

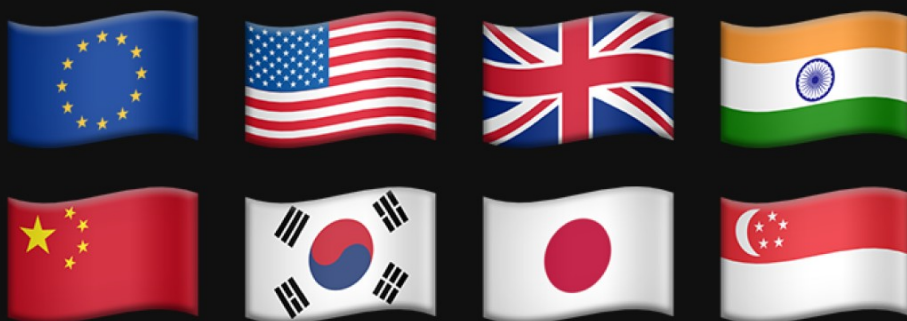


СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ НАПІВПРОВІДНИКОВОЇ ІНДУСТРІЇ

Звіт з порівняльного аналізу

Дата: 2 вересня 2024 року

Підготовлено: експертна група при Міністерстві цифрової трансформації



© Київ, 2023-2024

1. ВСТУП	4
2. СТРАТЕГІЧНИЙ ОГЛЯД	4
✦ 2.1. Роль і значення країн у світовій індустрії виробництва мікросхем	5
✦ 2.2. Цілі стратегій кожної країни	9
✦ 2.3. Стратегічні вектори	11
✦ 2.4. Ключові висновки	11
✦ Сучасні тенденції	11
✦ Основні гравці	12
✦ Вплив геополітики	13
3. ІНСТРУМЕНТИ ФІНАНСОВОЇ ПІДТРИМКИ	13
4. МАТРИЦЯ ПОРІВНЯННЯ КРАЇН	14
5. РОЗМІР РИНКУ, ЗРОСТАННЯ ТА ПОРІВНЯННЯ ЧАСТКИ (2024-2032)	15
✦ 5.1. Розмір світового ринку напівпровідників на 2023, 2024 роки та довгостроковий прогноз	15
✦ 5.2. 14 найкращих напівпровідникових проектів	17
✦ 5.3. Дані ринку	19
6. ШЛЯХ ДЛЯ УКРАЇНИ	24
✦ 6.1. Сценарій вибору технології виробництва напівпровідників для України	24
✦ 6.2. Потенційні партнери-виробники	27
✦ 6.3. Правові висновки	28
✦ 6.4. Правові рекомендації щодо підготовки Chips Act UA	33
7. ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ГАЛУЗІ НАПІВПРОВІДНИКІВ	33
✦ 7.1. Європейський Союз	33
✦ 7.2. США	35
✦ 7.3. Велика Британія	36
✦ 7.4. Китай	36
✦ 7.5. Південна Корея	37
✦ 7.6. Японія	38
✦ 7.7. Індія	38
✦ 7.8. Сингапур	39
✦ 7.9. Загальні висновки	40
8. РОБОЧІ МАТЕРІАЛИ	41
✦ 8.1. Порівняльний аналіз	41
✦ Економічний та змістовий аналіз	41
✦ Технічний аналіз	41
✦ Юридичний аналіз	41
✦ 8.2. Діаграми дослідження	41
✦ 8.3. Список літератури	42

Відмова від відповідальності

Інформація та аналіз, представлені в цьому звіті, є результатом огляду з використанням «Моделі аналізу закону про мікросхеми», розробленої спеціально для оцінки юридичних документів напівпровідникової промисловості в багатьох юрисдикціях, включно із США, Великою Британією, ЄС, Індією, Сингапуром, Китаєм, Японією і Південною Кореєю.

    **«Модель аналізу Chips Act»**

Висновки, інтерпретації та висновки, викладені в цьому звіті, ґрунтуються на загальнодоступних даних і документах, а також на перерахованих методологіях. Хоча було докладено всіх зусиль для забезпечення точності та надійності наданої інформації, варто зазначити, що законодавче та нормативне середовище може змінюватися, а використовувані дані можуть з часом застаріти або стати неточними.

Цей звіт призначений лише для інформаційних та аналітичних цілей і не є юридичною, фінансовою чи інвестиційною порадою. Звіт не повинен використовуватися як єдина основа для будь-яких процесів ухвалення рішень. Читачам радимо проконсультуватися з юридичними та галузевими експертами для отримання конкретних порад, адаптованих до їхніх особистих обставин.

Ні автори, ні учасники, ні будь-які афілійовані організації не несуть жодної відповідальності за будь-які помилки чи упущення в змісті цього звіту або за будь-які дії, вжиті на основі наданої інформації.

Використовуючи цей звіт, ви підтверджуєте, що прочитали та зрозуміли цю відмову від відповідальності та погоджуєтесь з викладеними тут умовами.

1. Вступ

Загалом усі країни прагнуть установити світове лідерство в напівпровідникових технологіях шляхом інвестування в науково-дослідні розробки, посилення стійкості ланцюга постачання та сприяння інноваціям.

Вони зосереджуються на розвитку передової виробничої інфраструктури, сприянні стійким практикам і забезпеченні розвитку талантів через спеціалізовану освіту та глобальне залучення талантів.

Стратегії наголошують на співпраці між урядом, промисловістю та академічними колами з механізмами фінансової підтримки й державно-приватними партнерствами, що сприяють зростанню. Правова база та пом'якшення геополітичних ризиків є невід'ємною частиною, що забезпечує безпечні, диверсифіковані ланцюги поставок і довгострокову конкурентоспроможність.

Законодавство України про напівпровідники розробляється на основі висновків із цих стратегій.

2. Стратегічний огляд

У цьому документі представлені результати експертної групи з порівняльного аналізу законодавчих актів і стратегій розвитку напівпровідникової промисловості провідних країн у цій галузі.

Аналіз проведено в трьох напрямках:

1. **Юридичний** — правова архітектура та інструменти реалізації цієї стратегії.
2. **Технічний** — які технології визначені як цільові та стратегія досягнення потрібних показників.
3. **Економічний** — фінансові інструменти розвитку галузі.

Експертна група проаналізувала 8 документів:

1. **Європейський Союз:** [European Chips Act](#).
2. **США:** [CHIPS and Science Act](#).
3. **Велика Британія:** [UK Semiconductor Strategy](#).
4. **Індія:** [Modified Programme for Semiconductors and Display Fab Ecosystem](#).
5. **Китай:** [Made in China 2025](#) (розділ про напівпровідники), [National Integrated Circuit Industry Development Guidelines](#).
6. **Південна Корея:** [K-Semiconductor Strategy](#).
7. **Японія:** [Strategy for Semiconductors and the Digital Industry](#).
8. **Сингапур:** [Research Innovation and Enterprise 2025 Plan](#) (без юридичного аналізу).

Документи були дібрані за принципом впливу цих країн на процеси в галузі та їх корисності для підготовки Ukrainian Chip Act. З огляду на це, такі важливі гравці галузі, як Тайвань, Ізраїль і Малайзія, аналізували фрагментарно. На основі цих документів сформовано 21 аналітичний документ за трьома типами аналізу, доступ до яких доступний у розділі посилань цього звіту.

У цьому документі ми представляємо ключові висновки, які дають змогу зрозуміти фокус стратегій для кожної з проаналізованих країн і те, які практики Україна може застосувати для себе.

2.1. Роль і значення країн у світовій індустрії виробництва мікросхем

Індустрія виробництва чипів є складною та багаторівневою структурою. На сьогоднішній день жоден континент не має достатніх ресурсів і технологій для локалізації всього ланцюга виробництва. Водночас різні країни мають свої переваги. Це досить повно відображено у звіті Semiconductor Industry Association (США) «[Зародження стійкості у ланцюгу постачання напівпровідників](#)» від травня 2024 року:

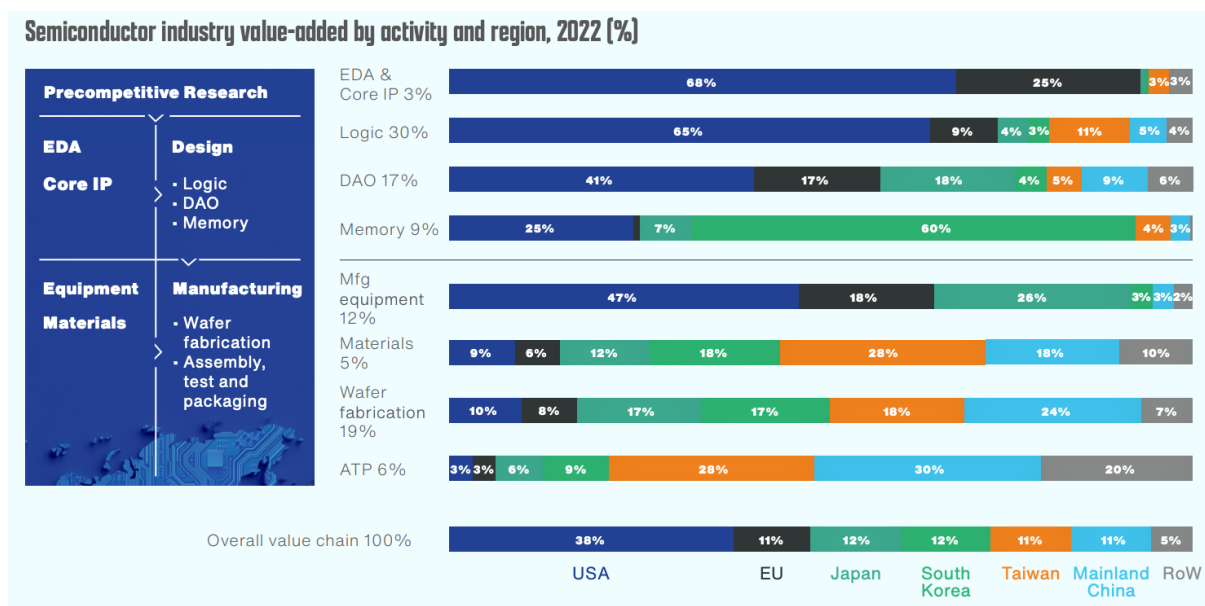


Рисунок 1: Сектори напівпровідникової промисловості з доданою вартістю

Для більш повної картини додамо ще два графіки з іншого звіту SIA «[2024 Factbook](#)»:

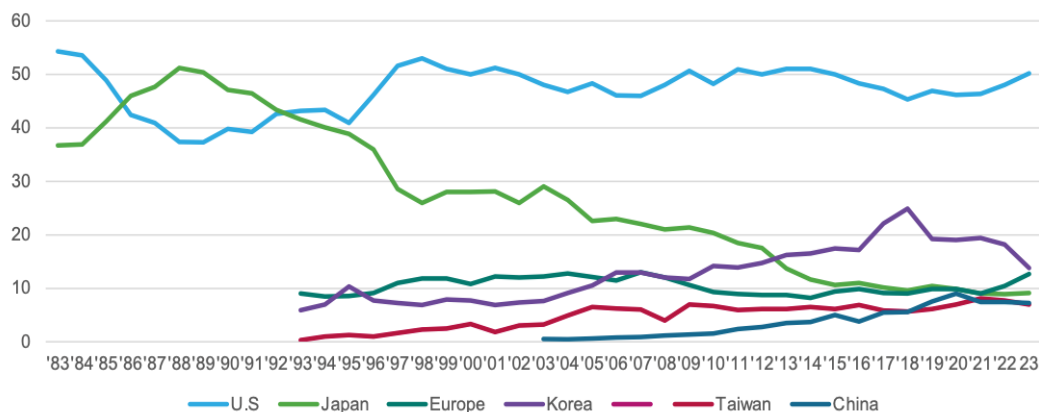


Рисунок 2: Історична динаміка напівпровідникової промисловості

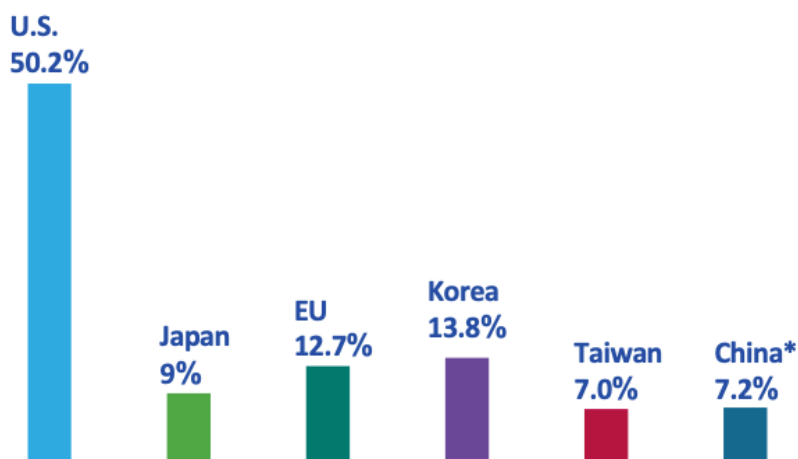


Рисунок 3: Частка секторів ринку з доданою вартістю (2023 р.)

