



МЕЛЬНИК

Віктор Павлович – доктор фізико-математичних наук, виконувач обов'язків директора Інституту фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України

ЩОДО ВІДНОВЛЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ: ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Стенограма доповіді на засіданні
Президії НАН України 6 вересня 2023 року

Доповідь присвячено обговоренню діяльності та ініціатив Інституту фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України, спрямованих на створення науково-технологічного і навчального комплексу з метою відновлення в Україні галузі напівпровідникової мікроелектроніки, забезпечення умов для налагодження виробництва критично важливих мікроелектронних виробів для промислових підприємств України та підготовки фахівців за цим напрямом.

Шановний пане президенте!

Шановні члени Президії!

На початку свого виступу хотів би нагадати, що питання про відновлення напівпровідникової галузі в Україні виноситься на засідання Президії НАН України вже вдруге. Приблизно півтора року тому, на жаль, уже покійний член-кореспондент НАН України Василь Петрович Кладько презентував ініціативу щодо створення державної ключової лабораторії «Центр критичних оптоелектронних мікро-/нанотехнологій та експертиз», яку можна вважати першим кроком на шляху до відновлення галузі напівпровідникової мікроелектроніки. Тому свою доповідь я присвячую світлій пам'яті Василя Петровича, який докладав багато зусиль до вирішення цієї проблеми, але навесні минулого року його життя трагічно обірвалося від кулі російського окупанта. Спробую коротко прозвітувати, що нам вдалося здійснити за цей час і що з різних причин не вдалося.

Передусім хотів би зауважити, що хоча в назві доповіді йдеться про відновлення саме напівпровідникової галузі, більшою мірою я приділятиму увагу головній її складовій частині – мікроелектроніці.

Загалом Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України та інші розробники мікроелектронних

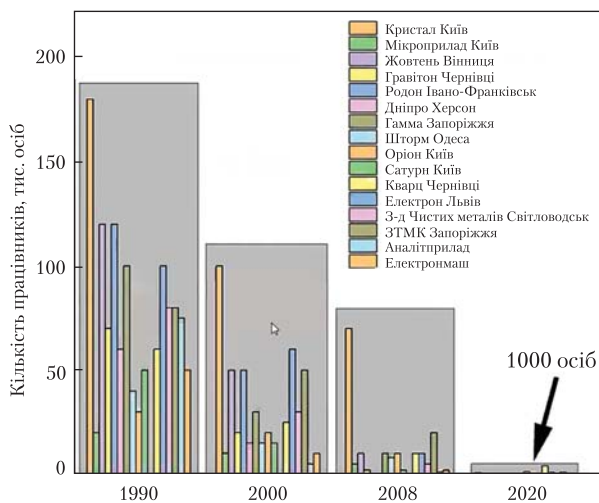


Рис. 1. Динаміка чисельності працівників підприємств мікроелектронного профілю

пристроїв стикаються з однією й тією самою системною проблемою — неможливістю реалізувати свої наукові розробки через вкрай незадовільний стан вітчизняних підприємств мікроелектронної галузі. Так, у рамках виконання проектів цільової науково-технічної програми оборонних досліджень НАН України на 2020–2024 рр. (керівник — професор Борис Романюк) було розроблено фотодіоди спеціального призначення. Однак при цьому ми потрапили в парадоксальну ситуацію — є потреба, є замовник, є гроші, є розробки, а промислової бази для серійного виготовлення виробів немає.

Тому державну ключову лабораторію «Центр критичних оптоелектронних мікро-/нанотехнологій та експертиз» і розглядали як перший крок до вирішення цієї проблеми. Лабораторія за задумом мала поєднати зусилля науковців академічних інститутів та університетів, виробників мікроелектронного обладнання, залучити інвесторів для того, щоб нарешті створити хоча б один центр в Україні, здатний реалізовувати науково-технічні розробки в напівпровідниковій галузі.

