

## **ПЕРЕДІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ ІНСТИТУТУ НАПІВПРОВІДНИКІВ АН УРСР**

На початку 30-х років ХХ ст. в СРСР почав формуватися новий науковий напрямок в області технічної фізики. Він був представлений цілим рядом організованих Фізико-технічних інститутів у містах: Ленінграді, Москві, Харкові, Томську, Дніпропетровську, Свердловську; Інститутами хімічної фізики, фізико-хімічних досліджень, телемеханіки, геліотехніки, агрофізики та ін. У них сформувався ряд напрямів, що мали постійні кадри спеціалістів, свої наукові школи із одержаними важливими результатами, серед яких виділилися такі, що стосувалися радіотехніки, електричної ізоляції, вакуумної техніки і газового розряду, телебачення, телемеханіки і автоматики, фотографії та твердих і газових випрямлячів струму, твердих і вакуумних фотоелементів. Ця обставина викликала актуальні запити з питань фізики діелектриків і напівпровідників. Так, вивчення фізики діелектриків було розпочато з явищ їх електропровідності, комплекс питань яких пов'язувався із пробом та поляризацією їх. Піонером цих досліджень був Йоффе, який із учнями, послідовниками і співробітниками: Рожанським, Курчатовим, Кобеко, Гохбехом, Квітнером, Вальтером, Інге, Тартаковським, Семеновим, Скандві, Таммом, Фоком, Грінбергом, Вагнером, Вулом, Хіппелем, Лазарєвим, Богородицьким, Кувшинським, Александровим та ін. очолив дану область робіт:

Результатом цих робіт було створення Б.Т.Коломійцем в Ленінграді в 1938 році сірчано - талієвого фотоелемента і, одночасно, сірчано-срібного - колективом співробітників із Інституту фізики АН УРСР у Києві, але вже після арешту О.Г.Гольдмана, його співробітниками В.К.Бернацьким та Д.С.Гейхман. Маючи майже таку ж чутливість, як і елемент Коломійця, сірчано-срібний фотоелемент виявився більш стабільним у дії, чим і зумовлюється його велике поширення. Цей успіх у значній мірі був обумовлений тим, що вивчення фотоелементів у Києві тривало протягом багатьох років: з кінця 20-х років ХХ ст. воно почалося дослідженням ефекту Беккереля (фотоелемента з рідким електролітом) і здійснювалося великою групою фізиків – О.Г.Гольдманом, В.К.Бернацьким, О.Г.Миселюком, Д.С.Гейхман, О.М.Косоноговою, В.І.Ляшенком, П.Г.Борзяком, Г.А.Федорусом та ін. Ось чому, при розподілі тем для наукових досліджень між НДІ в СРСР на Першій Всесоюзній конференції із напівпровідників і фотоелементів, Київський ІФ АН УРСР одержав завдання досліджувати зв'язок між фотоелементом в запірному шарі купроксних фотоелементів і ефектом Беккереля.

Коли практична реалізація даного дослідження стала реальністю на 1938 рік, то виявилось, що більш стабільними у дії були фотоелементи на основі сірнистого срібла, остаточно розроблені для широкого застосування в техніці В.К.Бернацьким, Д.С.Гейхман та іншими.

Зокрема, підсумовуючи роботу, виконану у 1929 – 1936 роках в ІФ АН УРСР за новим науковим напрямом з фізики напівпровідників, О.Г.Гольдман у 1946 році відзначив наступне:

I. Відкрито нові області фотогальванічного ефекту Беккереля. Зокрема, у 1936 р. було виявлено новий, зворотній ефект, коли дія світла веде до зміни електричного потенціалу на електроді. Цій новій області фотохімічних процесів присвячується декілька публікацій О.М.Косоногової, де описано нові фотографічні процеси, які регулюються за допомогою електричного струму.

II. Встановлено новий закон фотоелектрорушійної сили, до запропонованого у 1931 р. Перуккою, Ф.Корозі та П.Селені про електрорушійну силу мідного фотоелемента. Зокрема, у 1932 р. О.Г.Гольдман і М.П.Лукасевич встановили цей закон для селенових твердих фотоелементів за числовими даними, одержаними у Центральній радіолабораторії в Ленінграді. Дослідження твердих фотоелементів проводилися у лабораторіях багатьох країн, але встановленням закону фотоелектрорушійної сили співробітники із ІФ АН УРСР випередили ці лабораторії. У 1934 р. О.Г.Миселюком в ІФ АН УРСР встановлено таку ж форму залежності фотоелектрорушійних сил в фотогальванічних елементах для ефекту Беккереля. У 1938 р. Б.Т.Коломійцем було встановлено, що вказана вище форма залежності повністю задовольняє ходу електрорушійної сили для відкритих ним нових сірчано-талієвих фотоелементів.

III. У 1933 р. О.Г.Гольдман і В.К.Бернацький систематизували дані про тверді фотоелементи та вперше встановили методика для порівняння даних по твердих фотоелементах, одержаними в різних умовах і різними дослідниками у праці «До теорії твердих випрямлячів». Зокрема, у цій роботі було виділено опір запірного шару із загального опору випрямляча. Ці вихідні дані дали можливість скласти рівняння вольт-амперної характеристики випрямляча у пропускному напрямі, звідти ж виявилася можливість вивести і сукупну залежність фотоструму в твердих фотоелементах від освітлення і від опору в зовнішньому колі, тобто тих залежностей, які визначають «електротехніку» твердого фотоелемента. Ця методика виділення опо-

ру запірного шару із загального опору випрямляча у пропускнуому напрямі згодом знайшла підтвердження у працях Б.Т.Коломійця, І.С.Марченко та П.В.Шаравського через сім років.

IV. На основі теорії твердих випрямлячів, що запропонував О.Г.Гольдман, було відкрито принципово новий ефект у закису міді при низьких температурах типу високовольтної поляризації у напівпровідниках, яка виявлялася у падінні потенціалу аноду, що обумовлювалося уніполярною провідністю, пов'язаною з наявністю донорного шару внаслідок утворення об'ємного заряду. Це викликало розробку загальних основ теорії поляризації в твердих тілах з уніполярною провідністю. Так, під керівництвом О.Г.Гольдмана В.І.Ляшенку вдалося в 1937 р. виявити новий ефект. Згодом Г.А.Федорусу, вже під керівництвом В.К.Бернацького, подібний ефект вдалося виявити для селену, а в 1940 р. проблему теоретично розглянув у своїх працях С.І.Пекар, що було суттєвим для побудови теорії електричних процесів у напівпровідниках. Зокрема, С.І.Пекарем була успішно створена кількісна теорія контактів, яка добре узгоджувалася з експериментами і не втратила свого значення до наших днів.

V. Для удосконалення технології виготовлення мідних випрямлячів В.К.Бернацький, Г.А.Федорус і В.К.Пухальський розробили технологічний процес, який відрізнявся від застосовуваного на заводах в Радянському Союзі процесу з попередньо підігрітим неперервним потоком повітря.

VI. Науковці із ІФ АН УРСР неодноразово обговорювали під час конференцій у Інститутах АН СРСР фізичного профілю теми, плани та питання про результати, одержані від своєї наукової роботи із наукового напрямку «Фізика напівпровідників». Для усвідомлення їх актуальності та рольового значення О.Г.Гольдман називає у систематизованому вигляді від перших років заснування ІФ АН УРСР:

1930 р. — під час скликаної Управлінням науки Наркоматом професійної освіти УРСР першої Народи фізичних інститутів УРСР.

1931 р. — на Першій Всесоюзній конференції із напівпровідників в Ленінграді.

1932 р. — на Другій конференції із напівпровідників, що проходила в Одесі.

1934 р. — на Третій конференції із напівпровідників, що проходила в Києві.