1. США є ключовим гравцем у галузі. Країна має найбільше представництво в [ТОП-20 компаній](#) у галузі за виручкою (10 компаній). Ключовою сильною стороною США є домінування в дизайні чипів і розробці напівпровідникових технологій. Американські компанії Intel, NVIDIA, AMD, Qualcomm і Apple є світовими лідерами в розробці високопродуктивних процесорів, графічних чипів, систем на чипі та спеціалізованих чипів для штучного інтелекту. США також мають сильні позиції у виробництві критичного обладнання для виробництва напівпровідників. Такі компанії, як Applied Materials, Lam Research і KLA Corporation, контролюють значну частку світового ринку обладнання для виробництва мікросхем, що дає країні величезний вплив на глобальні ланцюги поставок.

У виробництві чипів США є важливим гравцем завдяки таким компаніям, як Intel та GlobalFoundries, хоча й відстає від Тайваню та Південної Кореї в найсучасніших технологічних процесах.

США мають неперевершену інфраструктуру для досліджень та розробок, з провідними університетами й дослідницькими центрами, які постійно розсуювають межі напівпровідникових технологій.

Головна вразливість США в напівпровідниковій галузі — це залежність від іноземних виробничих потужностей, особливо у сфері найсучасніших технологічних процесів. Більшість високопродуктивних чипів, розроблених американськими компаніями, виробляють на Тайвані та в Південній Кореї.

2. Європейський Союз посідає важливу, але неоднозначну позицію в глобальній напівпровідниковій екосистемі. ЄС має сильні позиції в кількох ключових сегментах галузі, особливо в дослідженнях і розробках, виробництві спеціалізованих чипів та обладнання для напівпровідникової індустрії. Ключова сила ЄС — це розвинена інфраструктура досліджень і розробок.

Європейські компанії, як-от ASML у Нідерландах, займають провідні позиції у виробництві критично важливого обладнання для виготовлення напівпровідників, зокрема фотолітографічних систем для передових технологічних процесів. Це надає ЄС значний вплив на розвиток глобальної індустрії. У виробництві чипів виокремлюють такі компанії, як NXP Semiconductors, STMicroelectronics та Infineon Technologies, що спеціалізуються на автомобільній електроніці, системах промислового контролю та чипах для інтернету речей.

ЄС також сильний у розробці та виробництві силової електроніки, сенсорів і мікроконтролерів. Регіон має розвинену екосистему для досліджень та інновацій у сфері нових напівпровідникових матеріалів і квантових обчислень.

Головна вразливість ЄС у напівпровідниковій галузі — обмежені виробничі потужності в передових технологічних процесах (5-нм і менше). Це створює залежність від азійських виробників у критичних сегментах ринку, як-от високопродуктивні процесори та чипи пам'яті.

3. Південна Корея має ключову перевагу в домінуванні на ринку виробництва чипів пам'яті. Samsung Electronics та SK Hynix, два найбільші корейські виробники напівпровідників, контролюють понад 70% світового ринку DRAM та мають сильні позиції на ринку флешпам'яті NAND.

У сфері логічних чипів Samsung також посідає одну з провідних позицій, конкуруючи з TSMC та Intel у розробці та виробництві чипів за найсучаснішими технологічними нормами (3-нм і менше). Це дає змогу Південній Кореї відігравати ключову роль у виробництві високопродуктивних процесорів та систем-на-чипі для смартфонів, серверів та інших передових електронних пристроїв.

Країна активно інвестує в розвиток нових технологій, включно з чипами для штучного інтелекту, зв'язку 5G/6G та автомобільної електроніки.

Головна вразливість Південної Кореї в напівпровідниковій галузі — висока залежність від імпорту ключового обладнання та матеріалів для виробництва чипів, особливо з Японії та США. Геополітична напруженість і торговельні конфлікти можуть становити ризики для стабільності ланцюгів постачання.

4. Японія, колись домінантна у світовій напівпровідниковій промисловості, сьогодні відіграє менш значну, але спеціалізовану роль у цьому секторі.

Ключова перевага Японії — лідерство у виробництві високотехнологічних матеріалів та спеціалізованого обладнання, критично важливого для виробництва напівпровідників. Японські компанії, як-от Tokyo Electron, SCREEN Holdings та Advantest, посідають провідні позиції у виробництві обладнання для осадження та травлення напівпровідникових плівок, а також тестування чипів. Понад 50% світового ринку кремнієвих пластин, що використовують у виробництві мікросхем, контролюють японські виробники, зокрема Shin-Etsu Chemical та SUMCO.

Японія також сильна в розробці та виробництві спеціалізованих напівпровідників для автомобільної промисловості, промислової електроніки й сенсорних технологій. Такі компанії, як Renesas Electronics, Sony та Toshiba, продовжують відігравати важливу роль у своїх нішах.

Японія залишається одним із лідерів, особливо в галузі нових напівпровідникових матеріалів, квантових обчислень та технологій для енергоефективних мікросхем.

Головна вразливість Японії в напівпровідниковій промисловості — втрата лідирувальних позицій у масовому виробництві передових логічних мікросхем та схем пам'яті. Країна значно відстала від конкурентів у сфері найсучасніших технологічних процесів.

5. Китай має найбільший у світі ринок споживання напівпровідників та амбітну державну програму розвитку власної чипової індустрії.

Ключова сила Китаю — масштаб виробничих потужностей та величезні інвестиції в розвиток галузі. Китайські компанії, як-от SMIC (Semiconductor Manufacturing International Corporation), активно розвивають виробництво чипів, поступово скорочуючи технологічний розрив зі світовими лідерами. Країна також досягла значного прогресу в проєктуванні чипів, з такими компаніями як HiSilicon (дочірня компанія Huawei) та Unisoc, що розробляють конкурентоспроможні процесори та системи-на-чипі.

Китай має сильні позиції у виробництві чипів для споживчої електроніки, телекомунікаційного обладнання та сектору Інтернету речей. Країна також активно розвиває компетенції в галузі штучного інтелекту та спеціалізованих чипів для хмарних обчислень.

Головна вразливість Китаю в напівпровідниковій промисловості — залежність від іноземних технологій та обладнання для виробництва передових чипів. Санкції та експортні обмеження, накладені США і їхніми союзниками, значно ускладнюють Китаю доступ до найсучасніших технологій виробництва напівпровідників.

Незважаючи на значний прогрес, Китай все ще відстає від світових лідерів у найсучасніших технологічних процесах (5-нм і менше).

Однак завдяки масштабним державним і приватним інвестиціям, величезному внутрішньому ринку та дедалі більшому пулу талантів, Китай має потенціал значно посилити свої позиції в глобальній напівпровідниковій індустрії в середньостроковій перспективі.

6. Індія є новим гравцем у цій галузі, але з великим потенціалом. Ключова сила країни — величезний пул висококваліфікованих інженерів та ІТ-спеціалістів. Багато провідних світових компаній, як-от Intel, Qualcomm та AMD, мають великі центри розробки в Індії, де місцеві спеціалісти беруть участь у проєктуванні складних інтегральних схем та систем-на-чипі. Успіхи Індії особливо помітні у сфері розробки інструментів електронного проєктування автоматизації (EDA). Країна також активно розвиває компетенції в проєктуванні мікропроцесорів та спеціалізованих чипів для штучного інтелекту, що потенційно може посилити її вплив на глобальні технологічні тренди.

Головна вразливість Індії в напівпровідниковій промисловості — майже повна відсутність сучасних виробничих потужностей. Незважаючи на амбітні плани уряду щодо розвитку місцевого виробництва чипів, країна все ще сильно залежить від імпорту готових напівпровідникових компонентів.

Однак завдяки величезному внутрішньому ринку електроніки та урядовим ініціативам з локалізації виробництва, Індія має потенціал стати одним із ключових центрів напівпровідникової промисловості в майбутньому. Країна активно працює над створенням сприятливих умов для залучення інвестицій у сектор та розвитком необхідної інфраструктури, що може значно посилити її позиції в глобальній напівпровідниковій екосистемі в середньостроковій перспективі.

7. Велика Британія посідає унікальну нішу в глобальній напівпровідниковій екосистемі, зосереджуючись на інноваціях у проєктуванні чипів та розробці спеціалізованих технологій. Ключова сила країни — її експертиза в розробці інтелектуальної власності (IP) для

напівпровідників та проектуванні складних систем-на-чипі (SoC). Компанія ARM, базована в Кембриджі, є світовим лідером у розробці архітектур процесорів для мобільних пристроїв та вбудованих систем, ліцензуючи свої технології виробникам по всьому світу. Це надає Великій Британії значний вплив на розвиток глобальної галузі, незважаючи на обмежену присутність у виробництві. Країна також має сильні позиції в розробці напівпровідників для спеціалізованих застосувань, як-от автомобільна електроніка, аерокосмічна галузь та системи безпеки.

Головна вразливість Великої Британії в цій галузі — обмежені виробничі потужності, особливо в передових технологічних процесах. Країна значно залежить від іноземних виробників для виготовлення чипів британського дизайну.

8. Сингапур посідає важливу позицію в глобальній напівпровідниковій екосистемі, спеціалізуючись на виробництві та дослідженнях передових технологій. Ключова сила країни — це розвинена інфраструктура для виробництва напівпровідників та сприятливе бізнес-середовище, що приваблює провідні світові компанії. Стратегічне розташування Сингапуру як глобально-азійського вузла підтримує міжнародну співпрацю, тоді як ініціативи зі сталого виробництва та цифрової трансформації позиціонують його як лідера на ринках, що розвиваються. Такі компанії, як GlobalFoundries, Micron Technology та United Microelectronics Corporation (UMC), мають значні виробничі потужності в Сингапурі, що робить країну важливим центром виготовлення як передових, так і зрілих технологічних процесів.

Вразливості Сингапуру, пов'язані з невеликим розміром та обмеженими ресурсами, роблять його чутливим до глобальних порушень ланцюгів постачання та залежності від зовнішніх ринків сировини. Незважаючи на це, завдяки стратегічному географічному положенню, висококваліфікованій робочій силі й стабільному політичному клімату, Сингапур залишається важливим гравцем у глобальній напівпровідниковій індустрії, особливо як міст між Східною та Західною півкулями.

2.2. Цілі стратегій кожної країни

Щоб краще зрозуміти конкурентне поле, у якому діятиме Україна, розглянемо, які цілі країни декларують у своїх стратегіях і на що вони спрямовані з аналітичного боку.

США

Заявлена мета: 20% світового виробництва передових чипів до 2030 року.