Чому я зосереджую увагу саме на мікроелектронній галузі? Тому що вона є рушійною силою поступу економік розвинених країн світу, оскільки для виробництва мікроелек-

тронної техніки необхідна чи не найбільша концентрація застосувань високих технологій, а це, в свою чергу, визначає прогрес і в інших стратегічних галузях. Так, за визначенням, наведеним у Вікіпедії, мікроелектроніка — це галузь сучасної промисловості, яка охоплює, зокрема, виробництво кремнієвих кристалів, інтегральних мікросхем і є підґрунтям не лише всієї сучасної індустрії інформаційних і комп’ютерних технологій, а й багатьох суміжних галузей, таких як побутова електроніка, індустрія розваг (включно з музикою та відеопродукцією), медицина, військова техніка, автомобільна промисловість тощо.

Організація економічного співробітництва та розвитку (ОЕСД), визначаючи, які галузі економіки належать до високотехнологічних, враховує насамперед три критерії — частку витрат на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи у загальних витратах підприємств, частку високотехнологічних компонентів у складі виробів і частку персоналу підприємства, задіяного в науково-дослідних та дослідно-конструкторських роботах. За даними ОЕСД, до високих технологій належать такі галузі: мікроелектроніка, інформаційні технології, обчислювальна техніка, програмування, робототехніка, нанотехнології, атомна енергетика, аерокосмічна техніка, біотехнології, фармацевтика, генна інженерія, штучний інтелект. І мікроелектроніка тут посідає чільне місце.

Високі технології можна порівняти з айсбергом. Помітне всім виробництво готової продукції є лише його верхівкою, а більша частина перебуває під водою. Це практично всі перелічені вище галузі, які забезпечують «екосистему» для існування будь-якої високої технології, а також наука, яка є генератором ідей для неї. Однак на прикладі айсберга ми добре знаємо: якщо з цієї підводної основи вимивається основний компонент, він втрачає стабільність і невдовзі зникає.

Яким же є на сьогодні стан мікроелектронної галузі в Україні? На рис. 1 наведено дані щодо зміни чисельності працівників підприємств цього профілю за останні 30 років. Як



Рис. 2. Сучасний стан галузі виробництва мікроелектронних компонентів в Україні

бачимо, кількість фахівців, задіяних у виробництві мікроелектронних пристроїв, за цей період скоротилася з 200 тис. до менш ніж 1 тис. осіб у 2020 р. Пізніших даних, на жаль, немає, але очевидно, що ситуація останнім часом лише погіршилася.

Для розвитку мікроелектроніки, як і будь-якої іншої галузі високих технологій, потрібна наявність трьох основних складових (рис. 2):

1) *ринок та інвестиції* — для України зовнішніх ринків та інвестицій немає, як немає і перспектив появи їх найближчим часом; внутрішній ринок має потребу в критичних компонентах для військових і цивільних застосувань, оскільки критичні — це ті компоненти, які Україна не може імпортувати через різні обмеження й заборони (а таких обмежень, до речі, багато);

2) *матеріально-технічна база і технології* — ті нечисленні підприємства, які ще залишилися в Україні, на жаль, не здатні реалізувати повний цикл кристалного виробництва і не підлягають модернізації, а отже, розроблені технології не мають перспектив для впровадження;

3) *кваліфікований науково-технічний персонал та менеджмент* — на сьогодні це лише кілька десятків фахівців віком близько 70 років, але їх ще можливо задіяти на виробництві і для підготовки молодих спеціалістів; кваліфікованого менеджменту в цій галузі немає.

Зараз в Україні частково працюють лише кілька підприємств мікроелектронного профілю, які збереглися завдяки приватній ініціативі та напрацьованому в попередні роки технологічному доробку, і виробляють вони дуже обмежений перелік продукції. Це ДП «Державне київське конструкторське бюро «Луч», Центральне конструкторське бюро «Ритм», Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал», ДП «Науково-дослідний інститут «Оріон», ТОВ «Радіонікс», Науково-виробничий комплекс «Фотоприлад».

Зазначені підприємства мають широкий спектр невирішених проблем, які з часом лише нарастають і пов'язані переважно з відсутністю комплектувальних частин подвійного призначення, а головне — технологічних умов і наукового супроводу для реалізації поставлених завдань. Крім того, відсутність сучасної технологічної бази істотно обмежує можливості якісної підготовки фахівців, що загострює проблему забезпечення кваліфікованими кадрами відповідного профілю наукової та виробничої сфер галузі.

