



**КЛАДЬКО**

**Василь Петрович** –  
член-кореспондент НАН  
України, заступник директора  
з наукової роботи Інституту  
фізики напівпровідників  
ім. В.Є. Лашкарьова НАН  
України

## ЩОДО СТВОРЕННЯ ДЕРЖАВНОЇ КЛЮЧОВОЇ ЛАБОРАТОРІЇ ДЛЯ РОЗВИТКУ МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ В УКРАЇНІ

**Стенограма доповіді на засіданні Президії  
НАН України 24 листопада 2021 року**

*У доповіді зазначено, що одним з пріоритетних напрямів діяльності Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України є фундаментальні та прикладні дослідження зі створення нового покоління функціональних напівпровідникових матеріалів та структур. Наголошено на важливості розвитку мікроелектронної індустрії, яка у сучасному світі має стратегічне значення і визначає рівень науково-технічного прогресу країни. Проаналізовано стан мікроелектронної галузі в Україні. З метою її відродження та для забезпечення потреб вітчизняного оборонно-промислового комплексу запропоновано створення на базі Інституту державної ключової лабораторії.*

Шановний пане президенте!

Шановні члени Президії НАН України!

Шановні колеги!

Сьогодні рівень розвитку будь-якої країни визначається не стільки природними ресурсами чи обсягами виробництва, скільки здатністю її суб'єктів господарювання генерувати і впроваджувати нові інноваційні ідеї. Підтвердженням цього є рейтинг країн, складений за показниками індексу глобальної конкурентоспроможності, які щороку розраховують за методикою Всесвітнього економічного форуму. Якщо поглянути на цей рейтинг, то добре видно, що країни, основним джерелом формування валового внутрішнього продукту яких є експорт сировини, посідають місця в середині й кінці списку, тоді як країни – експортери високотехнологічного обладнання та інноваційних технологій згруповані переважно в першій та другій десятці. І головною рушійною силою економік розвинутих країн є мікроелектронна промисловість, оскільки в процесі виробництва сучасної техніки найбільш концентровано

застосовують високі критичні технології, які й визначають рівень науково-технічного прогресу. Причому мікроелектронна індустрія має стратегічне значення для економіки. Вона не лише становить фундамент новітніх інформаційних та комп'ютерних технологій і забезпечує обороноздатність держави, а й значною мірою впливає на підвищення конкурентоспроможності продукції багатьох інших галузей економіки, стимулюючи їх розвиток.

Тепер кілька слів про сучасний стан мікроелектронної галузі в Україні. На початку 90-х років Україна мала величезний потенціал у напівпровідниковій та мікроелектронній галузях. Зокрема, на її території працювали потужні підприємства з виробництва монокристалів у Світловодську, Запоріжжі, Києві, Чернівцях та Ужгороді. За нашими оцінками, кадровий склад галузі на момент здобуття Україною незалежності налічував близько одного мільйона працівників. На сьогодні, на жаль, цей кадровий потенціал значно скоротився і становить лише кілька тисяч фахівців. На рис. 1 наведено дані щодо скорочення кількості працівників на окремих підприємствах галузі в період з 1990 по 2020 р. Зараз або повністю припинили свою діяльність, або перебувають на різних стадіях ліквідації такі підприємства, як «Родон» в Івано-Франківську, «Гравітон» і «Кварц» у Чернівцях, «Гамма» в Запоріжжі, «Кристал», «Сатурн» і «Старт» у Києві, «Дніпро» в Херсоні, «Жовтень» у Вінниці та ін.

Що стосується стану технологічної бази електроніки в Україні, то вона характеризується, по-перше, відсутністю замкненого циклу виробництва мікроелектронних компонентів та кінцевої продукції на їх основі, а також відсутністю сучасної технологічної бази та єдиного технологічного циклу виготовлення приладних структур. По-друге, фактично не є затребуваними збережені фрагменти технологічних ліній і науково-технічні групи фахівців матеріалознавчого профілю в різних відомствах (наприклад, концерн «Наука», НВО «Карат»), а тому немає умов для підготовки молодих спеціалістів. Через кілька років узагалі нікому буде навчати молодь, оскільки всі