Стратегія «технологічного відриву»

США розглядають індустрію чипів як один з основних інструментів створення нездоланного технологічного розриву з конкурентами. Разючі інвестиції в передові технологічні процеси (<3-нм) безпосередньо пов'язані з розвитком квантових обчислень та штучного інтелекту, що в довгостроковій перспективі може призвести до монополізації ключових технологій майбутнього й забезпечить контроль над глобальними ланцюгами поставок і фінансовими потоками.

Європейський Союз

Заявлена мета: подвоєння частки на світовому ринку до 20% до 2030 року.

Стратегія «технологічної автономії»

ЄС прагне не стільки до досягнення лідерства, скільки до забезпечення повної незалежності від зовнішніх постачальників. Фокус на широкому спектрі технологій пов'язаний з планами

реіндустріалізації Європи та зміцнення її геополітичної позиції, що має потенціал розвинутися у створення «третього шляху» в технологічній гонці між США та Китаєм.

Велика Британія

Заявлена мета: кількісні цілі не визначено.

Стратегія «нішевої переваги»

Велика Британія прагне до створення та збереження критично важливих технологій, що роблять країну незамінним партнером у глобальних технологічних альянсах. Розвиток квантових технологій і фотоніки безпосередньо пов'язаний з планами зміцнення позицій у сфері глобальної кібербезпеки. Країна використовує нішеву технологічну перевагу для посилення дипломатичного впливу та позиціонує себе як глобальний освітній хаб у галузі передових напівпровідникових технологій.

Китай

Заявлена мета: 70% самозабезпечення мікросхемами до 2025 року.

Стратегія «технологічної незалежності й домінування»

Китай прагне створити повністю автономну екосистему виробництва напівпровідників, від проєктування до кінцевого продукту. Це частина ширшої стратегії забезпечення цифрового суверенітету та глобального технологічного лідерства. Китай використовує контроль над виробництвом напівпровідників для впливу на глобальні ланцюги поставок і міжнародну політику, інтегруючи цю стратегію з ініціативою «Один пояс, один шлях».

Індія

Заявлена мета: досягнення обороту у \$85 млрд у напівпровідниковій промисловості до 2030 року та створення 85 000 кваліфікованих спеціалістів у галузі напівпровідників протягом 20 років.

Стратегія «технологічного стрибка»

Індія прагне використати відставання в традиційних технологіях для прямого переходу до передових розробок, минаючи проміжні етапи. Розвиток напівпровідникової галузі розглядається як каталізатор модернізації всієї економіки та переходу до високотехнологічного виробництва. Країна позиціонує себе як альтернативний центр виробництва напівпровідників для зниження глобальної залежності від Китаю і використовує це для зміцнення стратегічних партнерств із США, Японією та іншими країнами.

Південна Корея

Заявлена мета: збільшення виробництва чипів на 50% до 2030 року. Зміцнення позиції у сфері пам'яті та досягнення 10% частки ринку у сфері контрактного виробництва чипів до 2030 року.

Стратегія «технологічної експансії»

Південна Корея використовує своє лідерство у виробництві пам'яті для домінування в суміжних високотехнологічних секторах. Інтеграція напівпровідникових технологій у розвиток штучного інтелекту, 5G/6G-мереж та автономних систем спрямована на створення глобальних стандартів. Країна використовує свою критичну роль у глобальних ланцюгах поставок напівпровідників для балансування між США та Китаєм, а також для забезпечення національної безпеки й геополітичної стабільності.

Японія

Заявлена мета: збільшення частки на світовому ринку напівпровідників до 20% до 2030 року.

Стратегія «високотехнологічної реіндустріалізації»

Японія прагне повернути статус технологічної наддержави через інновації у сфері матеріалів та обладнання для напівпровідникової промисловості. Використання напівпровідникових

технологій розглядається як основа для розвитку «суспільства 5.0» та вирішення демографічних проблем. Країна прагне відновити ключові позиції в глобальних ланцюгах поставок напівпровідників для зміцнення економічної та політичної незалежності, а також для посилення альянсу з США й протидії дедалі більшому впливу Китаю в регіоні.

2.3. Стратегічні вектори

Розвиток глобальної співпраці: З огляду на взаємозалежність ланцюгів постачання напівпровідників, країнам варто досліджувати можливості для міжнародної співпраці, особливо у сфері досліджень і розробок та врізноманітнення ланцюгів постачання, щоб знизити ризики й забезпечити стабільність галузі.

Інвестиції в перспективні технології: Країнам варто продовжувати вкладати кошти в передові технології, як-от 2-нм техпроцес і менше, а також у штучний інтелект та квантові обчислення, щоб зберігати конкурентну перевагу. Партнерство з провідними технологічними компаніями та науково-дослідними установами відіграватиме ключову роль у просуванні цих інновацій.

Посилення ініціатив зі сталого розвитку: Оскільки напівпровідникова галузь зазнає дедалі більшого тиску щодо зменшення впливу на довкілля, країнам варто надавати пріоритет екологічності виробничих процесів. Інвестиції в зелені технології та практики циркулярної економіки стануть визначальними для довгострокової життєздатності галузі.

Вдосконалення програм розвитку кадрів: Для задоволення дедалі більшого попиту на кваліфікованих фахівців країнам необхідно розширювати свої ініціативи з розвитку талантів, зосереджуючись на STEM-освіті, професійній підготовці та залученні міжнародних фахівців. Сприяння різноманітності й інклюзивності в робочому середовищі також стане ключовим фактором для стимулювання інновацій.

Зміцнення безпеки та стійкості: Зважаючи на постійний вплив геополітичної напруженості на напівпровідникову промисловість, країни мають посилювати заходи безпеки, включно з контролем за експортом та захистом інтелектуальної власності, водночас розбудовуючи стійкі ланцюги постачання, здатні витримати глобальні потрясіння.

2.4. Ключові висновки

Сучасні тенденції

Глобальний ринок напівпровідників переживає стрімке зростання через попит на передові технології, як-от ШІ, 5G-телекомунікації та електромобілі. Очікується, що ринок досягне нових висот завдяки значним інвестиціям у розширення виробничих потужностей і розробку передових технологій, як-от 2-нм і 3-нм технорми. Динаміка ланцюга постачання стає дедалі складнішою, і країни надають пріоритет стійкості та самозабезпеченню. Галузь також стикається з постійними проблемами із задоволенням попиту через збої, спричинені геополітичною напруженістю та вузькими місцями ланцюга поставок, пов'язаними з пандемією.

Основні гравці

Сполучені Штати, Китай, Південна Корея, Японія та Тайвань залишаються провідними гравцями у виробництві напівпровідників, кожен з яких впливає на світовий ринок через значні інвестиції та технологічний прогрес. США і Південна Корея лідирують у передовому виробництві з використанням 3-нм технорм, а Китай продовжує розширювати свої можливості, незважаючи на міжнародні санкції. Японія зосереджується на передовій упаковці та технормах 2-нм, тоді як тайванська TSMC залишається ключовим світовим виробником.

Таблиця дає огляд провідних світових напівпровідникових компаній, включно з їх ринковою капіталізацією (на момент написання), дійсними заводами та планами на майбутнє:

Компанія	Капіталізація (млрд. дол. США, 2024)	Кількість побудованих фабрик (одиниці)	Технорми фабрик, що будуються (нм)	Вартість фабрик, що будуються (млрд. дол. США)	Кількість запланован их фабрик (одиниці)	Технорми запланован их фабрик (нм)	Вартість запланован их фабрик (млрд. дол. США)
TSMC	~849,64	13	5–28	40	6	2–5	40–50
Samsung	~343,44	9	4–14	30+	3	3–5	17–35
Intel	~82,78	11	7–10	20-30	4	7–10	20–30
Global Foundries	~22,78	5	12–14	5-10	2	12–14	7–10
SMIC	~25.06	8	28–40	6-8	3	14–28	7–10

1. **TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company)** є провідним глобальним гравцем з дійсними передовими фабриками, що працюють за 5-нм та 7-нм технологіями. Наразі вони розширюють свою присутність у США та Азії, плануючи кілька фабрик з 2-нм та 3-нм технологіями.
2. **Samsung Foundry** присутня в Південній Кореї та США, при цьому їхня фабрика в Техасі зосереджена на передовій 4-нм технології. Плануються додаткові фабрики в США з інвестиціями в мільярди доларів.
3. **Intel** активно інвестує в розширення своїх фабрик у США та Європі, зосереджуючись на 7-нм та 10-нм технологіях. Їхня стратегія розширення містить кілька передових фабрик в Аризоні, Огайо та Німеччині.
4. **GlobalFoundries** зосередилася на спеціалізованих техпроцесах, як-от 12-нм та 14-нм. Їхні нові проекти в Нью-Йорку та дійсні фабрики в США є частиною стратегічного розширення.
5. **SMIC (Semiconductor Manufacturing International Corporation)** є найбільшим виробником напівпровідників у Китаї, з кількома фабриками, побудованими по всьому Китаю, які

зосереджені на зрілих техпроцесах, як-от 28-нм та 40-нм. Вони планують просунутися до 14-нм і потенційно до 7-нм до 2030 року. Зареєстрована на Кайманових островах.

Вплив геополітики

Геополітична напруженість, зокрема між США та Китаєм, змінює напівпровідниковий ландшафт. США запровадили експортний контроль і санкції, спрямовані на обмеження доступу Китаю до критично важливих напівпровідникових технологій, що спонукає Китай пришвидшити свої зусилля щодо самозабезпечення. Ця напруженість призвела до глобальної перебудови ланцюгів постачання, країни почали інвестувати значні кошти у внутрішнє виробництво, щоб зменшити ризики. Вплив цих геополітичних кроків відчувається в усій галузі, впливаючи на інвестиційні рішення та стимулюючи поштовх до технологічного суверенітету.

3. Інструменти фінансової підтримки

Країна	Інструмент фінансової підтримки	Опис	Шкала підтримки
США	Закон про чипи	Надає \$52,7 млрд прямого фінансування для виробництва напівпровідників, досліджень і розвитку робочої сили, а також зниження податків на 25% від суми їхніх інвестицій у нові виробничі потужності.	\$52,7 млрд + 25% податкового кредиту
Китай	MIC 2025 (Зроблено в Китаї 2025)	Велике державне фінансування, субсидії, податкові пільги та прямі державні інвестиції для підтримки вітчизняних напівпровідникових компаній, особливо в передовому виробництві та науково-дослідних роботах.	Приблизно \$150 млрд
Південна Корея	K-Semiconductor Стратегія	Містить податкові пільги, субсидії та підтримку інфраструктури для досліджень і розробок та виробництва напівпровідників, зосереджено на мікросхемах пам'яті та передових технологіях, (технорми <3-нм).	\$50 млрд у вигляді стимулів і підтримки
Японія	Національна стратегія виробництва напівпровідників	Надає значні субсидії та податкові пільги для досліджень і розробок напівпровідників, виробничих потужностей і вдосконаленої упаковки, зосереджуючись на досягненні 2-нм технорм та збільшенні внутрішнього виробничого потенціалу.	\$10 млрд субсидій і підтримки
Європейський Союз	Європейський закон про чипи	Закон ЄС про чипи передбачає фінансування в розмірі €43 мільярди, поєднуючи внески ЄС, національних урядів і приватного сектору, включно з грантами, позиками та інвестиціями в інфраструктуру для підтримки досліджень, розробок і виробництва напівпровідників.	€43 млрд загальної підтримки

Індія	Індійська напівпровідникова місія	Пропонує гранти на капітальні інвестиції, стимули, пов'язані з виробництвом (PLI), і податкові субсидії для залучення глобальних напівпровідникових компаній і розбудови вітчизняних виробничих потужностей, зосереджуючись на таких технормах, як 28-нм і 45-нм.	\$10 мільярдів доларів у вигляді стимулів
Сингапур	Національна стратегія розвитку напівпровідникової промисловості	Надає податкові пільги, гранти та підтримку інфраструктури для розширення виробництва напівпровідників, зосереджуючись на MEMS (мікроелектромеханічні системи), гібридній електроніці та екологічних практиках.	\$5 мільярдів доларів підтримки
Велика Британія	Національна напівпровідникова стратегія Великої Британії	Містить податкові пільги, гранти та державні позики, спрямовані на розширення виробництва напівпровідників і науково-дослідних розробок у Великій Британії, зосереджуючись на складних напівпровідниках і дизайні.	£1 мільярд запланованих інвестицій

Масштаб підтримки: За масштабами фінансової підтримки лідирують США, Китай і Європейський Союз, кожен з яких виділяє десятки мільярдів доларів на розвиток своєї напівпровідникової промисловості.