Ці фактори спричинили втрату Україною своєї раніше стійкої позиції в галузі мікроелектроніки, що призвело до повної залежності виробництва високотехнологічної продукції, зокрема й в оборонній сфері, від імпорту мікроелектронних компонентів.

Отже, якщо Україна хоче мати свою мікроелектронну галузь, потрібно терміново ор-

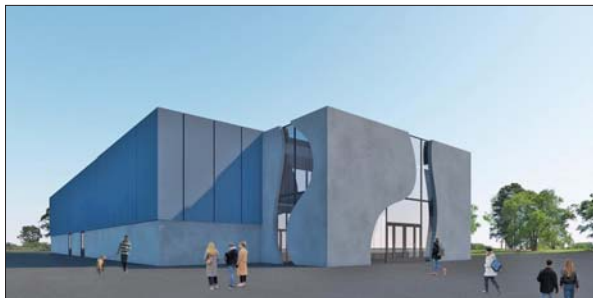


Рис. 3. Науково-технологічний навчальний напівпровідниковий комплекс (проект)

ганізувати хоча б одне підприємство, здатне реалізувати повний цикл кристалного виробництва, що дозволить наповнити внутрішній ринок критичними компонентами і підготувати нову генерацію фахівців для подальшого розвитку.

Світова практика засвідчує, що виробництво будь-якого мікроелектронного пристрою — від простого транзистора до найсучаснішого процесора — ґрунтується на приблизно 15 базових технологічних процесах (іонне травлення, епітаксія, хімічна, термічна, механічна обробка, осадження діелектричних покриттів, фотолітографія, металізація та ін.), які мають відбуватися в одному циклі й в одному місці, в умовах так званих «чистих кімнат».

На сьогодні маємо ситуацію, за якої замкнений цикл відсутній: частина процесів здійснюється в Інституті фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України, а решта — на інших підприємствах. При цьому термін від початку виробництва до отримання готової

продукції становить 3–6 місяців, оскільки ми змушені час від часу зупиняти технологічний процес, щоб передавати вироби на інше підприємство, а потім чекати на їх повернення. За такої схеми галузь априорі не може бути не те що рентабельною, а й навіть дієздатною, вартість і час виготовлення виробів зростають на порядок.

Для вирішення цієї проблеми необхідно створити в Україні замкнений цикл виробництва електронних компонентів та кінцевої продукції на їхній основі, що, серед іншого, потребує належної координації наукових досліджень між галузевими підприємствами та науковими установами НАН України.

За ініціативою Інституту фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України та за активної підтримки Президії НАН України було реалізовано низку заходів, спрямованих на створення технологічної бази і відновлення виробництва критичних мікроелектронних компонентів. Насамперед ми надіслали звернення до Міністерства з питань стратегічних галузей промисловості України щодо розвитку напівпровідникової галузі виробництва. В результаті було створено відповідну робочу групу і проведено її засідання під головуванням першого віцепрезидента НАН України академіка НАН України В.П. Горбуліна та першого заступника міністра з питань стратегічних галузей промисловості О.В. Можного, на якому запропонували та узгодили першочергові кроки. Робоча група також виробила пропозиції щодо внесення змін до Державної цільової програми реформування та розвитку оборонно-промислового комплексу, які передбачали додання до програми окремого розділу, що стосується питань підготовки виробництва напівпровідникових матеріалів та виробів. Уже розроблено техніко-економічне обґрунтування закупівлі спеціального устаткування для організації лінії з виробництва фотоприймачів спеціального призначення. Крім того, зібрано інформацію від потенційних споживачів продукції щодо їхніх потреб у мікроелектронних компонентах, на основі якої визначено перелік цільових продуктів.