1935 р. — на Четвертій конференції з напівпровідників в Києві і на Першій конференції з фотохімії, що проходила в Ленінграді. При цьому необхідно справедливо відмітити велику заслугу колективу ІФ АН УРСР, і особливо, його керівника О.Г.Гольдмана, які організували конференцію та видали праці Всесоюзної конференції з напівпровідників, що у пе-

редвоєнні роки були одним із найбільш повних збірників матеріалів з питань технології і питань застосування мідних випрямлячів.

VII. У 1935 – 1936 рр. за договором з «Осоавіахім» ІФ АН УРСР приступив до розробки приладів високої чутливості на основі твердого елемента високої чутливості до інфрачервоних променів. Узагальнюючи наявні відомості, О.Г. Гольдман для поставленої мети обрав за основу досліджень сірнисте срібло. Для створення нового фотоелемента було організовано широкі комплексні і координовані дослідження, які під керівництвом О.Г.Гольдмана і В.К.Бернацького проводила група в складі Д.С.Гейхман, О.М.Косонової, А.Ф.Мальнева. Незабаром проведені роботи дали очікуваний результат і в 1937 році були виготовлені тверді фотоелементи із сірнистого срібла з високою інтегральною чутливістю. У наступні роки в ІФ АН УРСР продовжилися дослідження та удосконалення фотоелементів для практичних потреб. Вони широко випробовувалися на кіностудії, на заводі вимірювальних приладів у Москві, в Інституті безпеки гірничих робіт і т.д.

У результаті ґрунтовних і фундаментальних досліджень, виконаних в ІФ АН УРСР В.К.Бернацьким, А.Ф.Мальневим, Д.С.Гейхман, були розроблені нові фотоелементи на базі сульфїду срібла високої інтегральної чутливості (ФЕСС). Дослідним виробництвом ІФ АН УРСР такі фотоелементи випускалися для практичних потреб приблизно п'ятдесяти промислових підприємств СРСР майже до початку 1970-х років.

### **Історія розвитку фізики напівпровідників: 1939 – 1959.**

Всі розглянуті вище дослідження стосувалися об'ємних ефектів у напівпровідниках, причому постановка й методика експерименту в цій галузі на початку 30-х років ХХ ст., в основному, переносилася з фізики металів. Але далі все більшу увагу до себе починають привертати явища, специфічні саме для напівпровідників, зв'язані, головним чином, з поверхневими ефектами в них. Ми маємо на увазі насамперед явища на контакті напівпровідника з металом чи іншим напівпровідником. Однак вивченню цих явищ історично передувало з'ясування поведінки напівпровідників у сильних електричних полях.

Ще на початку 30-х років А.В.Йоффе і А.Ф.Йоффе встановили, що при сталій температурі темнова провідність напівпровідника (куприту) при обмежених полях підлягає законові Ома. Але більш детальне дослідження цього питання тими ж авторами (1937 – 1936 рр.) показало, що вже при полях 103 - 104 в/см електропровідність напівпровідника починає зростати за

експоненціальним законом (закон Пуля). При цьому було встановлено, що таке зростання електропровідності зумовлене зростанням не рухливості, а концентрації носіїв у сильних полях. Теоретичний розгляд цього питання був здійснений цілим рядом авторів, але найбільш важливі результати, що добре узгоджувалися з дослідом, одержав у 1942 році Б.І.Давидов на основі уявлень про ступінчасту ударну іонізацію.

Проте відхилення від закону Ома може виникати і внаслідок зовсім іншої причини, а саме в результаті накопичення об'ємних зарядів біля електро-дів. Вперше це явище спостерігалось Д.М.Наследовим і Л.М.Неменовим у 1935 р. в Ленінграді, але найбільш детально було вивчено В.І.Ляшенком і Г.А.Федорусом в 1935—1940 рр. у Києві. Останні роботи призвели до уявлення про зміну концентрації носіїв струму на границі під впливом поля. Ці результати, разом з гіпотезою А.Ф.Йоффе про різний механізм струму в контактуючих поверхнях напівпровідників, створили експериментальні основи дифузійної теорії випростування, розробленої в 1938—1941 рр. Б.І.Давидовим, Д.І.Блохінцевим та С.І.Пекарем. Хоч одночасно аналогічні роботи з'явилися і за кордоном (Мотт, Шотткі), проте радянські роботи були більш важливими в принциповому відношенні.

У 1939 р. на запрошення Президента АН УРСР О.О.Богомольця та в.о. директора ІФ АН УРСР О.Г.Миселюка до Києва повертається В.Є.Лашкарьов, який очолив роботу наукової групи електрофізики і оптики напівпровідників в Інституті фізики (ІФ) АН УРСР. Одночасно, за сумісництвом, він був призначений завідувачем кафедри експериментальної фізики у Київському державному університеті ім. Т.Г.Шевченка. Вже у 1940—1941 рр. В.Є.Лашкарьов і О.М.Косоногова в ІФ АН УРСР виконали класичні дослідження запірного шару в закису міді, що були основою для з'ясування роботи випрямлячів. Він запропонував і використав власний метод термозондування зразків для вивчення поширення питомого опору в глибину запірного шару. Як наслідок цих робіт, ним була запропонована схема фотоелемента, у якому запірний шар, паралельний межі «мідь-закис міді», знаходиться між двома напівпровідниками, які мають носії струму різного знаку, тобто класична схема р-п-переходу. Так вперше було відкрито діркову і електронну провідність у запірному шарі випрямлячів в закису міді. Надалі така провідність у сучасній науковій термінології називається р-п-переходом. На цій основі було пояснено дію вентильного ефекту.

Необхідно підкреслити, що основою, на яку оперлася при своєму виникненні теорія р-п-переходів Шоклі, було уявлення про поверхневі стани

кристала, вперше введене для розгляду радянським фізиком І.Є.Таммом у 1932 році. З'ясування ролі р-п-переходів було визначною віхою в розвитку фізики напівпровідників, воно призвело до побудови транзистора (напівпровідникового підсилювача) і лягло в основу сучасної напівпровідникової електроніки.

Винайдення транзистора і дослідження процесів у ньому різко підвищило інтерес дослідників до поверхневих явищ. Важливі експериментальні роботи в цій галузі проводилися в СРСР в Інституті фізики АН УРСР, групою, очолюваною В.І.Ляшенком. До вивчення поверхневих явищ В.І.Ляшенко прийшов у 1949 році в результаті своїх попередніх робіт з А.М.Павленком, виконаних у 1947—1950 рр., в яких у процесі розробки методики притискових контактів ними було відкрито явище збагачення і збіднення напівпровідника носіями струму під впливом контактного поля. Дослідженнями цієї групи була обґрунтована роль електронних станів на поверхні напівпровідників у явищах адсорбції та каталізу, а також розроблені нові методи дослідження поверхневих електронних станів працями В.Є.Лашкарьова, В.І.Ляшенка і І.І.Степка в 1950 – 1953 роках. Зокрема, в ході цих робіт була з'ясована роль поверхневих рівнів в екрануванні електричного поля, а також досліджений зв'язок поверхневих рівнів з роботою виходу.

У післявоєнні роки в ІФ АН УРСР було одержано ряд цінних наукових результатів, що посприяло його перетворенню у потужний науковий центр в області фізики напівпровідників. Серед фундаментальних проблем фізики напівпровідників, які знайшли своє розв'язання у післявоєнний період, важливе місце займають дослідження фотоелектричних та оптичних явищ в ізолюючих кристалах, здійснені в Ленінграді, Москві та Києві. Слід зауважити, що незважаючи на всі попередні дослідження в галузі фотоелектричних явищ, природа вентильного фотоефекту та механізм, що зумовлює інерцію фотопровідності, все ще залишалися нез'ясованими. Тим часом фотоелементи, а також фотоопори вже міцно ввійшли в практику, що настійно вимагало невідкладного вивчення механізму їх дії і насамперед їх інерції.