Тип підтримки: Загальні інструменти містять пряме фінансування, податкові пільги, субсидії та інвестиції в інфраструктуру, при цьому кожна країна пристосовує свою підтримку до своїх конкретних стратегічних цілей.

Сфери уваги: Тоді як США та Південна Корея зосереджуються на передових виробничих технормах (наприклад, 3-нанометрових), Японія та ЄС наголошують на ширшій підтримці досліджень і розробок та інфраструктури, а Індія та Велика Британія націлені на конкретні вузли та сектори в галузі.

4. Матриця порівняння країн

Категорія	ЄС	Китай	Індія	Південна Корея	Японія	Сингапур	Велика Британія	США
Інвестиції в дослідження та розробки	€43 млрд за 7 років (Закон ЄС про чипи)	Прибл. \$150 млрд за MIC 2025	\$10 млрд (2022-2030)	\$50 млрд на пам'ять і ШІ (2023–2027)	\$30 млрд протягом 5 років на вдосконалене пакування, дослідження та розробки	\$5 млрд зосереджено на MEMS та гібридній електроніці	£1 млрд запланованих інвестицій (2023–2033)	\$52,7 млрд (Закон про чипи та науку 2022)
Виробничі можливості	Сильний у дизайні та ІВ, розширення фабрик	Потужності виробництва, які найшвидше зростають	Розвивається, розробляється 2–3 великі фабрики	Лідер у виробництві чипів пам'яті, розширення foundry виробництва	Сильні у передовій упаковці, відстаючи в провідних вузлах	Зосереджені на нішевих виробничих сферах, MEMS	Невеликі, але дедалі більші, зосереджені на складних напівпровідниках	Швидко розширюється завдяки новим фабрикам у Техасі й Аризоні

Технорми (nm)	7-нм у розробці, обмежене виробництво 16-нм	5-нм з фотолітографією DUV, масове виробництво 7-нм	Орієнтація на 28-нм і 45-нм у нових фабриках	3-нм у масовому виробництві, розробка 2-нм	5-нм у дослідженнях і розробках, націлені на 2-нм до 2027 року	Технорми 14-нм і більше, акцент на спеціалізовані мікросхеми	Здебільшого 28-нм і більше	3-нм у масовому виробництві, працюють над 2-нм (Intel, TSMC)
Фокус на сталий розвиток	Велика увага до зелених технологій та енергоефективності	Посилення уваги, зумовлене політикою	Екологічно чисті фабрики, акцент на енергоефективності	Ініціативи екологічного виробництва на провідних фабриках	Сильна увага до сталого розвитку, практики циклічної економіки	Інтегровані стратегії сталого розвитку у виробництві	Зростаючий акцент на сталості в дослідженнях і розробках	Значна увага приділяється енергоефективності, екологічному виробництву
Частка ринку (глобального)	~10% (збільшення з новими ініціативами)	~8%	<1%	~15%	~10%	Нішевий гравець, спеціалізовані сфери, як-от MEMS	<1%	~45–50%
Заходи безпеки	Суворий експортний контроль, захист ІВ	Посилений державний контроль, суворі заходи безпеки	Експортний контроль, фокус національної безпеки	Надійна система безпеки, захист ІВ	Сильні заходи безпеки, зосередженість на стратегічних активах	Інтегрована безпека в межах нормативної бази	Закон про національну безпеку та інвестиції, експортний контроль	Акцент на національну безпеку, експортний контроль

5. Розмір ринку, зростання та порівняння частки (2024–2032)

5.1. Розмір світового ринку напівпровідників на 2023, 2024 роки та довгостроковий прогноз:

Рік	Розмір ринку (\$млрд)	Примітки
2023 рік	611,35–625	Зниження через економічні труднощі та проблеми з надлишком пропозиції (MarketsandMarkets , Market.us)
2024 рік	634–681	Очікуване відновлення, викликане підвищеним попитом і технологічним прогресом (MarketsandMarkets , Market.us)
2033 рік	~996	Довгостроковий прогноз із середньорічним зростанням 6,5%, завдяки постійним інноваціям і розширенню ринку (Market.us)

Частка світового ринку напівпровідників за регіонами за 2023 рік:

Регіон	Частка ринку (%)	Примітки
Азійсько-Тихоокеанський	63,91	Домінує на ринку з великим внеском Тайваню, Південної Кореї та Китаю (Market.us)
Північна Америка	~22	Значне зростання завдяки інвестиціям у дослідження та розробки та високому попиту на побутову електроніку (Fortune Business Insights , Експертне дослідження ринку)
Європа	~10	Спирається на сектори автомобільної промисловості та побутової електроніки (Fortune Business Insights , Експертне дослідження ринку)
Інше (MEA, LA)	~4.09	Менші, але ринки, що розвиваються, зумовлені збільшенням попиту в побутовій електроніці та промислових секторах (Fortune Business Insights)

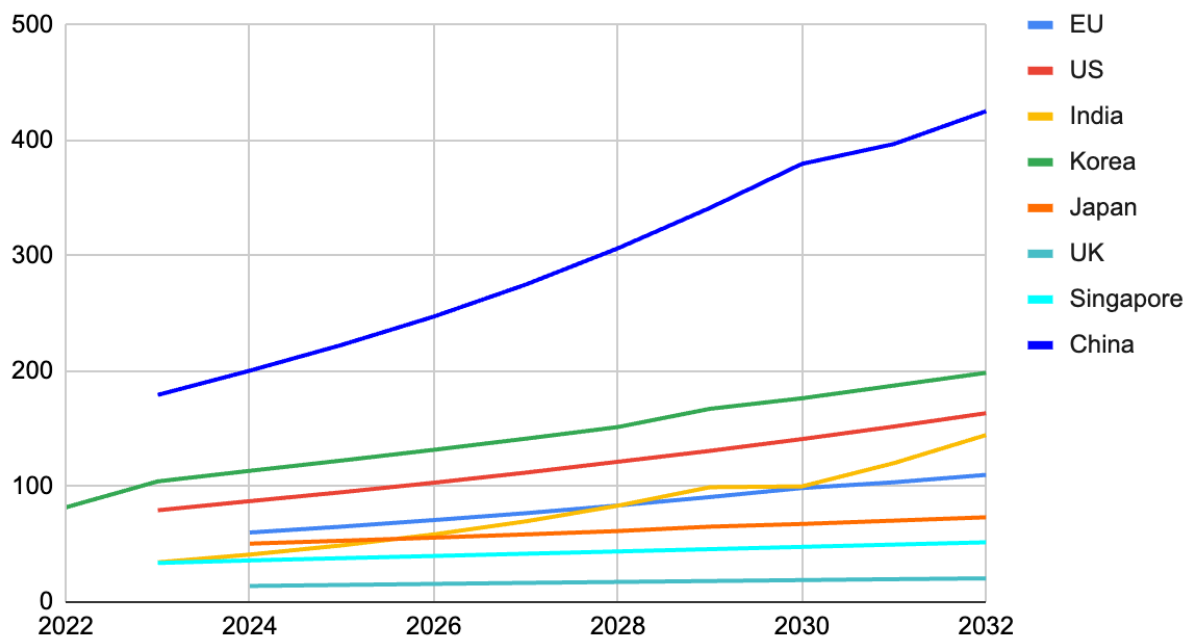


Рисунок 4: Розмір ринку (\$, млрд)

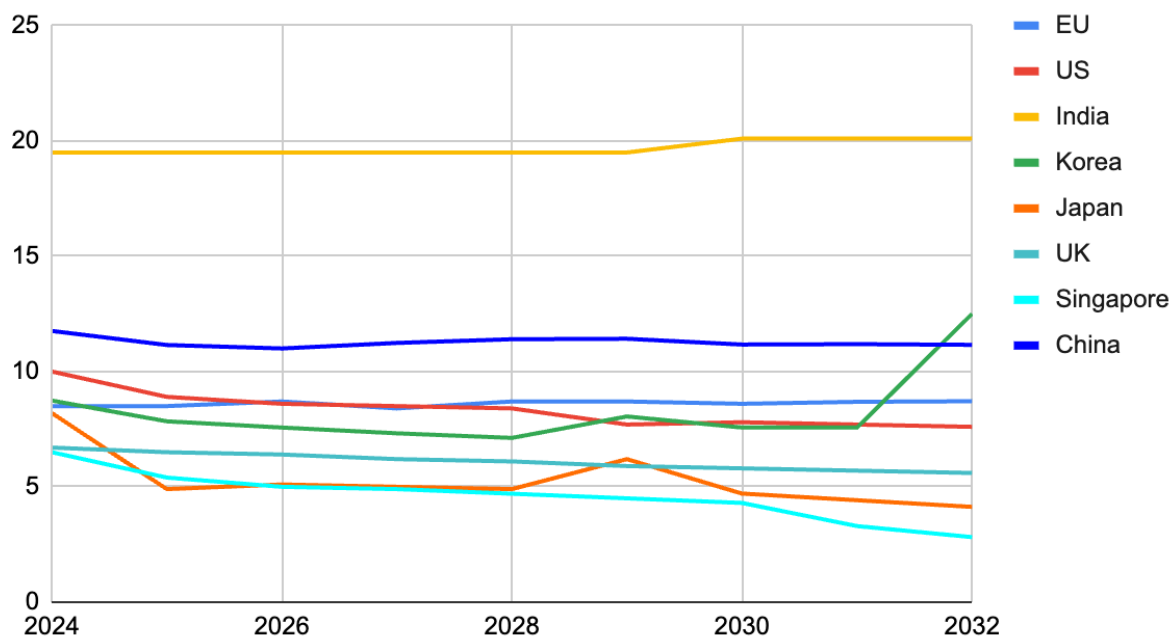


Рисунок 5: Річний темп зростання (%)

5.2. 14 найбільших напівпровідникових проєктів

Країна	Назва проєкту	Власник	Місто	Загальні інвестиції (\$, млрд)	Приватні інвестиції (\$, млрд)	Державні інвестиції (\$, млрд)	Вид державної підтримки	Технорми (нм)	Рік початку	Рік запуску	Пластин/місяць
Японія	Rapidus 2-нм фабрика	Корпорація «Rapidus»	Хоккайдо	37	27	10	Субсидії, податкові пільги	2-нм	2024	2027	Уточнюється
США	Фабрика Intel в Огайо	Intel	Огайо	28	16,7	8,5	Податкові пільги, гранти	3-нм	2022 рік	2025 рік	40 000
Японія	Фабрика TSMC Кумamoto	TSMC, Sony, Toyota	Кумamoto	20	15	5	Субсидії, податкові пільги	5-нм	2022	2024	45 000
Індія	Vedanta-Foxconn Gujarat Фабрика	Vedanta-Foxconn СП	Гуджарат	19,5	15,5	4	Дотації на капітальні інвестиції, субсидії	28-нм, 45-нм	2023	2026	50 000
США	Фабрика Samsung Taylor	Samsung Electronics	Тейлор, Техас	17	17	N/A	Податкові пільги	4-нм	2022	2024	30 000

ЄС	Фабрика Intel у Магдебурзі	Intel	Магдебург, Німеччина	€17	€12	€5	Дотації, субсидії	7-нм, 10-нм	2023	2027	Уточнюється
США	Фабрика TSMC в Арізоні	TSMC	Фенікс, Аризона	12	12	N/A	Податкові пільги, гранти	5-нм, 4-нм	2021	2024	20 000
Південна Корея	Samsung Pyeongtaek Phase 3	Samsung Electronics	Пхьонтек	15	15	N/A	Податкові пільги, підтримка інфраструктури	3-нм, 5-нм	2021	2023	70 000
Тайвань	Фабрика TSMC Taichung	TSMC	Тайчжун	15	15	N/A	Податкові пільги	3-нм	2023	2026	55 000
Китай	Пекінська фабрика SMIC	SMIC	Пекін	7,6	7,6	N/A	Субсидії, податкові пільги	7-нм	2022	2024	35 000
Малайзія	Фабрика Foxconn Malaysia	Foxconn Interconnect Technology Ltd.	Куала Лумпур	8	8	N/A	Податкові пільги	28-нм, 40-нм	2024	2025	40 000
Китай	Фабрика CanSemi Tech у Гуанчжоу	Guangzhou CanSemi Technology Inc.	Гуанчжоу	4	4	N/A	Податкові пільги	22-нм, 40-нм, 55-нм	2023	2025	120 000
Сингапур	Розширення GlobalFoundries	GlobalFoundries	Сингапур	4	4	N/A	Податкові пільги	12-нм, 14-нм	2022	2024	40 000
Велика Британія	Розширення Nexperia Newport Wafer	Nexperia	Ньюпорт, Уельс	1,7	1,2	0,5	Податкові пільги, гранти	28-нм	2022	2024	25 000

Найбільші проєкти: Rapidus 2nm Fab у Японії є найбільшим проєктом з інвестиціями в \$37 мільярдів, зосередженим на передовій 2-нм технології.