Як перший крок для досягнення мети запропоновано заснувати універсальний науково-технологічний і навчальний напівпровідниковий комплекс при Інституті фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України, який може стати напівпровідниковою фабрикою для малого та середнього виробництва критичних компонентів і, головне, базою для навчання кваліфікованого персоналу, оскільки, як я вже наголошував, через кілька років в Україні може скластися така ситуація, що навчати буде вже нікому. Є також домовленості щодо залучення фахівців інших підприємств мікроелектронного профілю. Розроблено ескізний проєкт будівлі, в якій має розміщуватися центр, з плануванням внутрішніх приміщень, яке задовольняє всі вимоги до такого типу виробництва, зокрема щодо облаштування чистих кімнат, спорудження необхідних комунікацій (рис. 3). З допомогою української діаспори проведено попередні перемовини з виробниками спеціалізованого технологічного обладнання, визначено часові та цінові параметри постачання.

За нашими підрахунками, мінімальна вартість будівництва такого комплексу «під ключ» має становити приблизно 12–15 млн дол. США, а річні витрати на його утримання (матеріали, технічне обслуговування, персонал тощо) оцінено в суму близько 1 млн дол. США. При цьому річний обсяг випуску готової продукції для задоволення потреб вітчизняних споживачів у критично важливих мікроелектронних виробках можна оцінити на рівні близько 50–100 млн дол. США. За складеним орієнтовним графіком реалізації проєкту перший випуск готової продукції може відбутися вже через 12 місяців після початку його фінансування, виготовлення серійних партій — через 18 місяців. Необхідний штат постійного персоналу оцінюється в 20–25 осіб, ще приблизно 20–30 стажерів можуть бути задіяні у виробничому процесі, і через рік вони стануть підготовленими фахівцями для майбутнього розвитку галузі.

Реалізація цього проєкту дозволить державі зменшити внутрішню залежність від критичних напівпровідникових компонентів для військових і цивільних застосувань, дати поштовх розвитку місцевої економіки, створити додаткові робочі місця і закласти основу для розширення виробництва та номенклатури напівпровідникової продукції в інших регіонах під час повоєнної відбудови України.

Зрозуміло, що відродження напівпровідникової галузі — це загальнодержавна проблема, вирішення якої не під силу одній лише НАН України, але роль Академії полягає в прогнозуванні загальних тенденцій науково-технологічного розвитку, економічних і соціальних перспектив, забезпеченні наукового та аналітичного супроводу галузі, розробленні нових принципів і конструкцій функціональних систем, створенні нових матеріалів, а також у допомозі в підготовці кваліфікованих кадрів.

Насамкінець хотів би зазначити, що, спілкуючись з представниками різних рівнів центральної влади, ми бачимо їх розуміння необхідності реалізації цього проєкту, але водночас спостерігаємо й недовіру та невпевненість у тому, що його вдасться втілити в життя. Показовою відповіддю на ці сумніви є приклад В'єтнаму. За даними Всесвітнього банку, ця країна в 2021 р. посідала 9-те місце серед найпотужніших світових виробників-експортерів високотехнологічної продукції, лівову частку якої становлять саме напівпровідникові вироби. Це стало можливим завдяки цілеспрямованій довгостроковій державній політиці цієї країни. Щоправда, В'єтнаму для досягнення цієї мети знадобилося 30 років, оскільки на початку в них не було ані виробничої бази, ані відповідних фахівців. Україна, поки що маючи одне й друге, має шанс пройти цей шлях набагато швидше, але час для реалізації цього шансу невпинно спливає.

Дякую за увагу!

За матеріалами засідання підготувала О.О. Мележик

Viktor P. Melnik

V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8670-7415>

ON THE RECOVERY OF THE SEMICONDUCTOR INDUSTRY IN UKRAINE:
PROBLEMS AND WAYS TO SOLVE THEM

Transcript of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, September 6, 2023

The report is dedicated to discussing the activities and initiatives of the V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics of the NAS of Ukraine, aimed at creating a scientific-technological and educational complex in order to restore the semiconductor microelectronics industry in Ukraine, provide conditions for the organization of critical microelectronic products manufacturing for industrial enterprises of Ukraine and training specialists in this field.

Cite this article: Melnik V.P. On the recovery of the semiconductor industry in Ukraine: problems and ways to solve them. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2023. (11): 81–86. <https://doi.org/10.15407/visn2023.11.081>