У 1948 році В.Є.Лашкарьов розробив загальну феноменологічну теорію виникнення фото-ЕРС у напівпровідниках. На відміну від усіх попередніх робіт у цій галузі, В.Є.Лашкарьовим була безпосередньо врахована роль приконтактних електричних полів. Одночасно ця теорія була перевірена на досліді у відповідній експериментальній роботі В.Є.Лашкарьова і О.М.Косоногової.

В 1950 році В.Є.Лашкарьов приступив до вивчення впливу електричного поля на фото-ЕРС в ізольованому напівпровіднику. З лєнінградських робіт цього напрямку найбільшої уваги заслуговує робота С.М.Ривкіна із розробки «конденсаторного методу» для визначення фото-ЕРС, часу життя і знака носіїв струму.

На шляху з'ясування механізму інерції фотоопорів та фотоелементів важливе значення мали дослідження кінетики фотопровідності. Як відомо, задача дослідження кінетики фотопровідності полягає у відшуванні власного часу й квантового виходу для різних напівпровідникових зразків, а також у з'ясуванні залежності цих параметрів від різних факторів. Інтєнсивні експериментальні роботи в цьому напрямі почали з другої половини 40-х років в Лєнінграді В.П.Жузе і С.М.Ривкін та В.Є.Лашкарьов, Г.А.Федорус і І.Р.Потапенко в Києві. У процесі цих досліджень були розроблені такі експериментальні методи вивчення кінетики фотопровідності: 1) вивчення амплітуди змінного фотоструму при симетрично-модульованому світлі (Жузе і Ривкін, 1947 р.); 2) метод експоненціальної розгортки Толстого і Феофілова (1949 р.); 3) метод одиночних прямокутних імпульсів (1949 р.); 4) метод моста змінного фотоструму Лашкарьова - Потапенка (1949 р.).

Застосування цих методик дозволило розібратися в механізмі лінійної фотопровідності. Але до нєлінійної фотопровідності ці методи безпосередньо не могли бути застосовані. Цю трудність подолав В.Є.Лашкарьов у 1949 році, коли він чітко розрізнув лінійну і нєлінійну фотопровідність, і запропонував для вивчення останньої використовувати метод підсвічення.

Цікаво, що для успішного пояснення нєлінійної фотопровідності закису міді В.Є.Лашкарьову довелось застосувати схему енергетичних рівнів, яка ґрунтується на уявленні про екситон. Успішне з'ясування механізму лінійної і нєлінійної фотопровідності дало можливість надалі широко розгорнути вивчення кінетики нерівноважних процесів у напівпровідниках.

Але ще в період з 1933 по 1936 рік В.В.Антоновим - Романовським і В.Л.Льовшиним у Фізичному інституті АН СРСР у Москві був виконаний ряд дуже важливих експериментальних досліджень з люмінесценції кристалічного фосфору, які згодом в 1937 – 1945 рр. повністю спростували загальноприйнятту до того теорію «центрів» Ленарда про механізм люмінесценції. Вони показали, що механізм люмінесценції є не мономолекулярним, як у теорії «центрів» Ленарда, а бімолекулярним.

Спираючись на ці експериментальні дані, в 1934 році Д.І.Блохінцев зробив першу спробу теоретично одержати елементарний закон затухан-

ня кристалофосфорів, з точки зору зонної картини енергетичного спектра кристалу фосфорів. Однак у найбільш загальному і строгому вигляді цю задачу розв'язав Е.І.Адірович у 1946 році. Ці роботи становили важливий етап у вивченні оптичних властивостей напівпровідників та діелектриків. Однак зонна теорія твердих тіл давала обмежені можливості в цьому напрямі, оскільки вона є лише першим наближенням мікроскопічної теорії твердих тіл, розвитку якої настійно вимагає сучасний експеримент.

Справді, зонна теорія твердих тіл має два принципові недоліки:

1) багатоелектронна задача підмінюється одноелектронною, що не завжди законно;

2) взаємодія електронів провідності з коливаннями ґратки розглядається як мале збурення, тоді як у більшості випадків, зокрема для іонних кристалів, це не так.

Для напівпровідників і діелектриків особливо серйозне значення має саме другий недолік. Тому не дивно, що найбільш строга теорія оптичних явищ, розроблена в 1951 р. С.І.Пекарем для випадку іонних кристалів, ґрунтується на його теорії поляронів, яка в значній мірі усуває цей недолік, включаючи взаємодію електронів з коливаннями іонів у гамільтоніані уже в нульовому наближенні.

Ще в 1933 році Л.Д.Ландау вперше висловив ідею про можливість автолокалізації електрона ідеальної ґратки внаслідок деформації останньої полем самого електрона. У 1936 році Я.І.Френкель поглибив цю ідею, ввівши поняття про локальну деформацію, яка рухається по кристалу вслід за електроном. У тому ж році Д.І.Блохінцев зробив спробу виявити, в яких кристалах повинні зустрічатися такі стани.

Починаючи з 1946 року, ці ідеї почав розробляти і С.І.Пекар. Він показав, що в іонних кристалах слід розглядати електрони провідності та локалізовані стани електронів, так звані «полярони». Полярон являє собою стан кристала з поляризаційною потенціальною ямою, в якій локалізований електрон. Ці стани можуть поширюватися по кристалу у вигляді своєрідних поляризаційних хвиль. За теорією С.І.Пекара полярони є основними носіями струму в кристалах. Математичний розгляд іонних кристалів з точки зору цих ідей призвів до результатів, що дали можливість інтерпретувати цілий ряд експериментальних фактів, які не могли бути поясненими в рамках звичайної зонної теорії. На основі методів теорії поляронів була створена послідовна теорія F- і F'-центрів, що добре узгоджується з дослідом. З 1950 р. у розвитку теорії поляронів та її застосуванні активну



участь взяли також співробітники С.І.Пекара і, в першу чергу, К.Б.Толпиго, який ввів поняття «поляритона» - змішаного стану кристалічного збудження і світла, що поширюється у кристалі.

З ім'ям С.І.Пекара пов'язані фундаментальні праці з фізики твердого тіла, теорії випрямлячів і автолокалізованих станів електронів, названих ним «поляронами». Хвилі Пекара, «пекаріан», передбачення безфононої лінії ввійшли у фізику як класичні результати і сьогодні є джерелом нових ідей та досягнень. Оцінюючи ці роботи, Я.І.Френкель писав у 1948 р.: «... вражає фундаментальність трактування і точність одержаних результатів. Ці роботи увійдуть в історію фізики як класичні. Вони, поза сумнівом, є найвизначнішими з робіт, опублікованих радянськими фізиками – теоретиками за останні роки».

У середині 1950-х років в ІФ АН УРСР звернули увагу на непридатність інтегральних співвідношень Крамерса – Кроніга, тобто невідповідність між площею під кривою поглинання і розмахом відповідної кривої дисперсії. У цей час С.І.Пекар розвиває теорію екситонів і в 1957 році передбачає можливність поширення додаткових світлових хвиль (ДСХ) в області екситонного поглинання в кристалах (хвиль Пекара), яке зумовлене залежністю діелектричної проникності від хвильового вектора, тобто просторовою дисперсією. Відповідність завбаченню С.І.Пекара була підтверджена експериментами впродовж наступних десятиріч багатьма авторами і в Радянському Союзі, і за кордоном.