Глобальне розширення: Великі проєкти в США, Японії, Китаї, Індії, ЄС та інших регіонах, свідчать про глобальні перегони за розширення можливостей виробництва напівпровідників.

Державна підтримка: Більшість проєктів підтримують значні державні інвестиції, зокрема в Японії, Індії та ЄС, що підкреслює стратегічне значення напівпровідників.

5.3. Дані ринку

Market Share in 2020 and Market Share in 2022

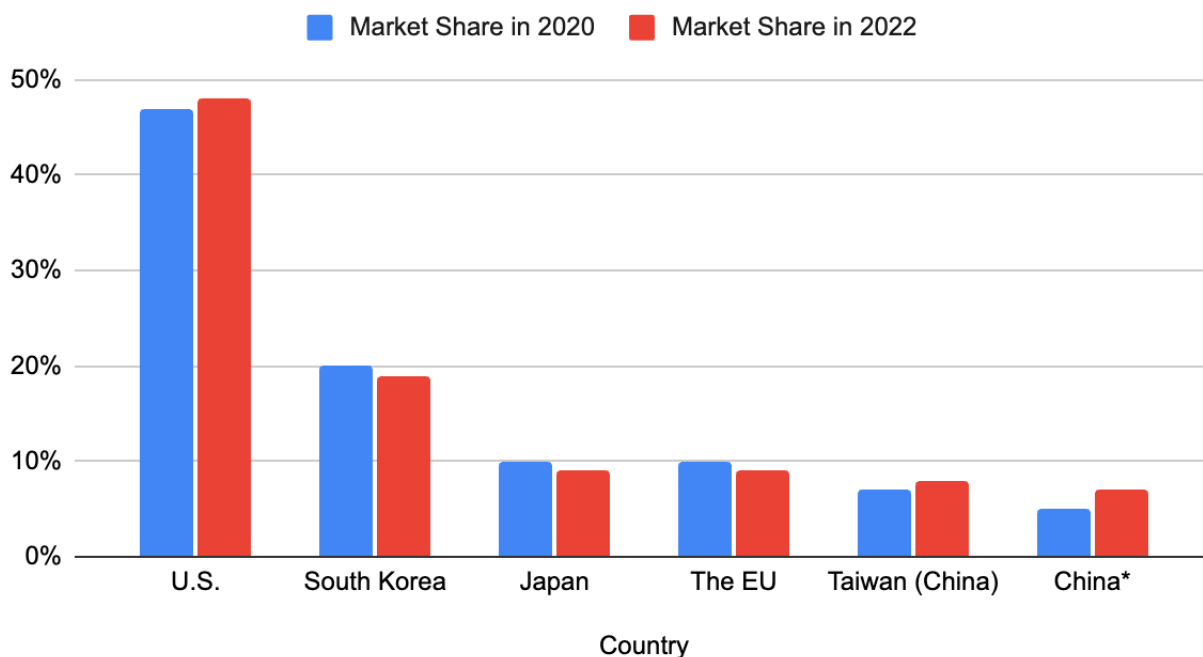


Рисунок 4: Частка світового ринку

*Примітка: дані за 2022 рік для Китаю базуються на 2021 році через неповність даних.

Сполучені Штати: США утримують найбільшу частку світового ринку напівпровідників; Частка ринку дещо зросла із 47% у 2020 році до 48% у 2022 році, що вказує на стабільність і зростання їх домінування.

Південна Корея: Південна Корея зазнала невеликого зниження частки ринку з 20% у 2020 році до 19% у 2022 році. Незважаючи на це, Південна Корея залишається другим за величиною гравцем у напівпровідниковій промисловості.

Японія: Частка ринку Японії зменшилася з 10% у 2020 році до 9% у 2022 році, що відображає незначне скорочення її частки на світовому ринку напівпровідників.

Європейський Союз: ЄС також зазнав зменшення своєї частки ринку з 10% у 2020 році до 9% у 2022 році, відображаючи тенденції, які спостерігаються в Японії. Це свідчить про те, що ЄС стикається з викликами в збереженні своєї позиції на світовому ринку напівпровідників.

Тайвань (Китай):* Тайвань (Китай) спостерігав позитивне зростання частки ринку, збільшившись із 7% у 2020 році до 8% у 2022 році. Це зростання підкреслює дедалі більшу значущість Тайваню в глобальному ланцюжку поставок напівпровідників.

Китай: Частка ринку Китаю зросла з 5% у 2020 році до 7% у 2022 році, демонструючи найшвидші темпи зростання серед перелічених країн. Це збільшення відображає узгоджені зусилля Китаю з розширення своїх потужностей з виробництва напівпровідників, незважаючи на триваючу геополітичну напруженість та порушення ланцюжків поставок.

* оригінальний документ походить від Daxue — китайської консалтингової агенції і відображає офіційну позицію Китаю, збережено в цьому документі для збереження оригінального контексту

Ключові висновки:

Сполучені Штати залишаються домінантною силою на світовому ринку напівпровідників, зберігаючи сильну позицію з майже половиною світового ринку.

Тайвань і Китай — єдині регіони, які спостерігали збільшення частки ринку, причому Китай демонструє помітне зростання, що відображає його амбітні плани з розвитку вітчизняної напівпровідникової промисловості.

Південна Корея, Японія та ЄС — усі зазнали незначного зниження своїх відповідних часток, що вказує на потенційні виклики в конкурентоспроможності, інноваціях або виробничих потужностях.

Зростання Китаю є значним, що свідчить про те, що він поступово скорочує розрив з іншими провідними регіонами на ринку напівпровідників.

[China's semiconductor industry: A bumpy way to self-sufficiency](#) (Daxue Consulting)

Global Market Size (in billion USD)

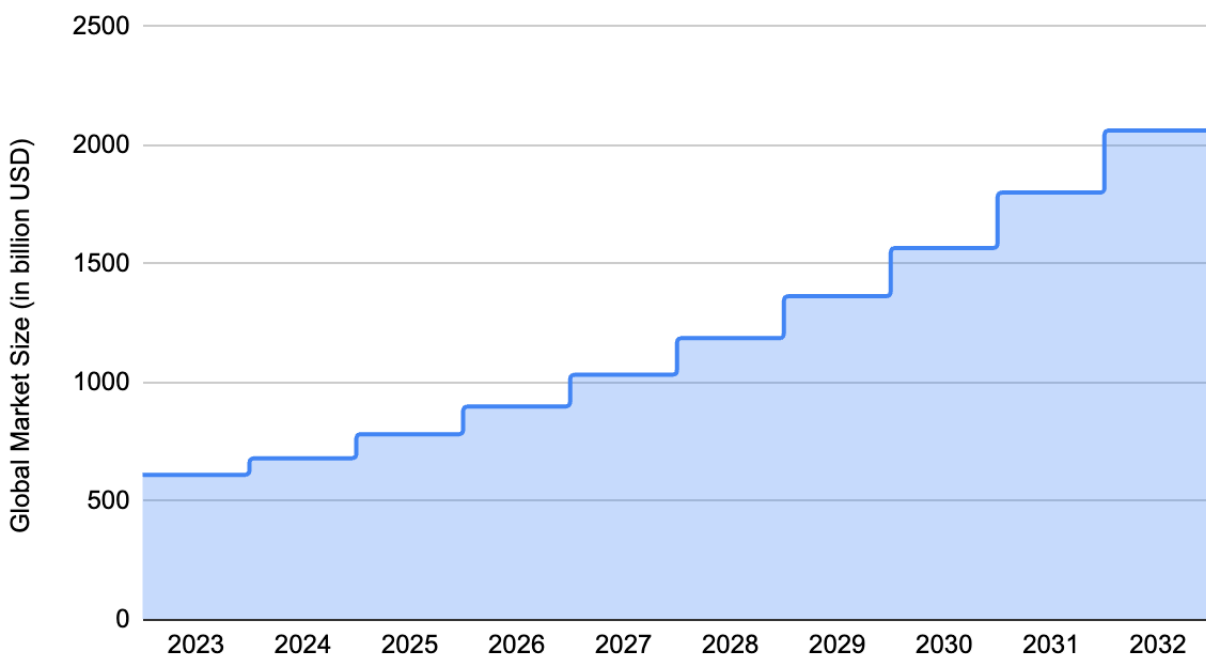


Рисунок 5: Прогноз розміру світового ринку (CAGR)

Обсяг світового ринку напівпровідників у 2023 році оцінювався в 611,35 мільярдів доларів США та, за прогнозами, зросте з 681,05 мільярдів доларів США у 2024 році до 2062,59 мільярдів доларів США до 2032 року, демонструючи CAGR 14,9% протягом прогнозованого

періоду (2024–2032 роки). Крім того, очікується, що американський ринок напівпровідників значно зросте, досягнувши оціночної вартості 258,30 мільярдів доларів США у 2032 році, завдяки зростаючому використанню продуктів у побутовій електроніці та інтеграції інтегральних схем.