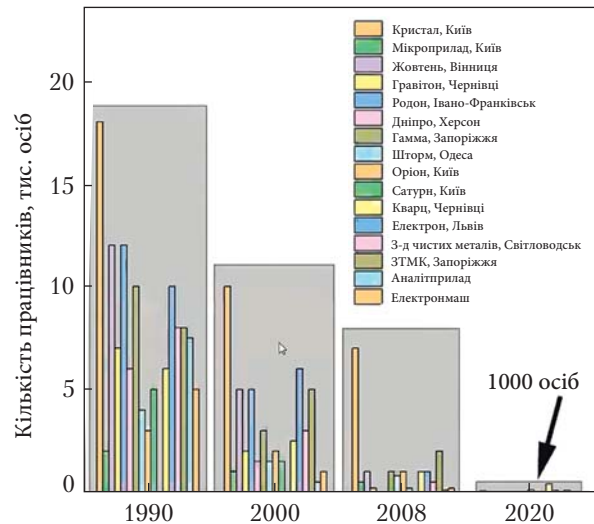
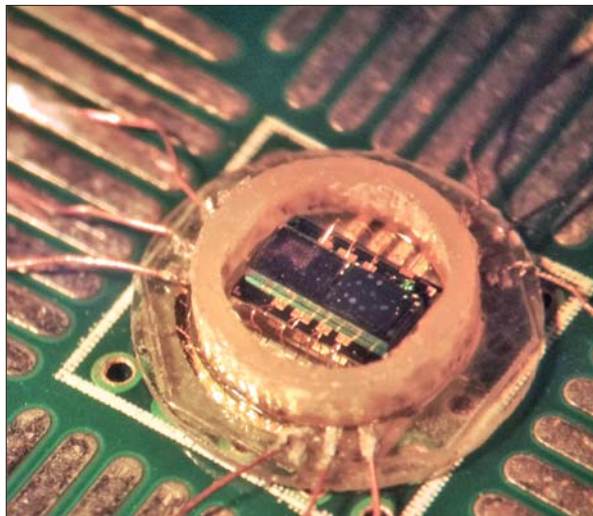


Рис. 1. Стан мікроелектронної галузі в Україні

українські фахівці в галузі мікроелектронних технологій, на жаль, уже старші за 60 років.

На сьогодні в Україні завдяки приватній ініціативі та напрацьованому технологічному доробку ще частково збереглися кілька підприємств мікроелектронного профілю, зокрема Державне підприємство «Державне Київське конструкторське бюро «Луч», Центральне конструкторське бюро «Ритм», Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал», Державне підприємство «Науково-дослідний інститут «Оріон», ТОВ «Радіонікс», Науково-виробничий комплекс «Фотоприлад». Однак ці підприємства мають безліч невирішених проблем, які з року в рік лише наростають. Це і питання кадрового забезпечення, і нестача комплектуючих подвійного призначення, але найголовніше — відсутність технологічних умов і належного наукового супроводу для реалізації поставлених перед ними завдань. Усе це неминуче і дуже скоро призведе до втрати Україною позицій у галузі мікроелектроніки, повної залежності держави від імпорту високотехнологічної продукції, зокрема в оборонній галузі, що неприпустимо.

Починаючи з 2015 р. в Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України за власні обігові кошти і кошти НАН України (в тому числі за цільовою науково-технічною



**Рис. 2.** Шестиелементний діодний модуль на випробувальній платі

програмою «Дослідження і розробки з проблем підвищення обороноздатності і безпеки держави») було виконано низку науково-дослідних робіт з розроблення технологій створення одно- та багатоелементних фотодіодів на основі монокристалів антимоніду індію (рис. 2). Такі фотодіоди є ключовою елементною базою для модернізації на підприємствах вітчизняного оборонно-промислового комплексу наявних зразків високоточних боєприпасів радянського виробництва, що перебувають на озброєнні Збройних Сил України. Попередні випробування одноелементних і шестиелементних фотодіодних модулів у ДП ЦКБ «Арсенал» показали перспективні результати.

На сьогодні в Інституті в ініціативному порядку виконуються наукові пошукові дослідження щодо можливості розроблення технології створення фотодіодів з більшою кількістю елементів (невеликих лінійок фотодіодів), зокрема 12-елементних фотодіодів з антимоніду індію для головок самонаведення високоточної зброї. Однак досягти успіху в таких дослідженнях можливо за умови створення експериментальної технологічної лінії з виготовлення лінійчастих фотодіодів, що потребує суттєвого оновлення технологічної лабораторної бази Інституту.