Серед блискучих теоретиків ІФ АН УРСР, крім С.І.Пекара, виявився ще цілий ряд вчених, а саме: О.С.Давидов, К.Б.Толпиго, Е.Й.Рашба, М.Ф.Дейген, В.Л.Вінницький, А.Ф.Лубченко, І.М.Дикман та інші. Слід зазначити, що наприкінці Другої світової війни на виклик задач військово – оборонного характеру виникає бурхливий розвиток високо - і надвисокошвидкісної електроніки, що посприяло створенню апаратури, потрібної для радіоспектроскопічних досліджень у фізиці. У цій області Є.К.Завойський в 1944 році відкриває електронний парамагнітний резонанс (ЕПР), Е.Парсел та Р.Паунд у 1946 році - ядерний магнітний резонанс (ЯМР), а в 1950 році Ф.Блох, Г.Демельт і Г.Крюгер спостерігали спектри ядерного квадрупольного резонансу (ЯКР). У цей період часу в ІФ АН УРСР учень С.І.Пекара, М.Ф.Дейген, розвиває поляронну модель Пекара у питанні спектроскопії (оптичних) центрів забарвлення у лужно-галоїдних кристалах та передбачає, що значну частину інформації про розподіл електронної хвильової функції парамагнітного дефекту у кристалі та його структуру можна одер-

жати методами радіочастотних досліджень, зокрема, з вимірювань ЕПР та подвійного ЕЯР. Згодом, під час заснування в 1960 році Інституту напівпровідників АН УРСР, він заснував відділ радіоспектроскопії.

До одержаних результатів світового значення, що стали спільними у доробках як ІФ АН УРСР, так і заснованого у 1960 році ІН АН УРСР, належать ще ряд внесків. Так, за розробку теорії комбінованого резонансу – електрон-дипольних переходів між електронними станами зі зміною проєкції спіну делокалізованого електрона у магнітному полі за одночасної зміни квантового числа – номера рівня Ландау, тобто одночасного переходу, що відповідає ЕПР і циклотронному резонансу, Е.Й.Рашба отримав диплом № 327 з пріоритетом від 17. 10. 1959 р. на наукове відкриття «Явище комбінованого резонансу в кристалах».

На передньому краю фізичної науки у ІФ АН УРСР проводив свої дослідження з фотоелектронної емісії П.Г.Борзяк, розпочаті ще в середині 30-х років ХХ ст. У 1956 – 1961 рр. лабораторією фотоелектричних явищ, якою керував П.Г.Борзяк, була досліджена фотоелектронна емісія з великої кількості різних напівпровідників із зниженою роботою виходу. Після проведених досліджень стало очевидним, що необхідною умовою для створення ефективних фотокатодів є напівпровідниковий характер речовини катода. Досвід роботи, накопичений в ІФ АН УРСР у області фізики фотоелектричних явищ та фізичної електроніки, надалі використовували при розробці напівпровідникових катодів в інших установах СРСР. При цьому відмітимо, що Комітетом з винаходів і відкриттів СРСР першим в Україні в 1965 році було зареєстровано та видано диплом № 31 на наукове відкриття «Холодна електронна емісія» співробітникам ІФ АН УРСР – П.Г.Борзяку, О.Г.Сарбею і Р.Д.Федоровичу, із пріоритетом від 1963 року.

Уже з цього короткого і дуже неповного огляду радянських досліджень у галузі напівпровідників видно, якого величезного розмаху набула робота в цьому напрямі.

## **Кроки до заснування Інституту напівпровідників Академії наук УРСР.**

Широкомасштабні фундаментальні дослідні роботи в області фотоелектричних і електронних явищ у напівпровідниках і структурах, виконані В.Є.Лашкарьовим, заклали основи сучасної мікроелектроніки і оптоелектроніки. Виявлені результати показали високий рівень кваліфікації наукових кадрів, підготовлених у відділі напівпровідників ІФ АН УРСР, що пере-

творювався у центр, навколо якого координовано формувалися нові колективи в ряді вищих навчальних закладів, промислові організації в області виробництва електронної техніки.

Зазначимо, що у 1954 р., за ініціативою і на чолі з А.Ф. Йоффе, організується Інститут напівпровідників АН СРСР. З метою розвитку наукових досліджень з фізики напівпровідників, створення напівпровідникових приладів та їх широкого застосування в техніці, на базі існуючих відділів і лабораторій ІФ АН УРСР виникає ініціатива В.Є. Лашкарьова, С.І. Пекара та ін. заснувати в Україні Інститут напівпровідників (ІН) в складі АН УРСР.

В.Є. Лашкарьов провів велику організаційну роботу, щоб створити Інститут напівпровідників.

При цьому відмітимо, що в кінці 1959 р. в ІФ АН УРСР у відділі, що очолював В.Є.Лашкарьов, з проблеми «Напівпровідники і їх застосування» були одержані вагомні результати.

1. Із розробок загальної теорії напівпровідників:

- а) передбачено і теоретично досліджено нові явища у напівпровідниках із зонною структурою, що мають петлю екстремумів (можливої для кристалів типу в'юрцита);
- б) у суттєвих обрисах завершено теорію напівполярих -кубічних кристалів;
- в) розроблено метод теоретико-групової класифікації екситонних станів (Е.Й.Рашба, І.І.Бойко, С.А.Москаленко).

2. Із пошуку нових напівпровідникових матеріалів і удосконалення відомих:

- а) одержано тверді розчини сірчаного цинку і кадмію - фоточутливих кристалів, що відкривають нові шляхи для створення ефективних фотоопорів в ультрафіолетовій і на краю видимої області спектра;
- б) знайдено і обґрунтовано ефективні методи підвищення чутливості кристалів сірчаного кадмію до видимих, рентгенівських і  $\gamma$ -променів;
- в) завершено роботи із виявлення в монокристалах германію мікродислокацій і запропоновано метод вирощування монокристалів германію, майже вільного від дислокацій (менше 1 дислокації на  $1 \text{ мм}^2$ ), що суттєво для розробки германієвих приладів (О.Г.Миселюк, В.М.Василевська);
- г) досліджено явище активації в германії мікродомішок заліза і нікелю та знайдено шляхи їх вилучення із готового злитка. Цією роботою за вершується основний цикл досліджень активного і пасивного стану домішок в германії.

3. Із досліджень фотоелектричних явищ:

а) суттєвий прогрес досягнуто в дослідженнях кінетики фотопровідності кристалів типу сірчаного кадмію і залежності її від різних зовнішніх і внутрішніх факторів, що дозволило висунути нову схему електронних переходів в цих кристалах (Г.А.Федорус, Є.А.Сальков, М.К.Шейнкман);

б) побудовано теорію використання моста змінного фотоструму для детального дослідження кінетики збудження, захоплення і рекомбінації нерівноважних носіїв. Так, в 1959 р. на розробленому високочутливому мосту (з коміркою Керра) вперше вдалося визначити кінетичні параметри і інші деталі рекомбінаційних процесів в германії, що явилось суттєвим кроком в дослідженні нерівноважних процесів в ньому.

4. Із досліджень поверхневих явищ в напівпровідниках:

а) розроблено методіку комплексного дослідження поверхневих електронних станів шляхом вивчення на одному зразку поперечного поля, фотопровідності і конденсаторної фото-ЕРС, що дозволила в германії і кремнії детально вивчати як рекомбінаційні, так і поверхневі рівні (їх енергетичну глибину залягання і концентрацію) (В.І.Ляшенко, О.В.Снітко, В.Г.Литовченко);

б) суттєвий прогрес досягнуто у вимірюванні абсолютного значення зміни роботи виходу із напівпровідників при адсорбції на них парів (В.І.Ляшенко, І.І.Степко).

5. Із розробок і досліджень нових напівпровідникових приладів:

а) розроблено метод одержання fotocутливих монокристалів на основі твердих розчинів сірчаного цинку і кадмію, що дозволило створити ефективні фотоопори, чутливі в ультрафіолетовій і на краю видимої області спектра (І.Б.Мізецька, М.І.Витрихівський), і знайдено та обґрунтовано ефективні методи підвищення чутливості кристалів сірчаного кадмію до видимого, рентгенівського і гамма-випромінювання (І.Д.Конозенко, Г.А.Федорус, А.П.Трофименко);

б) розроблено малогабаритний і високочутливий датчик для гамма-променів;

в) розроблено нові типи дифузійних германієвих діодів для швидкозмінних схем переключення.

