних покриттів вуглецевими DLC-плівками;
- Установка для вирощування плівок фотостимульованим плазмо-хімічним осадженням (PE-CVD) на твердотільній підкладці;
- Створений єдиний в Україні і акредитований Державним комітетом України з питань технічного регулювання та споживчої політики (Держспожив-

стандартом України) Центр випробувань фото-перетворювачів та батарей фотоелектричних (Центр випробувань ФП і БФ). Основою Центру є комплекс сертифікації ФП фотоелектричних модулів і СБ, до складу якого входять три автоматизовані вимірювальні установки: установка для визначення відносної спектральної характеристики фотоперетворювачів (УВВСХ), установка фототехнічних випробувань ФП(УФВ) і установка для електричних і фототехнічних випробувань сонячних батарей СБ (УЕФВ);

- в Центрі випробувань ФП і БФ на базі установки УЕФА створено стендову базу, за допомогою якої було проведено приймально-здавальні випробування (СБ), призначених для використання первинним джерелом енергії в системі енергопостачання космічного апарата нового покоління КС5МФ2 «Мікрон»;
 - створено дві високотехнологічні віброзахищені установки для голограмного експонування та спеціалізовані вакуумні установки для нанесення шарів різного складу;
 - створено ІЧ-Фур'є-систему аналізу хімічного складу та контролю молекулярної структури склоподібних та аморфних композитів (SiO_x , GeO_x , SiC та ін).
1. Ляшенко В.И., Федорус Г.А. Высоковольтная поляризация в закиси меди и селена при низких температурах //ЖЭТФ.-1938.-8, вып.7.-С.818 – 824; Известия АН СССР, Сер.Мат. и естеств.наук.- 1938.-С.641 - 650.
 2. Лашкарёв В.Е., Ляшенко В.И.// Сб., посвящённый 70-летию А.Ф.Иоффе.- М.-Л.: Изд. АН СССР, 1950.
 3. Shokley W., Pearson C.L. // Phys.Rev. – 1948. – 74. – P.232.
 4. Brattain W., Vardeen J. // Bell.Syst.Tech.J.-1953. – 32. –P.1.
 5. Ляшенко В.И., Степко И.И. // Изв. АН СССР. Сер. Физ.- 1952. – 16.- С.211.
 6. Ляшенко В.И. // Тр. Ин-та физики АН УССР. – 1953. – 4. – С.33.
 7. Ляшенко В.И., Степко И.И. // ЖФХ.- 1955.- 29.- С.401.
 8. Ляшенко В.И., Литовченко В.Г. // ЖТФ.- 1958.- 28, вып.3. – С.448 – 460.
 9. Литовченко В.Г. // Полупроводник. Техника и микроэлектрон. – 1972.- Вып.9.- С.92 – 164; ЖФХ.- 1978.- 70, №212.- С.3063-3070.
 10. Литовченко В.Г., Ляшенко В.И. // ФТТ.- 1962. – 4, вып.8. – С.1985-1993.
 11. Ляшенко В.И., Литовченко В.Г., Стриха В.И., Ляшенко Л.В., Степко И.И. Электронные явления на поверхности полупроводников. – Киев: Наук. думка, 1968.
 12. Монографии: В.Г.Литовченко, А.П.Горбань «Основы физики микроэ-

- лектронных систем металл-диэлектрик-полупроводник», Киев «Наукова думка», 1978, с.316.
13. Н.Л.Дмитрук, В.Г.Литовченко, В.Л.Стрижевский «Поверхностные поляритоны в полупроводниках и диэлектриках», Киев, «Наукова думка», 1989, с. 376.
 14. В.Н.Добровольский, В.Г.Литовченко «Перенос электронов и дырок у поверхности полупроводников», Киев, «Наукова думка», 1985, с.192.
 15. В.Г.Литовченко «Основы физики полупроводниковых слоистых систем», Киев, «Наукова думка», 1980, с. 283.
 16. V.N.Dobrovolsky and V.G.Litovchenko «Surface Electronic Transport Phenomena in Semiconductors», Oxford Science publications, 1991, p. 220.
 17. В.И.Гавриленко, А.М.Грехов, Д.В.Корбутяк, В.Г.Литовченко «Оптические свойства полупроводников». Справочник, Киев «Наукова думка» 1987, с. 608.
 18. Дмитрук Н.Л., Ляшенко В.И.// ФТП.- 1967.- 1, № 3.- С.455-458.
 19. Литовченко В.Г., Зуев В.А., Сукач Г.А., Корбутяк Д.В.//Письма в ЖЭТФ.- 1972.- 16.- С.126.
 20. V.G.Litovchenko, Yu.V.Kryuchenko « J.Vac.Sci.Technol. В 11(2), Mar/Apr 1993; «Journal de Physique, IV, Colloque C5, V.6, C5-141-146, 1996 »
 21. V.G.Litovchenko, A.A.Evtukh «Vacuum Nanoelectronics, in «Semiconductor Nanostructures and Nanodevices», pub. American Sci. Publisher, Ca, Us, 2006.
 22. V.Litovchenko, Phys. Rev., B 65, 153108, 1-4, 2002.
 23. V.G.Litovchenko, A.A. Grigoriev, Basic characteristics of ultrasmall quasi open QD, in «Nanosystems, Nanomaterials, Nanotechnologies», v.4, N1, p. 1001-1003, 2006.
 24. V.G.Litovchenko, A.A.Grigoriev, Ukr. J. Phys., 52, N 9, 897-1002, 2007.
 25. В.Г.Литовченко, Емісійні характеристики напівпровідникових квантових катодів, Укр.фіз.журн., т.54, № 1-2, 189-194, 2009.