

## НАПІВПРОВІДНИКИ В УСІХ ВИМІРАХ

Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова  
НАН України — 50 років!

*Як відомо, групу напівпровідникових матеріалів учені виявили на початку ХХ сторіччя, ґрунтуючись на вивченні електричних властивостей твердих тіл. І вже в 30-х роках було створено чотири типи напівпровідникових приладів: фотоелементи, випрямлячі, фотоопори та кристадин, які знайшли практичне застосування в різних галузях науки і техніки. Фізики досить інтенсивно вивчали деякі властивості напівпровідникових сполук, здебільшого фотоелектричні, прагнучи знайти залежність цих властивостей від різних факторів: довжини хвилі світла, домішок, величини діелектричної проникності, температури, інтенсивності світлового потоку, методу отримання зразків, їхньої хімічної природи тощо. Вони також здійснювали емпіричний пошук як природних, так і синтезованих напівпровідників. Ставало дедалі очевиднішим, що дослідження напівпровідників має привести до нових наукових відкриттів і практичного впровадження.*

Поряд із працями ленінградських учених на чолі з А.Ф. Йоффе все більшого значення набували дослідження напівпровідників українськими фізиками, зокрема під керівництвом Є.А. Кириллова в Одесі, які розпочато ще в 20-х роках минулого століття з метою вивчення внутрішнього фотоелектричного ефекту сполук срібла. Заслужила визнання й робота київських учених. У 1921 р. було засновано Київську науково-дослідну кафедру фізики Наркомосвіти УРСР під керівництвом д.ф.-м.н. О.Г. Гольдмана, що стала базою для Інституту фізики НАН України. 1939 року в ньому створено відділ фізики напівпровідників, який очолив д.ф.-м.н. В.Є. Лашкарьов. Уже наприкінці 30-х років цей відділ стає одним із провідних наукових центрів фізики й техніки напівпровідників у Радянському Союзі. Таким

чином, остаточно склався й організаційно оформився новий науковий напрям — фізика напівпровідників, який спочатку очолював О.Г. Гольдман, а з 1939 року — В.Є. Лашкарьов.

Після війни співробітники відділу фізики напівпровідників продовжували дослідження фотоелектричних та оптичних явищ у напівпровідниках, електронних явищ на контакті метал-напівпровідник і на поверхні напівпровідників, а також із хімії напівпровідників. У 1944 році в Інституті фізики АН УРСР створено відділ теоретичної фізики, організація діяльності якого пов'язана з ім'ям С.І. Пекара. Від 50-х років розпочались експериментальні й теоретичні дослідження, а також прикладні розроблення із фізики й техніки нових напівпровідників — кремнію та германію.

В.Є. Лашкар'юв, як Голова Комісії з напівпровідників при Президії АН УРСР, ініціював низку важливих заходів. Зокрема, резолюцією Пленуму цієї Комісії від 4 грудня 1959 року запропоновано:

— безвідмовно організувати в Києві Інститут напівпровідників та в найкоротший термін створити дослідний завод напівпровідникових приладів;

— ширше запровадити в Україні нові сучасні методи дослідження напівпровідників, зокрема методи інфрачервоної та радіоспектроскопії, методи вимірювань у магнітних полях, при надвисоких частотах, низьких температурах тощо;

— організувати проблемні лабораторії напівпровідників у низці ВНЗ України, в першу чергу в Київському, Чернівецькому, Дніпропетровському державних університетах, де вже є необхідні передумови для цього;

— підсилити матеріальну базу Інституту фізики Одеського державного університету і просити перевести його з третьої на другу категорію;

— прирівняти педагогічне навантаження співробітників кафедр загальної фізики, котрі працюють з напівпровідниковими матеріалами, до педагогічного навантаження співробітників спеціальних кафедр.

Як бачимо, до створення нового інституту В.Є. Лашкар'юв і його колеги підходили комплексно, відразу передбачаючи кадрове, фінансове, матеріально-технічне забезпечення його діяльності.

Ще один дуже важливий документ — записка Голові Комісії з напівпровідників АН СРСР членові-кореспонденту АН СРСР Б.М. Вулу від 22 грудня 1959 року, в якій В.Є. Лашкар'юв виклав думки щодо необхідності створення Інституту напівпровідників у системі АН УРСР. Він наголошував на тому, що Інститут напівпровідників АН УРСР слід розглядати як установу досить широкого профілю, вважаючи його головною метою дослідження взаємодії

напівпровідників з різними видами випромінювань, включаючи й перетворення енергії випромінювання безпосередньо в електричну. В записці наведено склад ініціативної групи з організації інституту:

— доктори фіз.-мат. наук, професори О.Г. Гольдман та В.Є. Лашкар'юв;

— кандидати фіз.-мат. наук П.І. Баранський, М.Ф. Дейген, І.Д. Конозенко, О.Г. Миселюк, О.В. Снітко, Г.А. Федорус.