6. Із розробок методів НВЧ-резонансу:

а) розвинуто теорію парамагнітної релаксації в кристалах довільного типу.

В.Є.Лашкар'єв системно продовжував нарощувати потенціал своїх зусиль для організації напівпровідникового Центру в Києві, протягом 1949-1959 рр. Як голова комісії з напівпровідників при Президії АН УРСР, він ініціює ряд нових доленосних заходів.

У резолюції Пленуму Комісії з напівпровідників при Президії АН УРСР від 3 і 4 грудня 1959 р. постановлено підтвердити і прийняти за основу План науково-дослідних робіт з напівпровідників на 1960 рік в УРСР. Масштабність і стратегію розгортання вищеназваних робіт засвідчує постановка координації завдань вищеназваної Комісії у сферах науки, освіти у ВНЗ та виробництві в УРСР:

I. Науку та виробництво підпорядкувати АН та РМ УРСР.

1. Просити Президію АН УРСР безвідмовно організувати в Києві Інститут напівпровідників з профілем, згідно з поданою доповідною запискою керівника проблеми «Електронні процеси в напівпровідниках і на поверхні», академіка АН УРСР В.Є.Лашкарьова та необхідності закінчення будівництва для Інституту.

2. Просити Президію АН УРСР звернутися до Ради Міністрів та Держплану УРСР із клопотанням про створення в Києві у найкоротший термін дослідного заводу напівпровідникових приладів, що буде забезпечувати швидке впровадження у виробництво розробок, що створюються у наукових установах м. Києва та ІФ АН УРСР.

3. Організувати Другу Всесоюзну нараду із оптичних і фотоелектричних явищ у напівпровідниках в травні 1960 р. у м. Львові (узгоджено із Комісією із напівпровідників АН СРСР). Перша Всесоюзна нарада із фотоелектричних і оптичних явищ у напівпровідниках за участю Голови і організатора В.Є.Лашкарьова була скликана у м. Києві 21-26 листопада 1957 р. на підставі Постанови Комісії із напівпровідників при Президії АН СРСР від 22 листопада і рішення Президії АН УРСР від 5 квітня 1957 р. (прим. ред.).

4. Комісія вважає на необхідність більш широко запроваджувати в Україні нові сучасні методи дослідження напівпровідників методів радіо - і інфрачервоної спектроскопії, вимірювань у магнітних полях, при НВЧ, при низьких температурах і т.д. При цьому зазначалося, що у наукових закладах, де працюють із напівпровідниками, не відбулося суттєвого забезпечення найновішою апаратурою і чистими матеріалами, а це серйозно гальмує розвиток робіт в області напівпровідників.

5. На ініціативу від групи учених із м. Львова у вигляді доповідної записки на ім'я Президента АН УРСР одержує «добро» і відповідне клопотання до Президії АН УРСР організувати в Інституті машинобудування і автоматизації АН УРСР відділ напівпровідників.

II. Освіта і наука та підготовка кадрів у ВНЗ МВ ССО.

Комісією знову привертається увага Міністерства вищої і середньої спе-

ціальної освіти УРСР на актуальність тематики робіт із напівпровідниками у ВНЗ УРСР та вкрай недостатню їх матеріально-технічну забезпеченість.

1. Зокрема, для задоволення вищесказаного, необхідно просити Міністра ВССО УРСР розглянути ці питання на Колегії Міністерства вищої освіти УРСР:

а) організувати проблемні лабораторії із напівпровідників у ряді ВНЗ УРСР. Необхідні передумови для цього наявні в Київському, Чернівецькому, Дніпропетровському державних університетах;

б) підсилити матеріальну базу Інституту фізики Одеського державного університету і просити перевести його з третьої на другу категорію прийнятих Держпланом УРСР розрядних ставок;

в) кардинально покращити постачання ВНЗ найновішою апаратурою і різними матеріалами, в тому числі особливо чистими;

г) забезпечити у найближчі 2 - 3 роки установками рідкого азоту ВНЗ, у яких проводяться дослідження напівпровідників;

д) прирівняти педагогічне навантаження співробітників кафедр загальної фізики, що працюють із напівпровідниками, до педагогічного навантаження співробітників спеціальних кафедр.

2. Переглянути та внести зміни до планів наукових робіт із напівпровідниками у закладах: Київський ДУ, Чернівецький ДУ, Ужгородський ДУ, Вінницький педагогічний інститут, Львівський ПІ та Інститут автоматики у підпорядкуванні Державного планового Комітету УРСР в м. Києві.

3. Провести на основі Чернівецького ДУ симпозіум із магнітних властивостей напівпровідників і підготувати із цього питання свої пропозиції як відносно строків його проведення, так і його змісту.

III. Згідно із запитом до всіх організацій України, що займаються розробками напівпровідникових приладів, просити повідомити Комісії, які із їх розробок можуть вже у нинішній час бути рекомендованими до виробництва та вказати, що заважає їх впровадженню

**Кульмінацією** із організації досліджень з фізики напівпровідників стали плани В.Є.Лашкарьова, у яких він аргументував необхідність створення Інституту напівпровідників в системі АН УРСР та пов'язані з цим питання від 22 грудня 1959 р., які були викладені заступнику Голови Комісії із напівпровідників АН СРСР, члену-кореспонденту АН СРСР **Б.М.Вулу**:

— Інститут напівпровідників АН УРСР в м. Києві слід розглядати як установу досить широкого профілю, вважаючи основним його завданням дослідження взаємодії напівпровідників з різними видами випромінювань,

включаючи і питання перетворення енергії випромінювання безпосередньо в електричну енергію.

Для виконання цього завдання в Інституті напівпровідників повинні досліджуватися.

- а) оптичні явища в напівпровідниках;
- б) природа і кінетика нерівноважних процесів, які виникають під дією сил опромінення як в об'ємі, так і на поверхні напівпровідника;
- в) радіоспектроскопія явищ НВЧ-резонансу для визначення природи і стану центрів із домішками та структури зон у напівпровідниках;
- г) шляхи одержання нових напівпровідників і управління їх властивостями (напівпровідникова металургія);
- д) р - n і інші переходи в напівпровідниках, важливі для одержання ефективних і швидкодіючих напівпровідникових фотоелементів і інших застосувань;
- ж) дослідження зовнішнього фото ефекту в напівпровідниковій катодній електроніці та ін.

Роботи повинні виконуватися із використанням найбільш сучасних методів і апаратури наднизьких температур, надвисоких магнітних полів, надвисокого вакууму, надвисоких частот і т.д.

При Інституті повинно бути досить потужне дослідно-конструкторське бюро, до складу якого ввійдуть ряд розвинутих майстерень.

Планується обсяг будівництва в 70 тис.м<sup>3</sup>, перша черга якого має бути передана в експлуатацію не пізніше 1961р. В другу чергу заплановано будівництво технологічного корпусу із забезпеченням подачі кондиційованого повітря, який повинен бути спроектований, побудований і зданий в експлуатацію не пізніше 1964 р.

Загальне число співробітників, без аспірантів, на кінець 1975 р. довести до 650 чоловік, з яких наукових співробітників - 120.

Для забезпечення роботи Інституту кваліфікованим постійним науково-допоміжним персоналом необхідно прирівняти їх ставки до ставок, що прийняті для НДІ і СКБ першого розряду у підпорядкуванні Державного планового Комітету УРСР або наукових закладах, що працюють за планами робіт ГолоВАтому.

Для забезпечення поповнення Інституту кадрами необхідно надати першочергове право відбору молодих спеціалістів-випускників радіофізичного та хімічного факультетів КДУ і радіотехнічного факультету КПІ, зазна-

чаючи, що таким правом вже користується ХФТІ. Крім того, важливо одержати право на першочергову прописку в м. Києві для іногородніх молодих спеціалістів і інших запрошених осіб у житловому фондї АН УРСР, а також передбачити побудову житлових будинків для співробітників Інституту з різним числом квартир і площ приблизно 160.