[Semiconductor Market Size, Share, Growth & Forecast \[2032\]](#) (Fortune Business Insights)

Semiconductor Fabrication Capacity (300mm fabs, %)

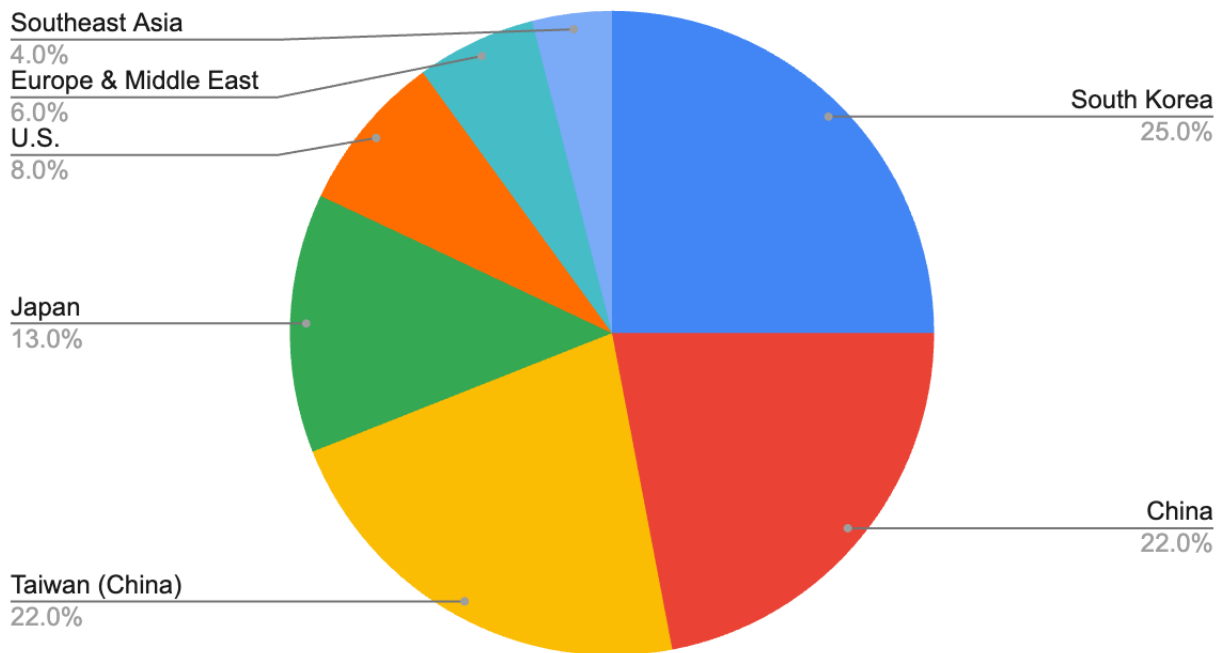


Рисунок 6: Розподіл виробничих потужностей 300 мм (2022)

Південна Корея (25%): Південна Корея займає найбільшу частку світових потужностей з виробництва напівпровідників, керована галузевими гігантами, як-от Samsung і SK Hynix. Ці компанії лідирують у виробництві чипів пам'яті (наприклад, DRAM і NAND), які необхідні для побутової електроніки, центрів обробки даних та інших галузей. Лідерство Південної Кореї в передових технологіях виробництва та великі інвестиції допомогли їй зберегти цю значну частку.

Китай (22%): Китай швидко розширив свої потужності з виробництва напівпровідників, майже зрівнявшись із часткою Тайваню. Китайські компанії, як-от SMIC (Semiconductor Manufacturing International Corporation), останніми роками збільшили виробництво, підкріплюючись урядовими ініціативами, спрямованими на зменшення залежності від іноземного імпорту напівпровідників. Однак Китай стикається з проблемами через обмеження доступу до передових виробничих технологій.

Тайвань (22%). Напівпровідниковий сектор Тайваню очолює TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) — найбільший у світі контрактний виробник мікросхем. Тайвань славиться своїми передовими виробничими процесами, особливо в галузі передових

технологічних вузлів, як-от 5-нм та 3-нм чипи. Роль країни як світового лідера у виробництві напівпровідників, особливо для високопродуктивних чипів, що використовуються в усьому — від смартфонів до суперкомп'ютерів, є ключовою в цій галузі.

Японія (13%): Виробництво напівпровідників Японії здебільшого зосереджено на більш зрілих технологіях, як-от силові напівпровідники та датчики. Хоча її частка нижча, ніж Південна Корея, Китай і Тайвань, Японія продовжує залишатися значним гравцем завдяки своєму досвіду в матеріалах й обладнанні, необхідних для виробництва мікросхем.

США (8%): На частку США припадає 8% світових потужностей з виробництва напівпровідників. Незважаючи на те, що тут розташовані великі компанії з проектування чипів, як-от Intel та Qualcomm, значна частина виробництва напівпровідників США передана на аутсорсинг до Тайваню та інших регіонів. Однак такі ініціативи, як Закон про CHIPS (CHIPS Act), спрямовані на збільшення внутрішнього виробництва, зменшення залежності від іноземних фабрик та вирішення проблем національної безпеки.

Європа та Близький Схід (6%): Європа та Близький Схід разом займають скромну частку світових виробничих потужностей. У Європі розташовані такі компанії, як STMicroelectronics і Infineon, які спеціалізуються на автомобільних напівпровідниках, силовій електроніці та датчиках. Регіон фокусується більше на спеціалізованих сегментах, ніж на масовому виробництві мікросхем загального призначення.

Південно-Східна Азія (4%). Роль Південно-Східної Азії у виробництві напівпровідників відносно невелика, але важлива, оскільки такі країни, як Малайзія та В'єтнам, є ключовими місцями для пакування, тестування та збирання напівпровідників. Регіон має вирішальне значення в базовому ланцюжку постачання, навіть якщо його частка передового виробництва нижча.

Total Investment (USD Billion) vs. Country

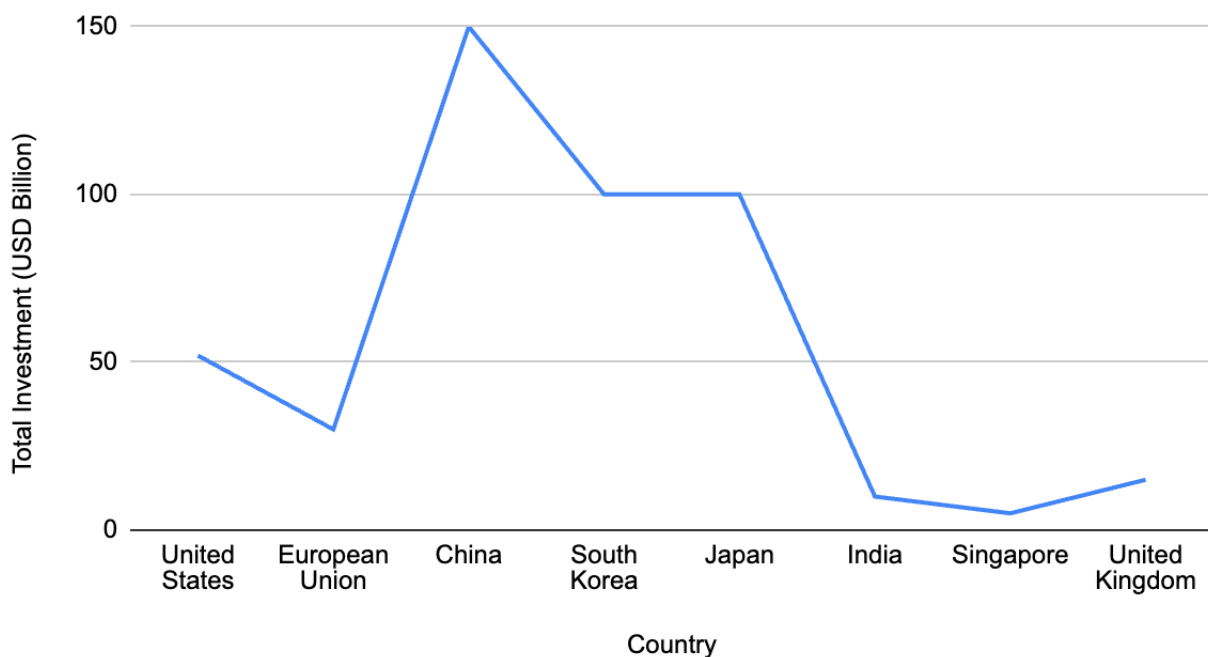


Рисунок 7: Розмір ринку (2022)

Великі країни, як-от США, Китай і Південна Корея, оголосили про значні інвестиційні плани за рахунок державної підтримки та співпраці з приватним сектором.

Power and AI

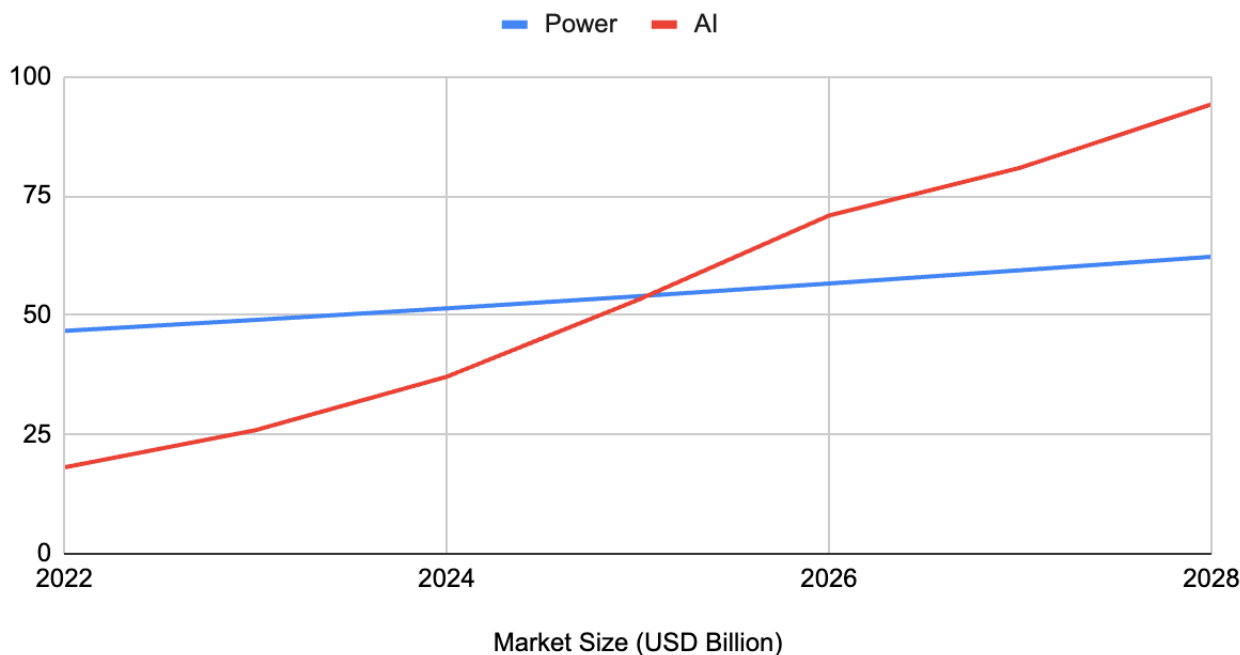


Рисунок 8: Зростання сегментів напівпровідникової промисловості Power та AI

Цей графік порівнює зростання розміру ринку двох важливих сегментів напівпровідникової промисловості: **Power напівпровідників** та **AI напівпровідників** з 2022 до 2028 рік.

Сегмент 1: Power напівпровідники

Стабільне зростання: Синя лінія показує стабільне, але відносно повільне зростання ринку power напівпровідників.

- 2022: приблизно \$46 мільярдів;
- 2028 (прогноз): близько \$62 мільярдів.

Основні драйвери зростання:

- дедалі більший попит на енергоефективні пристрої;
- електромобілі (EV);
- технології відновлюваної енергетики;
- системи промислової автоматизації.

Power напівпровідники необхідні для застосувань, що вимагають управління та контролю потужності, як-от автомобільні інвертори й установки відновлюваної енергетики.

Сегмент 2: AI напівпровідники

Швидке зростання: Червона лінія демонструє значне й різке збільшення ринку AI напівпровідників, випереджаючи ринок power-напівпровідників до 2025 року.

- 2022: близько \$26 мільярдів;
- 2028 (прогноз): \$75 мільярдів.

Основні драйвери зростання:

- машинне навчання;
- штучний інтелект;
- автономні транспортні засоби;
- центри обробки даних;
- хмарні обчислення.

Зростання цього сегменту зумовлене підвищенням використання передових GPU (графічних процесорів, що обробляють великі обсяги даних паралельно), Tensor Processing Units (TPU, спеціалізовані процесори для машинного навчання) та Application-Specific Integrated Circuits (ASIC, інтегральні схеми, розроблені для конкретних завдань), які оптимізовані для високопродуктивних обчислювальних завдань у сфері AI та глибокого навчання (підвиду машинного навчання, що використовує багатоваріантні нейронні мережі).

[GlobeNewswire](#)

[StraitsResearch](#)

6. Можливий шлях України

Шлях розвитку України ще належить розробити в межах експертних обговорень, проте експерт робочої групи Олександр Груданов пропонує свою концепцію (6.1 та 6.2):

6.1. Сценарій вибору технології виробництва напівпровідників для України

Це резюме визначає стратегічні міркування щодо вибору цільової технології виробництва напівпровідників в Україні, зокрема для внутрішніх потреб оборони та аерокосмічної промисловості, підкреслюючи необхідність економічно доступних, універсальних та масштабованих рішень, які відповідають поточному технологічному та економічному стану країни.