Під час вибору основних наукових напрямів було враховано багатий досвід досліджень ІФ АН УРСР, що набули загального визнання й авторитету як у нашій країні, так і за кордоном. Далі В.Є. Лашкар'юв окреслює профільні завдання, які постають перед інститутом:

- теорія напівпровідників і напівпровідникових приладів;

- фотоелектричні й оптичні явища у напівпровідниках та їх застосування;

- електролюмінесценція у напівпровідниках;

- дія іонізуючих випромінювань на напівпровідники;

- електронні процеси на поверхні напівпровідників та їхній зв'язок із явищами адсорбції й каталізу;

- напівпровідникова катодна електроніка;

- об'ємні електричні властивості напівпровідників і вплив на них домішок і структурних дефектів;

- розроблення й дослідження електричних властивостей різних неоднорідних напівпровідникових систем і створення на їхній основі приладів;

- радіоспектроскопія напівпровідників;

- напівпровідникова металургія;

- хімія напівпровідників;

- напівпровідникові прилади та їх застосування.

Запропоновано структуру Інституту, якою передбачено організувати 8 відділів:

1. Загальної теорії твердого тіла та теорії напівпровідників і напівпровідникових пристроїв (завідувач С.І. Пекар).



В.Є. Лашкар'ов

2. Фотоелектричних і оптичних явищ (завідувач В.Є. Лашкар'ов).

3. Електроніки напівпровідників (завідувач В.І. Ляшенко).

4. Електричних об'ємних властивостей напівпровідників (завідувач О.Г. Миселюк).

5. Напівпровідникової катодної електроніки (завідувач П.Г. Борзяк).

6. Металургії і хімії напівпровідників.

7. Лабораторія електролюмінесценції (завідувач О.Г. Гольдман).

8. Лабораторія спектроскопії.

З 14 лабораторій 7 відповідали структурним одиницям ІФ АН УРСР, а 7 запропоновано створити і визначити керівників на конкурсній основі. Що стосується кадрового забезпечення, то в Інституті фізики тоді працювало 116 співробітників із напівпровідникової тематики. Серед них:

— два академіки (О.Г. Гольдман, В.Є. Лашкар'ов);

— троє докторів наук (С.І. Пекар, В.І. Ляшенко, П.Г. Борзяк);

— 15 кандидатів наук (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. Устьянов, Г.А. Федорус, О.В. Фіалковська);

— 36 молодших наукових співробітників та інженерів.

Тобто навіть за сучасними мірками кадровий потенціал був досить потужним.

У цій же доповідній записці запропоновано побудувати:

- у Києві — лабораторний (1960 р.) і технологічний (1963–1964 рр.) корпуси Інституту напівпровідників АН УРСР для суттєвого розширення робіт з напівпровідникової металургії та хімії, щоб отримати надчисті напівпровідникові матеріали, вдосконалення технології та всебічного випробування нових напівпровідникових приладів, а також розроблення апаратури для досліджень напівпровідників;

- у Запоріжжі — філіал Інституту напівпровідників (1965–1966 рр.) для допомоги заводам, що виготовляють напівпровідникові матеріали і прилади;

- у Львові — корпус відділу напівпровідників (1964–1965 рр.) при запроєктованому Інституті фізики і математики АН УРСР для забезпечення робіт з напівпровідникової катодної електроніки, напівпровідникових люмінофорів та ін.;

- у Дніпропетровську — корпус фізики діелектриків при запроєктованому Фізико-технічному інституті (1964–1966 рр.) для розвитку фізики діелектриків, полімерів та їх застосування;

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

Таким чином, після всебічного опрацювання й обговорення і з метою розвитку

наукових досліджень із 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 відділів і лабораторій Інституту фізики АН УРСР було засновано Інститут напівпровідників АН УРСР.

Виконувачем обов'язки директора Інституту напівпровідників АН УРСР призначено академіка АН УРСР В.Є. Лашкарьова з наступним затвердженням Загальними зборами АН УРСР. Директорами ІФН були:

- 1960–1970 рр. — академік АН УРСР Вадим Євгенович Лашкарьов;
- 1970–1990 рр. — академік АН УРСР Олег В'ячеславович Снітко;
- 1991–2003 рр. — академік НАН України Сергій Васильович Свечніков;
- з 2003 р. і до сьогодні — академік НАН України Володимир Федорович Мачулін.

В Інституті працювали і працюють відомі вчені, серед них 6 академіків НАН України: В.Є. Лашкарьов (1903–1974 рр.), М.П. Лисиця, В.Ф. Мачулін, С.І. Пекар (1917–1985 рр.), С.В. Свечніков, О.В. Снітко (1928–1990 рр.); 10 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, М.К. Шейнкман (1929–2009 рр.), а також майже 90 докторів наук (серед них 52 професори) та понад 200 кандидатів наук.