— Загальна сума капіталовкладень на побудову Інституту, придбання лабораторного обладнання та його модернізацію на найближчі 15 років складає 70 млн. рублів, із якої половина повинна бути реалізована у перші 5 років.

— Запланувати побудову корпусу відділу «Високотемпературних напівпровідників» при Інституті металокераміки і спеціальних сплавів АН УРСР у м. Києві.

— Підготовка молодих спеціалістів із напівпровідників в Україні незадовільна як у відношенні кількості, так і якості підготовки. При цьому В.Є.Лашкарьов вказує на шляхи можливого розв'язку проблемних питань. Так, перша причина ліквідується завдяки збільшенню прийому студентів до ВНЗ із відповідною наявною спеціалізацією (КДУ, КПІ) та відкриттям спеціалізації із напівпровідників, де вона відсутня, але є умови для її організації в державних університетах Львова, Чернівців, Одеси. Що стосується якості підготовки спеціалістів, то необхідне підсилення наукових робіт і створення проблемних лабораторій в державних університетах Києва, Львова і Чернівців та зміцнення лабораторій Одеського державного університету і КПІ, які роблять значний внесок у фізику напівпровідників. Наприклад, у 1960 р. відбувається значне розширення експериментальних робіт на кафедрі експериментальної фізики Одеського університету ім. І.І.Мечникова. Серед них – дослідження оптичних і фотоелектричних властивостей напівпровідників групи сульфїду кадмію, нелінійної провідності полікристалів карбїду кремнію і тонких плївок окислу алюмінію. Зокрема, під керівництвом Е.А.Кирилова в НДІ фізики ОДУ ім. І.І.Мечникова особлива увага придїлена дослідженням люмінесценції лужно-галоїдних кристалів, поглинання світла в іонних кристалах, оптичних і фотоелектричних властивостей галогенїдів срібла, у зв'язку з вивченням закономірностей утворення прихованого фотографїчного зображення.

— Необхідне різке збільшення фізичного приладобудування державного значення: криогенної, оптичної, радіотехнічної та ін. апаратури, без якої неможливе забезпечення за короткі терміни новоутворених закладів. Це саме стосується вирішення питань і забезпечення чистими напівпровід-



никовими матеріалами і реактивами.

Одночасно із вищеприведеними документами, В.Є. Лашкарьов подав у Президію АН УРСР:

**Доповідну записку «Про профіль і завдання Інституту напівпровідників АН УРСР».**

Цей документ відображає коротку історію становлення фізики діелектриків і напівпровідників, що складає передісторію до мотивованого обґрунтування заснування Інституту напівпровідників в Україні та зроблений внесок до вищезгаданого В.Є.Лашкарьовим.

Зазначимо, що доповідну записку підготовлено завідувачем відділу №5 «Фізики напівпровідників» Інституту фізики АН УРСР, академіком АН УРСР В.Є.Лашкарьовим. На базовій основі цього відділу була утворена ініціативна група, склад якої наводиться відповідно до оригіналу доповідної записки: це, зокрема, академіки АН УРСР, доктори фізико-математичних наук, професори - **Гольдман О.Г. і В.Є.Лашкарьов**; доктори фізико-математичних наук, професори - **Борзяк П.Г., Ляшенко В.І., Пекар С.І.**; кандидати фізико-математичних наук - **Баранський П.І., Дейген М.Ф., Конозенко І.Д., Миселюк О.Г., Снітко О.В., Федорус Г.А.**

У вступі до вищезазначеної доповідної записки В.Є.Лашкарьов відзначив:

**Президія АН УРСР прийняла рішення про організацію в системі АН УРСР Інституту напівпровідників на базі відділу напівпровідників Інституту фізики АН УРСР.** При цьому було враховано рекомендації із цього питання **Ради із Координації при Президії АН СРСР** у рамках важливих завдань із розвитку фізики напівпровідників на 1959-1965 рр.

Так, при виборі для проектованого Інституту основних наукових напрямів було враховано багатий досвід цілого ряду вже сформованих наукових напрямів в ІФ АН УРСР, які розвиваються та набули загального визнання і авторитету з фізики напівпровідників серед вітчизняної та світової науки.

Зокрема:

1. У розробках теорії напівпровідників і напівпровідникових приладів. Із цього напрямку, згідно з Постановою РМ СРСР від 4 червня 1957 р., ІФ АН УРСР визнано провідним науковим центром в країні.

2. У дослідженнях електронних і оптичних явищ в напівпровідниках. Рішенням Президії АН СРСР від 26 лютого 1957 р. ІФ АН УРСР визнано провідним науковим центром.

3. У дослідженнях електронних явищ на поверхні напівпровідників і їх зв'язок з адсорбцією і каталізом. Неодноразово результати досліджень, ви-

конані в ІФ АН УРСР, на конференціях і нарадах з питань фізики напівпровідників одержували авторитетне визнання та відмічалися високою оцінкою.

4. Електричні властивості нових (або маловивчених) напівпровідників і їх застосування, згідно з Постановою РМ СРСР, вже ряд років результативно досліджуються в ІФ АН УРСР.

5. Дослідження різних видів електронної емісії із напівпровідників, які виконуються в ІФ АН УРСР згідно з Постановою РМ СРСР, успішно виконуються та авторитетно набули визнання і використання у розвитку напівпровідникової катодної електроніки.

Таке об'єднання і розвиток вищеназваних наукових напрямів при ІФ АН УРСР створили умови для відокремлення і створення Інституту напівпровідників в складі АН УРСР, достатньо широкого і актуального для розвитку науки і техніки відповідного профілю.

Далі В.Є.Лашкарьов окреслює профільні задачі, які постають перед новостворюваним закладом для досліджень:

Теорія напівпровідників і напівпровідникових приладів.

Фотоелектричні і оптичні явища у напівпровідниках та їх застосування.

Електролюмінесценція в напівпровідниках.

Дія іонізуючих випромінювань на напівпровідники.

Електронні процеси на поверхні напівпровідників і їх зв'язок з явищами адсорбції і каталізу.

Напівпровідникова катодна електроніка.

Об'ємні електричні властивості напівпровідників і вплив на них домішок та структурних дефектів.

Розробка і дослідження електричних властивостей різних неоднорідних напівпровідникових систем і створення на їх основі приладів.

Радіоспектроскопія напівпровідників.

Напівпровідникова металургія.

Хімія напівпровідників.

Напівпровідникові прилади і їх застосування.

За будовою для Інституту напівпровідників АН УРСР було запропоновано наступне коротке роз'яснення, зокрема структуру:

#### **А. Наукові відділи і лабораторії.**

1. Теоретичний відділ: загальної теорії твердого тіла та теорії напівпровідників і напівпровідникових приладів, у якому будуть дві лабораторії (одна створюється на базі відділу № 4, і друга, що була в складі відділу № 5 ІФ АН УРСР). На завідуючого відділом і однією із лабораторій було реко-

мендовано С.І.Пекара.

2. Фотоелектричних і оптичних явищ. Організовується на базі відділу №5 ІФ АН УРСР. На завідуючого відділом і однією з лабораторій рекомендується В.Є.Лашкарєв.

3. Електроніки напівпровідників. Організовується на базі існуючої лабораторії при відділі № 5 ІФ АН УРСР. На завідуючого відділом і лабораторією рекомендується В.І.Ляшенко.

4. Електричних об'ємних властивостей напівпровідників. Організовується на базі існуючої лабораторії при відділі № 5 ІФ АН УРСР. На завідуючого відділом і однією з лабораторій рекомендується О.Г.Миселюк.

5. Напівпровідникової катодної електроніки. Організовується на базі існуючої лабораторії № 2 ІФ АН УРСР. На завідуючого відділом і однією з лабораторій рекомендується П.Г.Борзяк.