Є два потенційні треки для розгляду:

У межах першого треку розглядається можливість ліцензування готової технології під ключ. Цей етап передбачає навчання наших спеціалістів за кордоном, за аналогією з навчанням пілотів F-16. Ліцензіар відповідальний за контроль будівництва всіх фаундрі-модулів (виробничих потужностей для виготовлення мікросхем), налаштування обладнання та запуск

пілотної лінії. За такого сценарію держава може володіти контрольним пакетом фабрики, забезпечуючи пріоритет на власні потреби ВПК й передових науково-дослідних проєктів.

Нам цікавий досвід Індії, яка ліцензувала базову технологію TS18SL 180nm (технологічний процес виготовлення мікросхем з розміром елементів 180 нанометрів) від ізраїльської TowerSemi, опанувала її та запровадила виробництво власних чипів. Згодом Індія додала модулі для Radiation-Hardened (радіаційно-стійких мікросхем, які можуть працювати в умовах підвищеної радіації) та Image Sensor (сенсорів зображення, які використовують у камерах), що дало змогу задовольнити потреби у виробництві чипів для ОПК та аерокосмічної галузі. Тепер Індія розглядає можливості розширення виробничих потужностей для виконання зовнішніх комерційних замовлень.

У межах другого треку передбачається залучення стратегічного партнера (або декількох партнерів) на комерційних засадах. Цьому етапу передуватиме створення інвестиційно привабливих умов та державних гарантій підтримки, а також технічно-кадрова підготовка. Згідно з міжнародною практикою, такий формат реалізується у вигляді державного тендеру. Держава отримує лише певну міноритарну частку, що дає змогу квотувати замовлення на виробництво згідно з власними інтересами.

Серед потенційних стратегічних партнерів для України на цьому етапі може бути німецька компанія X-FAB, яка минулого року представила свою нову технологію High-Performance CMOS 110nm (технологія виготовлення мікросхем з високою продуктивністю та низьким енергоспоживанням), успішно її випробувала та зараз шукає можливості для розширення її виробничих потужностей.

Ці два треки можна розвивати паралельно.

Основні аспекти до вибору технології:

1. Зосередження на вартісній ефективності зрілих технологічних норм (180–110-нм):

Наразі Україні не потрібно фокусуватися на передових вузлах, як-от 28-нм чи нижче. Замість цього зрілі вузли, як-от 180-нм, 130-нм до 110-нм, більше підходять для закриття нагальних потреб країни. Вартість будівництва напівпровідникової фабрики (див. таблицю нижче) має бути розумною, щоб зацікавити стратегічних інвесторів та партнерів.

2. Універсальність у виробництві IC (інтегральних схем, або мікросхем):

Обрана технологія має бути БАЗОВОЮ для виробництва типових цифрових та змішаних цифро-аналогових мікросхем, а також здатною підтримувати додаткові модульні розширення для організації виробництва мікросхем різних типів для різних потреб та галузей: **комунікації та зв'язок, швидкісна передача даних, автомобільна силова електроніка, сенсори** тощо.

3. Використання кремнієвих пластин за бізнес-моделлю Multi-Project Wafer (MPW):

Використання кремнієвих пластин за бізнес-моделлю Multi-Project Wafer (MPW): Технологія має підтримувати MPW, що дає змогу на одній кремнієвій пластині (яка є основою для виробництва мікросхем) розмістити різні типи мікросхем від різних замовників.

4. Заплановані обсяги виробництва:

Початкові обсяги виробництва передбачаються до 1000 WPM (wafers per month, пластин на місяць). Для розуміння контексту:

- Кремнієва пластина: це диск діаметром 200 мм (можуть бути інші розміри), на якому виготовляють мікросхеми.
- На одній такій пластині можна розмістити багато окремих мікросхем (чипів).
- При середньому розмірі одного чипу 5х5 мм², на одній пластині може поміститися кілька сотень чипів.
- Так, виробляючи 1 000 пластин на місяць, фабрика зможе виготовляти трохи більше 1 мільйона окремих чипів щомісяця.

Для порівняння:

- *Сучасний смартфон містить кілька десятків різних мікросхем.*
- *Автомобіль може містити сотні мікросхем різного призначення.*
- *Виробництво 1 мільйона чипів на місяць дасть змогу задовольнити потреби багатьох галузей промисловості — від побутової електроніки до військової техніки.*

Ці числа є орієнтовними та приблизними, і можуть бути скориговані залежно від конкретних потреб та можливостей.

5. Модуль радіаційної стійкості:

Обрана технологія має дозволити розробку додаткового модуля розширення для створення радіаційно стійких схем. Це важливо для зміцнення наших оборонних та аерокосмічних секторів (літаки, супутники та інше).

6. Програмне забезпечення:

Обрана технологія має підтримуватися повним комплектом спеціалізованого високовартісного програмного забезпечення (ПЗ) класу EDA (Electronic Design Automation, автоматизоване проектування електроніки) від постачальника, який є дружнім для України. Що таке EDA і чому це важливо:

- EDA — це спеціалізоване програмне забезпечення, яке використовується для проектування та виробництва складних електронних систем, як-от мікропроцесори та інші інтегральні схеми.
- Це ПЗ дає змогу інженерам проектувати, симулювати та тестувати мікросхеми перед їх фізичним виготовленням, що значно знижує витрати й час розробки.
- Без такого ПЗ майже неможливо розробляти сучасні складні мікросхеми.

Особливості ринку EDA:

- Більшість ліцензій у цьому сегменті напівпровідникового ринку контролюється США. Це означає, що доступ до цього ПЗ може бути обмежений геополітичними факторами.
- Вартість ліцензій на окремі програмні продукти з розрахунку на одне робоче місце інженера коштує від кількох одиниць до десятків тисяч доларів США.
- Вартість пакету повного маршруту проектування мікросхем може сягати від \$100 000 до \$1 мільйона.

TCAD (Technology Computer-Aided Design):

- Це інший тип спеціалізованого ПЗ, яке використовують фабрики для моделювання параметрів та налаштування технології виробництва мікросхем.
- Вартість ліцензій на TCAD може сягати \$2–4 мільйонів.
- TCAD допомагає оптимізувати процес виробництва, що призводить до підвищення якості та зниження витрат.

Стратегічне партнерство: Silvaco Group готова бути стратегічним Signoff EDA партнером екосистеми для України. Це означає:

а) надання ліцензій на програмне забезпечення EDA, включно з безоплатними навчальними версіями для університетів. Це дасть змогу підготувати нове покоління фахівців у галузі проектування мікросхем;

б) налаштування та сертифікація технології за допомогою продуктів TCAD. Це забезпечить оптимізацію виробничого процесу відповідно до конкретних потреб України;

в) розробка повного набору інструментів для проектування — Personal Design Kit (PDK). PDK — це набір файлів, який використовують для проектування мікросхем під конкретну технологію виробництва. Він містить усю необхідну інформацію про виробничий процес, що дає змогу інженерам створювати проекти, які можна буде успішно виготовити на конкретній фабриці.

6.2. Оглядова таблиця країн

Країна	К-сть фабрик	Найдосконаліша технорма процесу	Розрахункова загальна потужність виробництва (WPM)	Частка ринку напівпровідників (%)	Промисловість мікроелектроніки: починаючи з (рік):	Ключові сильні сторони вітчизняної напівпровідникової промисловості
США	>20	10–7-нм	4,5 млн	45%	1950-ті роки	Розширені науково-дослідні розробки, історичне лідерство в галузі, провідні компанії, що займаються виготовленням фабричного виробництва, глобальні компанії IDM, інноваційні центри, надійний захист ІВ, контроль над 2 із 3 найбільших постачальників EDA (ліцензії та ІР напівпровідників).
ЄС	~20	16–14-нм	1.6М	9,5%	1960-ті роки	Потужний дизайн і виробничі можливості ІС, урядові ініціативи, золоті інструменти EDA, США, Японія, Південна Корея та потенційно Індія як стратегічні партнери.
Китай	25+	7-нм	5,5 млн	~12-15%	1980-ті роки	Потужна державна підтримка, масштабні інвестиції, потенційно технорми менш ніж 7-нм, виробничі потужності, що швидко зростають.
Японія	10-15	7-нм	~2,2 млн	10%	1960-ті роки	Лідер на ринку LCD/FPD, сильний у виробництві пам'яті та датчиків зображення, вертикальній інтеграції, історичному лідерстві в галузі, ноухау та патентах.
Південна Корея	12	3-нм	~3,1 млн	20%	1980-ті роки	Лідерство у виробництві комп'ютерної пам'яті, потужна вертикальна інтеграція, глобальні компанії IDM, величезна державна підтримка.
Тайвань	15 (77)	3-нм	~5,3 млн	20%	1980-ті роки	Світовий лідер у виробництві за передовими технормами (>85–90%), де розташована компанія TSMC, світовий піонер і лідер у сфері foundry-послуг.
Ізраїль	1-2	65-нм	~125 000	~1%	1970-ті роки	Сильний дизайн ІС, зокрема лідерство в аналогових і змішаних сигналах ІС, сильний у кремнієвій фотоніці, альянс з Panasonic (TPSco) і Intel.
Велика Британія	2	28-нм	~25 000	<1%	1970-ті роки	Потужний у розробці напівпровідників, промислових заводах і стартапах, створенні ліцензованої ІР-адреси.

Індія	2	180-нм	~50 000	<1%	1980-ті роки	Сильний талант у розробці ІС, державна підтримка, що швидко зростає, потенціал ринку, що розвивається (прагне замінити Китай), підтримка США, Великої Британії та ЄС.
Україна (можливий сценарій)	2	180-нм 130-нм	~10 000- 20 000	<1%	1950-ті роки	Історичне лідерство в галузі (як спадок колишнього СРСР), зокрема оборонний та аерокосмічний, сильні таланти в розробці ІС, підготовці кадрів, піонер верифікації в хмарі EDA, США, ЄС та потенційно Ізраїль + Індію як стратегічних партнерів.

6.3. Правові висновки

Нижче наведено напрацювання юридичної групи, розроблені на базі проаналізованих стратегій.

Формування законодавства щодо розвитку галузі напівпровідників у світі пройшло в кілька етапів.

I етап — розробка та затвердження законодавства щодо регулювання галузі як складника традиційних галузей економіки країни.

II етап — формування спеціального законодавства для стимулювання розвитку. З досліджених країн це відбулося:

США ([American Foundries Act of 2020](#) — S.4130 — 116th Congress (2019–2020) American Foundries Act of 2020 (Закон про Американські напівпровідникові фабрики 2020).

Японії ([5G Promotion Act](#) — Закон про сприяння розвитку 5G (the Act on Promotion of Developing/Supplying and Introducing Systems Making Use of Specified Advanced Information Communication Technologies, Act No. 37 of 2020, hereinafter referred to as the “5G Promotion Act”).

Республіці Кореї ([ACT ON THE LAYOUT-DESIGNS OF SEMICONDUCTOR INTEGRATED CIRCUITS](#) — Закон про макетування напівпровідникових інтегральних мікросхем, Act No.13150, 03. Feb, 2015).

Китаї ([Internet Plus Action Plan](#) — Internet Plus Action Plan та Керівні висновки Державної ради щодо активного сприяння акції «Інтернет +», № 40, 2015, [The IC Plan](#) — «Національний план розвитку та просування індустрії інтегральних схем», (Guidelines to Promote National Integrated Circuit Industry Development) Державна Рада, 2014-06-24, (State Council, June 26, 2014).

ЄС [Альянс з процесорів і напівпровідникових технологій](#); програми та дії в галузі досліджень і розробок, як-от [Спільні підприємства](#), [Horizon Europe](#) і [Digital Europe Program](#); [проект спільного європейського інтересу \(IPCEI\)](#) з мікроелектроніки та комунікаційних технологій. [Підтримка через фінансування RFF](#).