З іншого боку, аналіз світових тенденцій розвитку технологій інфрачервоних фотодетекторів та стану оснащення ними збройних сил провідних країн світу свідчить про тотальне озброєння військових підрозділів усіх видів і родів військ розвинених держав інфрачервоними оптоелектронними приладами на основі матричних фотодетекторів. Використання матричних фотодетекторів дозволяє істотно збільшити можливості ІЧ-приладів та пристроїв щодо виявлення, розпізнавання, ідентифікації цілей, підвищити точність цілеуказання, стійкість до завад і перешкод. Зокрема, заміна одно- та багатоелементних інфрачервоних фотодетекторів на матричні у головках самонаведення високоточної зброї кардинально збільшує ймовірність ураження цілі, особливо в разі застосування супротивником засобів оптико-електронної протидії та в складних умовах навколишнього середовища.

Сучасний досвід використання оптико-електронних приладів (систем) на основі матричних фотодетекторів, які працюють в ІЧ-діапазоні спектра, збройними силами провідних країн світу у війнах та збройних конфліктах різної інтенсивності дозволяє стверджувати, що наявність такого високотехнологічного озброєння в оснащенні військових підрозділів є однією з обов'язкових умов забезпечення переваги над супротивником під час ведення бойових дій.

Останнім часом до фахівців Інституту постійно звертаються представники провідних підприємств оборонно-промислового комплексу України, що спеціалізуються на розробленні та серійному виробництві інфрачервоних приладів, пристроїв та зразків озброєння і військової техніки, що містять такі вироби. Обмеження, які накладає на поширення оптоелектронних технологій подвійного використання національне законодавство розвинених країн, а також висока вартість виробів, створених на основі цих технологій, на сьогодні фактично унеможливають забезпечення потреб Збройних Сил України в інфрачервоній оптоелектронній продукції за рахунок імпорту.

Такі підприємства, як КП СПБ «Арсенал», ДП ДержККБ «Луч», ДАХК «Артем», НВК «Фотоприлад», гостро потребують необхідної для створення їх продукції елементної бази, насамперед інфрачервоних фотодетекторів різного формату. Керівництво цих підприємств неодноразово заявляло про підтримку науково-дослідних робіт Інституту зі створення інфрачервоних фотодетекторів, зокрема й на основі антимоніду індію.

Аналіз розвитку технологій військового призначення, зокрема у сфері ІЧ-оптоелектроніки, засвідчує, що в усіх провідних країнах дослідження і розробки в цій галузі фінансуються переважно державним коштом, а державним замовником є оборонні відомства цих країн. Щорічні витрати оборонних відомств розвинених країн на замовлення пошукових і прикладних науково-дослідних робіт зі створення нових ІЧ-технологій, передусім розроблення елементної бази ІЧ-приладів і пристроїв, становлять від десятків до сотень мільйонів доларів США.

Тепер коротко розглянемо проблеми, які стоять перед мікроелектронною галуззю в Україні.

Проблема імпортозаміщення особливо загострюється для критичних галузей вітчизняної економіки. Під час виконання оборонних проєктів у рамках цільової програми НАН України ми зіткнулися з труднощами технологічного супроводу при виготовленні комплектуючих для систем наведення ракет різних типів та систем керування високоточною зброєю. В основі цієї проблеми лежить один очевидний факт: на сьогодні напівпровідникова промисловість будь-якої однієї країни світу (навіть Сполучених Штатів Америки) не в змозі повністю забезпечити потреби свого радіоелектронного промислового комплексу. Проте необхідно чітко усвідомлювати, що в закуплених за кордоном мікросхемах (за умови, що їх продаж дозволено) може міститися як мінімум один з багатьох типів закладок (троянів), які виконують функцію бомби з годинниковим механізмом — у потрібний момент система може бути несанкціоновано відключена.

Інша болюча проблема пов'язана з фінансуванням. Державна підтримка електронної промисловості в Україні неефективна, оскільки обмежується лише виділенням коштів, спрямованих на поточне утримання підприємств галузі без будь-яких означених перспектив їх подальшого розвитку. При цьому приватні інвестори поки що не бачать передумов для вкладання більш-менш значущих капіталів у галузь, що добре ілюструють наведені в таблиці порівняльні дані щодо підтримки і розвитку мікроелектроніки у восьми країнах світу, зокрема й в Україні.

Отже, без участі держави розвиток мікро- і наноелектронних технологій неможливий. Тому ми вважаємо, що зараз необхідно терміново вжити принаймні таких заходів:

1) створити науково-навчальний технологічний центр спільного підпорядкування НАН України і МОН України;

2) залучити до його діяльності підприємства, які ще мають певне технологічне і кадрове забезпечення;

3) залучити приватний бізнес для розроблення і виготовлення конкретних видів продукції за інвестиційними угодами.