6. Металургії і хімії напівпровідників. Організовується на базі працюючих робочих груп відділу № 5 ІФ АН УРСР.

7. Напівпровідникових приладів і їх застосування. Організовується на базі роботи груп відділу № 5 ІФ АН УРСР. Очолити відділ запрошені кандидатури за конкурсом.

8. Заплановано організувати лабораторію спектроскопії на базі групи співробітників відділів № 5 та № 4 ІФ АН УРСР, які ведуть роботу з 1958 р.

9. Лабораторію електролюмінесценції організувати на базі існуючої в ІФ АН УРСР, рекомендувалося очолити її академіку АН УРСР О.Г.Гольдману.

**Б. Науково-допоміжні структурні одиниці** майбутнього закладу мають складатися із наукової бібліотеки, криогенної лабораторії, конструкторського бюро, експериментально-виробничих майстерень в складі відповідних цехів, групи енергозабезпечення та відділу адміністративно-господарчого забезпечення.

Отже, проектом структури Інституту передбачалося організувати 8 відділів із 14 лабораторіями, з яких 7 відповідали існуючим структурним одиницям в ІФ АН УРСР. Організацію інших семи нових лабораторій було запропоновано очолювати на конкурсній основі. При цьому на п'ять із них вже підготовлено відповідні кандидатури.

На закінчення доповідної записки В.Є.Лашкарєв окреслив питання про забезпечення Інституту науковими кадрами та їх потенціальні можливості виконати проблематику вищезазначених завдань. Зокрема, у даний час в ІФ АН УРСР вже із фізики і напівпровідникової техніки працює група науковців і науково-допоміжний персонал в складі 116 чоловік, з яких:

а) докторів фізико-математичних наук – 5 (академіки АН УРСР – В.Є.Лашкарьов, О.Г.Гольдман; професори – С.І.Пекар, В.І.Ляшенко, П.Г.Борзяк).

б) кандидатів фізико-математичних наук – 15 (П.І.Баранський, В.М.Бурмистров, Ю.І.Горкун, М.Ф.Дейген, І.Д.Конозенко, В.Е.Косенко, Т.І.Кучер, І.Б.Мізецька, О.Г.Миселюк, Е.Й.Рашба, О.В.Снітко, І.І.Степко, В.І.Уст'янов, Г.А.Федорус, О.В.Фіалковська.

в) молодших наукових співробітників і інженерів – 36.

Таким чином, запланована організація наукових відділів і лабораторій в Інституті напівпровідників АН УРСР може бути забезпечена керівництвом із вищевказаного складу докторів і кандидатів фізико-математичних наук.

Про ширину і глибину із державних позицій, розгляду забезпечення робіт загальної проблеми «**Напівпровідники і діелектрики та їх застосування**» засвідчує і **План розвитку мережі установ АН УРСР**, складений В.Є.Лашкарьовим на 1960-1967рр.

Згідно із запланованим, основні капіталовкладення намічено здійснити для того, щоб за цей термін була закладена солідна теоретична і експериментальна база для досліджень напівпровідників і діелектриків, щоб забезпечити ясні на тепер і на випередження напрямки роботи, щоб непередбачені наукові напрямки змогли б розпочати розвиватися без втрати часу.

Наприклад, побудувати:

а) У **Києві**: лабораторний (1960р.) і технологічний (1963-1964рр.) корпуси Інституту напівпровідників АН УРСР для суттєвого розширення робіт напівпровідникової металургії і хімії, щоб отримати надчисті напівпровідникові матеріали, удосконалення технології і всебічного випробування нових напівпровідникових приладів, а також розробок апаратури для досліджень напівпровідників;

б) У **Запоріжжі**: філіал Інституту напівпровідників (1965-1966 рр.) для надання допомоги заводам, що виготовляють напівпровідникові матеріали і прилади;

в) У **Львові**: корпус відділу напівпровідників (1964-1965 рр.) при запроєктованому Інституті фізики і математики АН УРСР для забезпечення напівпровідникової катодної електроніки, напівпровідникових люмінофорів і т.д.;

г) У **Дніпропетровську**: корпус відділу фізики діелектриків при запроєктованому фізико-технічному інституті (1964-1966 рр.) для розвитку фізики діелектриків і полімерів і їх застосування;

д) У **Києві**: корпус відділу високотемпературних напівпровідників (1960-1961рр.) при Інституті металокераміки і спеціальних сплавів АН УРСР та дослідний завод із СКБ (1963 р.), запропонований Комісією з кібернетики і обчислювальної техніки АН УРСР для виготовлення напівпровідникових приладів і т.п.

З метою розвитку наукових досліджень з питань фізики напівпровідників і напівпровідникових приладів та їх застосування в техніці, на виконання **Постанови Ради Міністрів УРСР** від 3 вересня 1960 р. № 1449 «Про організацію в складі Академії Наук УРСР Інституту напівпровідників» та **Постанови Президії Академії наук УРСР** від 7 жовтня 1960 р., протокол № 56, § 742 на базі існуючих відділів і лабораторій Інституту фізики АН УРСР було засновано **Інститут напівпровідників АН УРСР**.

Виконуючим обов'язки директора Інституту напівпровідників АН УРСР призначено академіка АН УРСР В.Є.Лашкарьова з наступним затвердженням Загальними зборами АН УРСР.

## **Інститут фізики напівпровідників імені В.Є.Лашкарьова НАН України: 1960-2010 рр.**

Інститут фізики напівпровідників імені В.Є.Лашкарьова НАН України (далі - Інститут) створено у 1960 році на базі відділів та лабораторій Інституту фізики АН УРСР на виконання постанови Ради Міністрів УРСР від 3 вересня 1960р. №1449 «Про організацію у складі Академії наук УРСР Інституту напівпровідників» та відповідної постанови Президії АН УРСР від 7.10.1960р.

Вирішальне значення при цьому мав той факт, що в Інституті фізики на той час склалися наукові школи з фізики нерівноважних процесів у напівпровідниках і теорії напівпровідників, очолювані академіком АН УРСР, проф. В.Є. Лашкарьовим і д.ф.-м.н., проф. С.І. Пекарем. Серед заснованих в НАН України премій імені видатних учених України є премії імені В.Є.Лашкарьова і С.І.Пекара.

Великий внесок у створення і організацію подальшої діяльності Інституту зробили також перші керівники науково-дослідних відділів і лабораторій, створених у 1960-1961-х роках: д.ф.-м.н. М.Ф.Дейген, к.ф.-м.н. М.П.Лисиця, д.ф.-м.н., проф. В.І.Ляшенко, к.х.н. І.Б.Мізецька, к.ф.-м.н. О.Г.Миселюк, к.ф.-м.н. Е.Й.Рашба, к.т.н. С.В.Свечніков, к.ф.-м.н. О.В.Снітко, к.ф.-м.н. Г.А.Федорус.

Згідно з Постановою Президії АН України від 30.12.1992 р. №353 Інсти-

тут напівпровідників перейменовано на «Інститут фізики напівпровідників».

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 25.12.2002 р. №714-р «Про присвоєння Інституту фізики напівпровідників Національної академії наук України імені В.Є.Лашкарьова» і відповідною постановою Президії НАН України від 04.02.2003 р. № 6 Інституту присвоєно ім'я В.Є.Лашкарьова.

З 1960 р. по 1970 р. першим директором Інституту був академік АН УРСР Вадим Євгенович Лашкарьов (1903-1974 рр.). З 1970 р. по 1990 р. Інститут очолював академік АН УРСР Олег В'ячеславович Снітко (1928-1990 рр.). З 1991 р. по 2003 р. директором Інституту був академік НАН України Сергій Васильович Свечніков. З 2003 р. Інститут очолює академік НАН України Володимир Федорович Мачулін.