Основні наукові напрями ІФН, затверджені Президією НАН України:

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

В останні роки пріоритетний розвиток отримали теоретичні й експериментальні дослідження процесів самоорганізації, фізики напівпровідникових наноструктур; роботи зі створення елементної бази оптоелектроніки, пристроїв для перетворення інформації та джерел випромінювання нового типу; дослідження в галузі оптики твердого тіла; теоретичні й експериментальні дослідження електронних і електронно-атомних процесів на поверхні, в об'ємі, на межах поділу складних і шаруватих напівпровідникових структур; вивчення флуктуаційних явищ у напівпровідниках і напівпровідникових приладах, флуктуаційна діагностика новітніх субмікронних технологій; дослідження процесів трансформації структури й електрофізичних властивостей напівпровідникових матеріалів і структур під впливом активних зовнішніх дій; роботи з фізичних і фізико-хімічних проблем напівпровідникового матеріалознавства, спрямовані на створення опто-, фото-, мікроелектронних пристроїв різного призначення; теоретичні й експериментальні дослідження електронного транспорту в напівпровідниках і напівпровідникових структурах, електрон-фононної взаємодії у твердих тілах; роботи зі створення нових методів і засобів неруйнівного діагностування напівпровідникових матеріалів, приладів опто-, мікро-, наноелектроніки.

Зареєстровано три наукових відкриття:

- 1) «Властивості багатозначної анізотропії електропровідності напівпровідникових кристалів у сильних електричних полях» (Диплом №294, заявка від 17.04.1982). Автори — З.С. Грибніков, В.В. Мітін;
- 2) «Явище поширення додаткових хвиль у кристалах» (Диплом №323, заявка від 27.09.1984). Автор — С.І. Пекар;
- 3) «Явище комбінованого резонансу в кристалах» (Диплом №327, заявка від 18.10.1984). Автор — Е.Й. Рашба.

Інститут здійснює плідне наукове й науково-технічне співробітництво із низкою університетів і наукових центрів США, Ве-

ликої Британії, Франції, Італії, Німеччини, Іспанії, Ізраїлю, Японії, Китаю, а також підтримує тісні контакти із провідними науковими установами Росії та інших країн СНД і Прибалтики.

ІФН видає збірник «Оптоэлектроника и полупроводниковая техника» і журнал «Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics». Діє аспірантура й докторантура; існують спеціалізовані вчені ради із захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата й доктора фізико-математичних і технічних наук; працює госпрозрахункове Спеціальне конструкторсько-технологічне бюро з дослідним виробництвом; є 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, центральна випробувальна лабораторія напівпровідникового матеріалознавства, центр випробувань фотоперетворювачів і фотоелектричних батарей. На базі Інституту працюють українські відділення Міжнародних товариств оптичної техніки й інформаційних дисплеїв. ІФН — це головна організація Наукової ради НАН України з проблеми «Фізика напівпровідників та напівпровідникові пристрої». Як головна організація цієї Наукової ради, ІФН бере участь у проведенні конференцій, симпозіумів, виставок, семінарів, причому особливу увагу приділяє новим актуальним напрямкам у фізиці напівпровідників.

Інститут проводить спільні наукові роботи з вищими навчальними закладами, зокрема з Київським ім. Тараса Шевченка, Одеським ім. І.І. Мечникова, Ужгородським та Чернівецьким ім. Юрія Федьковича національними університетами; Національним університетом «Львівська політехніка»; Луцьким національним технічним університетом;

Житомирським державним університетом ім. Івана Франка; Полтавським і Бердянським педагогічними університетами; Кам'янець-Подільським державним університетом. На базі ІФН діє філія кафедри оптики Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, а на базі Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова спільно з ІФН створено міжвідомчий Науково-навчальний центр МОН та НАН України як структурний підрозділ Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова, що сприяє залученню талановитої студентської молоді до наукової діяльності. На базі інституту спільно з Кременчуцьким університетом економіки, інформаційних технологій і управління створено науково-дослідну лабораторію нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та науково-навчальний виробничий комплекс «Солар».

В інтересах розвитку галузі наноматеріалів і наноструктур, а також координації та підтримки пріоритетних науково-технічних досліджень на базі ІФН створено Науково-навчальний центр «Фізика, хімія і технологія наноструктур» за участю Інституту фізики, Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова, Прикарпатського і Чернівецького національних університетів, Дрогобицького державного педагогічного університету й ДФФД України.

Розробки співробітників інституту відзначені Ленінською премією, 2-ма Державними преміями СРСР, 22-ма Державними преміями УРСР і України в галузі науки і техніки, Премією Ради Міністрів СРСР, 3-ма преміями імені К.Д. Синельникова, 3-ма преміями імені В.Є. Лашкарьова, 3-ма преміями імені С.І. Пекара, премією імені С.О. Лебедева, 3-ма преміями президентів Академій наук України, Білорусії, Молдови. 13 співробітників удостоєні звання «Заслужений діяч науки і техніки України».

**Володимир МАЧУЛІН,**  
академік НАН України,  
директор Інституту фізики напівпровідників  
ім. В.Є. Лашкарьова НАН України