Якщо ми не зробимо цього зараз, надалі відродження галузі потребуватиме вже десятиліть і величезних фінансових вкладень, порядку десятків мільярдів доларів на рік, про що свідчить досвід таких країн, як Мексика, Бразилія та ін. Так, свого часу, на початку 2000-х років мексиканський уряд запровадив потужну державну і фінансову підтримку розвитку мікроелектроніки в країні, і тепер Мексика входить до шістки найбільших виробників електроніки у світі, експортна виручка від постачання електронних виробів у 2014 р. становила 150 млрд дол. США, мікроелектронна промисловість забезпечує 5,3% ВВП Мексики. Подібна ситуація склалася і в Бразилії — експорт електронних товарів у 2018 р. дав країні близько 40 млрд дол. США.

Що ж реально можна сьогодні зробити для поліпшення стану мікроелектронної галузі в Україні? Ми пропонуємо такі шляхи вирішення проблеми:

1) організувати на базі Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України державну ключову лабораторію з робочою назвою «Центр критичних оптоелектронних мікро/нанотехнологій та експертиз» (ДКЛ ОПЕТЕХ), основним напрямом діяльності якої має стати розроблення, виробництво (на світовому технічному рівні), комплексні випробування і постачання функціональних мікроелектронних, зокрема інфрачервоних, компонентів для потреб вітчизняної оборонної промисловості, а також на експорт в інші країни;

2) у рамках інвестиційного проекту Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України має провести реконструкцію приміщень, необхідних для створення технологічних ліній, укомплектувати їх відповідним обладнанням і вимірювальними приладами;

3) на базі НВП «Карат» (м. Львів) сформувати науково-технологічну дільницю матеріалознавства як філіал зазначеної ключової лабораторії з метою організації реального виробництва і постачання епітаксійних структур для виготовлення електронних компонентів на основі кремнію, антимоніду індію і тринітридів;

4) встановити орієнтовну чисельність науково-технічного персоналу державної ключової лабораторії на рівні 300–400 осіб і забезпечити її необхідне базове фінансування з державного бюджету;

5) розробити і затвердити Державну цільову науково-технічну програму робіт державної ключової лабораторії на 5–7 років з реальним бюджетним фінансуванням, спрямовану на забезпечення національної безпеки, а також істотне розширення експортного потенціалу України в галузі високих технологій;

6) створити умови для залучення коштів від спонсорів, меценатів та патріотів України.

Світова практика інвестиційної діяльності переконливо свідчить, що одним з найефективніших механізмів її підтримки є фінансування інноваційних та науково-технічних проектів. Цей механізм є особливо актуальним для країн та регіонів, які потребують розширення, модернізації та оновлення виробництва, зокрема в капітало- і наукомістких галузях економіки.

До запропонованої державної ключової лабораторії входять наукові установи, підприємства галузі та приватні інвестори. Завданням Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України буде ана-

### Порівняння критеріїв підтримки і розвитку мікроелектроніки у восьми країнах світу

Критерій	Країни							
	Малайзія	Ізраїль	США	Китай	Південна Корея	Німеччина	Росія	Україна
% ВВП	5,4	2,5	1,0	0,8	0,8	0,4	0,12	0,0
Зона вільної торгівлі	+	++	+	+	+++	+++	–	–
Регуляторне середовище	Протекціонізм	Протекціонізм	Тарифні і нетарифні бар'єри, імпортні квоти	Нетарифні бар'єри, импортні квоти	Відкриті до прямих іноземних інвестицій	Відкриті до прямих іноземних інвестицій	+	–
Державно-приватне партнерство	++	+	+++	+++	+++	++	+	–
Програми розвитку	+++	+++	+	+++	++	++	+	–
Технопарки	–	+	+++	++	–	++	+	–
Податкові пільги	++	+	+	++	++	–	+	–
Якість освіти	+	++	+++	++	++	+++	++	+



літика, реалізація та науковий супровід розробок, Головної астрономічної обсерваторії НАН України — розроблення оптичних систем, Інституту високих технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка та Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» — підготовка кадрів, Центрального конструкторського бюро «Ритм» та Державного підприємства «Науково-дослідний інститут «Оріон» — проведення науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, приватних інвесторів — забезпечення потрібної інфраструктури, захист інтелектуальної власності та організація відповідних рекламних кампаній.

Структура ключової лабораторії складатиметься з групи аналітичних методів дослідження матеріалів та структур; групи розроблення і конструювання електронних виробів; групи проектування і виготовлення фотошаблонів; технологічної групи; науково-навчального центру проектування мікроелектронних систем; групи маркетингу та захисту інтелектуальних прав. На першому етапі, за нашими оцінками, кількість постійного персоналу має бути близько 20 осіб.