В Інституті працювали і працюють відомі українські вчені, серед них 6 академіків НАН України: В.Є.Лашкарьов (1903-1974 рр.), М.П.Лисиця, С.І.Пекар (1917-1985 рр.), С.В.Свечніков, О.В.Снітко (1928-1990 рр.), В.Ф.Мачулін; 11 членів-кореспондентів НАН України: О.Є.Беляєв, М.Я.Валах, Є.Ф.Венгер, М.Ф.Дейген (1918-1977 рр.), В.С.Лисенко, В.Г.Литовченко, Б.О.Нестеренко (1938-2003 рр.), П.Ф. Олексенко, Ф.Ф. Сизов, К.Б. Толпиго (1916-1998 рр.), М.К. Шейнкман.

На початку 2010 р. в Інституті працювали 87 докторів наук (серед них — 47 професорів), 203 кандидати наук.

Основними науковими напрямками діяльності Інституту, затвердженими Відділенням фізики і астрономії НАН України, є:

- фізика процесів взаємодії електромагнітного випромінювання з речовиною;
- фізика низьковимірних систем, мікро- та наноелектроніка;
- оптоелектроніка та сонячна енергетика;
- напівпровідникове матеріалознавство та сенсорні системи.

В останні роки пріоритетний розвиток у науковій діяльності Інституту отримали фундаментальні та прикладні дослідження та розробки, зокрема:

- теоретичні та експериментальні дослідження процесів самоорганізації та фізики напівпровідникових наноструктур;
- роботи з фізичних, фізико-хімічних та технологічних проблем створення елементної бази оптоелектроніки, пристроїв для перетворення інформації, джерел випромінювання нового типу тощо;
- дослідження у галузі оптики твердого тіла, зокрема, пошук нових оптичних явищ, нелінійних оптичних матеріалів, оптичних методів їх неруйнівного якісного і кількісного контролю, квантової електроніки

- та фізики твердотільних лазерів;
- теоретичні і експериментальні дослідження електронних і електронно-атомних процесів на поверхні, в об'ємі, на межах поділу в складних та шаруватих напівпровідникових структурах;
- дослідження у галузі фізики флуктуаційних явищ в напівпровідниках та напівпровідникових приладах, флуктуаційна діагностика новітніх субмікронних технологій;
- дослідження процесів трансформації структури і електрофізичних властивостей напівпровідникових матеріалів і структур під впливом активних зовнішніх дій: лазерного випромінювання, ультразвуку, плазмової обробки, тиску тощо;
- роботи з фізичних та фізико-хімічних проблем напівпровідникового матеріалознавства, спрямовані на створення опто-, фото-, мікроелектронних пристроїв різного призначення;
- теоретичні та експериментальні дослідження електронного транспорту в напівпровідниках і напівпровідникових структурах, електрон-фононної взаємодії у твердих тілах;
- роботи із створення нових методів і засобів неруйнівного діагностування напівпровідникових матеріалів, приладів опто-, мікро- і наноелектроніки, в т.ч. за допомогою рентгенівських, рентгеноакустичних методів тощо.

У більшості традиційних для Інституту напрямках наукової діяльності склалися та успішно функціонують широко відомі наукові школи під керівництвом провідних вчених:

- фізика напівпровідників,  
засновник – академік АН УРСР, професор В.Є. Лашкарьов,  
керівник – академік НАН України, проф. В.Ф. Мачулін;
- теорія твердого тіла,  
засновники – академік АН УРСР, професор С.І. Пекар, член-кореспондент АН УРСР, професор М.Ф. Дейген,  
керівник – доктор фізико-математичних наук, професор В.О. Кочелап;
- оптоелектроніка,  
засновник і керівник – академік НАН України, професор С.В. Свечніков;
- оптика і спектроскопія,  
засновник і керівник – академік НАН України, професор М.П. Лисиця;
- фізика поверхні і мікроелектроніка,  
засновники – академік АН УРСР, професор О.В. Снітко, доктор фізико-

математичних наук, професор В.І. Ляшенко,

*керівник* – член-кореспондент НАН України, професор В.Г. Литовченко.

Дослідження і розробки проводяться 8 науковими відділеннями (теоретичних проблем, фотоелектроніки, оптоелектроніки, оптики напівпровідників, фізики поверхні та мікроелектроніки, фізико-технологічних проблем напівпровідникової інфрачервоної техніки, технології і матеріалів сенсорної техніки, структурного та елементного аналізу напівпровідникових матеріалів і систем). До складу відділень входять науково-дослідні підрозділи: 30 відділів та 5 лабораторій, що очолюються переважно докторами наук.

Інститут здійснює плідне наукове та науково-технічне співробітництво з рядом університетів і наукових центрів США, Великої Британії, Франції, Італії, Іспанії, Ізраїлю, Японії, Німеччини, Китаю та ін, а також підтримує тісні наукові контакти з провідними науковими установами Росії та інших країн-членів СНД, Прибалтики.

Інститут видає збірник «Оптоэлектроника и полупроводниковая техника» і журнал «Semiconductor Physics. Quantum Electronics & Optoelectronics», який у повному обсязі видається і поширюється англійською мовою.

Велика увага приділяється вихованню і підготовці наукових кадрів. В Інституті діє аспірантура і докторантура, працюють 2 спеціалізовані вчені ради із захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора і кандидата наук зі спеціальностей: 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків; 05.12.20 - оптоелектронні системи; 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем; 01.04.07 – фізика твердого тіла; 05.27.01 – твердотільна електроніка; 05.27.06 - технологія, обладнання та виробництво електронної техніки. Здійснюється підготовка кадрів через аспірантуру (зі спеціальностей: 01.04.07 – фізика твердого тіла; 01.04.01 - фізика приладів, елементів і систем; 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків; 05.12.20 – оптоелектронні системи; 05.27.01 – твердотільна електроніка; 05.27.06 – технологія, обладнання та виробництво електронної техніки) та докторантуру (зі спеціальності: 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків).

В Інституті діють наукові збори, на яких заслуховуються наукові доповіді провідних вітчизняних і зарубіжних вчених, а також матеріали докторських дисертацій.

Для молодих дослідників організовуються читання курсів лекцій провідними українськими вченими.

В Інституті діє Рада молодих дослідників.

Періодично проводяться Лашкарьовські читання для молодих вчених.



Залученню талановитої молоді як на роботу в Інститут, так і до навчання в аспірантурі сприяє те, що провідні вчені Інституту читають курси лекцій в навчальних закладах України (Київському національному університеті імені Тараса Шевченка, Київському національному технічному університеті «КПІ» та інших); групи студентів постійно проходять бакалаврську, магістерську, виробничу, переддипломну та дипломну практику, науковими керівниками яких є кваліфіковані науковці і спеціалісти (кандидати і доктори наук), частина випускників залишається в Інституті; вчені Інституту беруть активну участь в Днях відчинених дверей, що проводяться ВНЗ України.

При Інституті фізики напівпровідників імені В.Є.Лашкарьова НАН України діє госпрозрахункове Спеціальне конструкторсько-технологічне бюро з дослідним виробництвом (СКТБ з ДВ).

Інститут активно використовує нові форми організації наукових досліджень та впровадження їх результатів. Так, в Інституті діють наступні організації і підрозділи:

- технологічний парк «Напівпровідникові технології і матеріали, оптоелектроніка та сенсорна техніка»;
- центр колективного користування приладами НАН України «Діагностика напівпровідникових матеріалів, структур та приладних систем»;
- випробувальна лабораторія голографічних захисних елементів (сертифікована за міжнародним стандартом ISO 9001);
- центральна випробувальна лабораторія напівпровідникового матеріалознавства (атестат акредитації Укр. Державного виробничого центру стандартизації, метрології та сертифікації за №ПТ-0400/01 від 28.12.2001р.);
- центр випробувань фотоперетворювачів та фотоелектричних батарей (атестат акредитації Держспоживстандарту України за № ПТ-0327/03 від 20.04.2003 р.).