На сьогодні у нас уже підготовлено технічну документацію на технологічний комплекс та проект інвестиційного договору. Технологічний комплекс має забезпечити виконання критичних операцій, таких як імплантація, фотолітографія, іонно-плазмова обробка поверхні, відпал, контактна металізація, корпусування тощо, для чого його потрібно обладнати чистими кімнатами для виготовлення мікроелектронної продукції. В Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України створено діагностичний підрозділ для аналітичного супроводу виробництва мікроелектронних пристроїв, є відповідне обладнання і висококваліфікований персонал, опрацьовано такі методи дослідження, як високороздільна рентгенівська дифракція, мас-спектрометрія вторинних іонів, рентгенівська фотоелектронна спектроскопія, профілометрія, оптична мікроскопія, спектрометрія,

еліпсометрія та ін. Наявна в Інституті технологічна база включає дільниці іонно-променевої імплантації, фотолітографії, хімічних обробок, нанесення контактів, швидкого термічного відпалу (RTA), вирощування діелектричних плівок, розділення платівки на кристали.

Зараз триває розроблення бізнес-плану зазначеної державної ключової лабораторії, формування її організаційної структури та організація підготовки спеціалістів-технологів у галузі мікро- і нанотехнологій.

Сфера діяльності пропонованої ключової лабораторії охоплюватиме розроблення наукових основ і технологій виробництва високоефективних оптоволоконних приймачів випромінювання, організацію їх виробництва, створення науково-виробничого комплексу для проектування, розроблення і виготовлення мікро- і наноелектронних пристроїв широкого спектру застосування (в тому числі і спецпризначення), виконання науково-дослідних робіт з впровадження критичних інноваційних технологій, проведення науково-технічної експертизи, підготовку висококваліфікованих фахівців у галузі мікро- і нанотехнологій і, що найголовніше, — створення технологій зі значною перспективою гарантування довготривалої переваги систем озброєння України.

Планується, що в результаті реалізації цього проекту побудований науково-виробничий комплекс стане центром відродження мікроелектронної галузі в Україні, а також осередком розвитку інноваційних високих технологій, зокрема таких як MEMS-системи, SMART-технології та ін. Завдяки впровадженню імпортозамісних технологій буде забезпечено насамперед потреби вітчизняного оборонно-промислового комплексу в ІЧ-приймачах, системах наведення і прицілювання, НВЧ-системах тощо. Створення належних умов праці для наукових співробітників і можливостей для швидкого втілення в життя їхніх розробок підвищить ефективність функціонування науково-дослідних лабораторій і центрів НАН України і МОН України. Очікується також створення нових робочих місць для висококваліфікованих фахівців завдяки передачі роз-

роблених у державній ключовій лабораторії технологій для подальшого їх впровадження на українських підприємствах та стартапах. Крім того, важливо, що в державній ключовій лабораторії функціонуватиме підрозділ науково-технічних експертиз.

У майбутньому ключова лабораторія може перетворитися на міждисциплінарний центр досліджень і розробок, який займатиметься створенням нових технологій (епітаксія, квантові технології), нових матеріалів (наприклад,

на основі графену), сенсорних систем (біомедицина, фотовольтаїка), електронних компонентів (транзистори, пам'ять), нанофотонікою (ІЧ-техніка, теплобачення), наноелектронікою і поєднуватиме отримання фундаментальних знань, створення нових нанотехнологій, розроблення прототипів приладів та підготовку кадрів.

Дякую за увагу!

*За матеріалами засідання  
підготувала О.О. Мележик*

*Vasyl P. Kladko*

V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics  
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORGID: <https://orcid.org/0000-0002-1531-4219>

#### ON THE ESTABLISHMENT OF A STATE KEY LABORATORY FOR THE MICROELECTRONICS DEVELOPMENT IN UKRAINE

Transcript of the report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, November 24, 2021

The report states that one of the priority areas of research at the V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics of the NAS of Ukraine is a fundamental and applied research aimed to create a new generation of the functional semiconductor materials and structures. The report focuses attention on the importance of developing the microelectronic industry that is strategically important in the modern world and determines the level of scientific and technological progress of the country. The state of the microelectronic industry is analyzed, and in order to revive the microelectronic industry in Ukraine and to meet the needs of the national defense industry, it is proposed to create a state key laboratory on the basis of the Institute.

**Keywords:** microelectronic industry, multi element photodiodes, Indium antimonide, epitaxial structures, infrared photodetectors, state key laboratory.