III етап — унаслідок кризи поставок у 2020–2021 році, розширення залежності світового виробництва від впливу Китаю, країни переглянули свої стратегії та законодавство в напрямі:

- 1) визначення на законодавчому рівні значення напівпровідників для національної безпеки:

ЄС — [Директива \(ЄС\) 2022/2557](#) щодо стійкості критично важливих підприємств визначено перелік критичних секторів з метою як підвищення стійкості критично важливих підприємств на внутрішньому ринку шляхом установлення гармонізованих мінімальних правил, так і надання їм допомоги за допомогою узгоджених і цілеспрямованих заходів підтримки та нагляду.

США — [REVIEW REPORT](#) 24 лютого 2021 року президент Байден підписав указ № 14017 «Американські ланцюги постачання», у якому він доручив уряду США провести всебічний огляд критично важливих американських ланцюгів поставок, щоб визначити ризики, усунути вразливі місця та розробити стратегію підвищення стійкості.

Індія — Модифікована програма для екосистеми напівпровідників і дисплеїв 2021, [2022 років, Базове звільнення від сплати мита \(BCD\) для виробництва напівпровідників в Індії від 12.09.2022.](#)

Зміни в програмі, затверджені урядом Індії, передбачають значну фіскальну та грантову підтримку для створення заводів з виробництва напівпровідників та дисплеїв, а також сприяють розвитку національної індустрії напівпровідників шляхом зменшення залежності від імпорту, створення стійкої екосистеми й підтримки інноваційних досліджень.

Велика Британія — [Національна напівпровідникова стратегія](#) передбачає зменшення ризиків для національної безпеки, посилюючи захист найбільш чутливих напівпровідникових активів, належно балансує між безпекою та зростанням сектору, а також усуваючи ризики кібербезпеки.

Республіка Корея в [ACT ON SPECIAL MEASURES FOR STRENGTHENING THE COMPETITIVENESS OF, AND PROTECTING NATIONAL HIGH-TECH STRATEGIC INDUSTRIES](#) визначає «національну високотехнологічну стратегічну технологію», її важливість для забезпечення національної та економічної безпеки й політичні заходи, необхідні для розвитку та захисту.

Японія ([Economic Security Promotion Act \(ESPA\)](#)) — Закон «Про сприяння забезпеченню національної безпеки шляхом комплексного застосування економічних заходів» (Act on the Promotion of Ensuring National Security through Integrated Implementation of Economic Measures, Act No. 43 of May 18, 2022) — базуючись на своїй основній політиці, уряд забезпечує стабільне постачання визначених важливих поставок, щоб запобігти ситуаціям, коли безпека нації та її народу буде під загрозою через дії, здійснені зовнішніми сторонами.

Китай ([Export Control Law \(ECL\)](#)) — «Закон Китайської Народної Республіки про експортний контроль» (Export Control Law of the People's Republic of China), 17 жовтня 2020 р.);

- 2) законодавче регулювання інтелектуальної власності для розробки та виготовлення напівпровідників як критично важливої технології або технології, що є важливою для забезпечення національної безпеки:

Республіка Корея — [ACT ON PREVENTION OF DIVULGENCE AND PROTECTION OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY Act No.19166, 03. Jan, 2023](#) — міністр торгівлі, промисловості та енергетики за погодженням з керівниками відповідних центральних органів виконавчої влади розробляє керівні принципи щодо методів, процедур, необхідних для запобігання розголошенню та захисту промислових технологій, а також надає можливість установам, що володіють промисловими технологіями, використовувати ці керівні принципи захисту.

ЄС — Інтегровані виробничі потужності та відкриті напівпровідникові фабрики ЄС не повинні підлягати екстериторіальному застосуванню зобов'язань щодо надання публічних послуг, накладених третіми країнами, які можуть підрвати їхню здатність використовувати свою інфраструктуру, програмне забезпечення, послуги, обладнання, активи, ресурси, інтелектуальну власність або ноуау, необхідні для виконання зобов'язань

щодо пріоритетних замовлень відповідно до Регламенту на рівні пріоритетів щодо фінансування та повноважень ЄК щодо визначення підприємства таким, що відповідає критеріям статусу IPF або OEF.

З 1 червня 2023 року в Євросоюзі запрацювала нова єдина (унітарна) патентна система (Unitary Patent system) для патентів Європейського патентного відомства (European Patent Office, EPO). Вона оптимізує процедуру отримання патенту в Європі та водночас покликана полегшити захист патентних прав на території ЄС для винахідників та інноваційних компаній.

Окрім того, спори, що стосуватимуться порушення прав на європейські патенти з унітарною дією, розглядатимуться Єдиним патентним судом (Unified Patent Court, UPC).

Також 19 березня 2024 року було опубліковано [C\(2024\)1739 — Рекомендація Комісії щодо заходів щодо боротьби з підробками та посилення захисту прав інтелектуальної власності](#).

США — законодавчо визначено обмеження використання компаніями (незалежно від юрисдикції) об'єктів інтелектуальної власності в складі виробничого процесу напівпровідників для продажу компаніям у Китаї;

- 3) поширення законодавчого регулювання контролю інвестицій та правом корпоративного володіння у компаніях, що розробляють критично важливі технології для розробки та виробництва напівпровідників:

США — законодавчо визначено обмеження застосування інвестиційних та фіскальних стимулів до компаній, які мають виробництва в Китаї.

ЄС — умови фінансування для іноземних компаній передбачають умови спільного інвестування за попереднього контролю походження інвестицій та впливу на внутрішній ринок.

Республіка Корея — [THE FOREIGN INVESTMENT PROMOTION ACT](#) — визначені умови щодо перевірки того, чи може іноземна інвестиція розглядатися як загроза національній безпеці Міністром торгівлі, промисловості та енергетики після розгляду Комітетом з питань іноземних інвестицій за запитом компетентного міністра або керівника інформаційно-розслідувального органу;

- 4) запровадження інвестиційних та податкових стимулів для розвитку екосистеми напівпровідників на власній території:

ЄС — [\(Регламент \(ЄС\) 2023/1781](#) (European Chips Act) — Підтримка повинна використовуватися для вирішення проблем, пов'язаних з провалами ринку або неоптимальними інвестиційними ситуаціями, у пропорційний спосіб, а заходи не повинні дублювати або витісняти приватне фінансування чи спотворювати конкуренцію на внутрішньому ринку. Заходи повинні мати чітку додану вартість для Союзу.

США — переважна частина фінансування передбачена саме для компаній, що планують реалізувати проєкти розміщені на території США, а також розміщення та розвитку R&D-центрів;

- 5) перегляд регуляторного регулювання для створення нових виробництв напівпровідників чи розширення наявних:

IV етап — унаслідок безпекової кризи після військової агресії росії проти України загроза нападу Китаю на Тайвань та інші воєнні конфлікти. «Перегоні» субсидій для відкриття нових фабрик та значне збільшення бюджетів на напівпровідникову галузь.

Перегляд безпекового законодавства й експортних обмежень з огляду на можливі порушення ланцюгів поставок та можливої кризи в напівпровідниковій галузі через це.

США — [\(Chip EQUIP Act](#) (The Chip Equipment Quality, Usefulness, and Integrity Protection Act of 6 2024) — Chip EQUIP Act забороняє виробникам напівпровідників, що фінансуються в межах CHIPS and Science Act, використовувати різноманітне спеціалізоване виробниче обладнання, що постачається «іноземним суб'єктом господарювання, що викликає занепокоєння», у будь-яких операціях, що базуються на території США.

Японія — [Закон про економічну безпеку](#) — Закон про економічну безпеку Японії, 31 травня 2024 р. — система передбачає фінансову підтримку, створення рад з підтримки державно-приватного партнерства, замовлення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт (аналітичних центрів), а також містить механізм затримки публікації патентних заявок з охоронним грифом та обмеження щодо іноземних заявок.

ЄС — [Європейська стратегія економічної безпеки 2023](#) передбачає частковий відхід від традиційних принципів вільного ринку в намаганні протистояти несправедливій торговельній практиці Китаю. Ця стратегія спрямована на те, щоб мінімізувати нові ризики в умовах загострення геополітичної напруженості та швидких технологічних змін, зберігаючи водночас високий ступінь відкритості економіки та економічного динамізму, [Регламент про перевірку прямих іноземних інвестицій \(ПІІ\)](#) у січні 2024 р. Європейська комісія оприлюднила пропозиції щодо реформування поточного механізму перевірки ПІІ. Запропоновані зміни спрямовані на подолання регуляторної фрагментації в ЄС, спричиненої різними національними підходами, запровадження більш стандартизованої оцінки потенційних ризиків для безпеки ... та підвищення спроможності ЄС захищати критично важливі галузі за допомогою покращених механізмів звітування, перевірки та перегляду ПІІ.

[Закон про надзвичайні ситуації та стійкість внутрішнього ринку \(IMERA\)](#) передбачає повноваження вживати надзвичайних заходів, як-от цільові запити на інформацію до економічних операторів і прискорені процедури для продуктів, що стосуються кризи.

[Регламент ЄС щодо експортного контролю товарів подвійного використання](#) в січні 2024 р. Європейська комісія опублікувала Білу книгу щодо експортного контролю, у якій показано поточні відмінності в контролі за експортом товарів подвійного призначення в державах-членах ЄС і викладено пропозиції щодо посилення координації дій на рівні ЄС. Попри нещодавню модернізацію режиму експортного контролю ЄС шляхом ухвалення оновленого Регламенту подвійного використання у 2021 р., Біла книга вказує на очевидну потребу в змінах — унаслідок поточної геополітичної напруженості, швидких технологічних змін та односторонніх дій третіх країн (а надто з огляду на агресію росії проти України).

[Регламент про іноземні субсидії \(FSR\) 2023](#) надає Європейській комісії нові широкі повноваження щодо протидії передбачуваним спотворювальним ефектам іноземних субсидій на єдиному ринку ЄС, які вийшли за межі чинної системи державної допомоги, контролю за злиттями та антимонопольного законодавства.

УЗАГАЛЬНЮВАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Порівняльний аналіз правового регулювання вказаних країн дає змогу виокремити загальносвітові закономірності.

1. Велика капіталоемність та виробничий цикл створення промислового обладнання для виготовлення напівпровідників потребує державного стимулювання та взаємодії з компаніями — світовими лідерами виробництва, які володіють сучасними напівпровідниковими технологіями та вкладають значні кошти в наукові дослідження.

2. Наявність на території країни сучасних виробництв напівпровідників є основою формування незалежного та самодостатнього сектору оборони, здатного до розробки та виробництва озброєння нового покоління. Таке значення зумовлює визначення галузі виробництва напівпровідників як одного зі складників національної безпеки, а самі технології створення та виготовлення напівпровідників критично важливими для держави.

3. Формування виробничої бази та екосистеми виготовлення напівпровідників, особливо в країнах, що наразі не мають або мають незначні виробництва напівпровідників, потребують іншого підходу, ніж традиційні галузі економіки. Такий стан справ зумовив перегляд підходів регулювання підприємницької діяльності, оподаткування, фінансово-кредитних механізмів, регулювання користування природними ресурсами та екологічних вимог.

4. Висока наукоємність виробничого ланцюга напівпровідників вимагає наявності в країні значної кількості дослідників, науковців та розробників, які спеціалізуються на напівпровідникових технологіях. Це зумовило необхідність законодавчого унормування стимулювання розвитку освіти, наукових досліджень і розробок напівпровідників, їх швидкої комерціалізації та впровадження у виробництво. Водночас глобальна конкуренція за кадровий потенціал формує вимоги до країн, щодо забезпечення умов навчання, наукових досліджень та можливості швидкого впровадження винаходів і розробок у виробництво напівпровідників.

5. Глобальність виробничого ланцюга напівпровідників зумовлює перегляд чинного законодавства щодо регулювання експортно-імпортних відносин постачання критично важливої сировини, окремих елементів та основи для створення напівпровідників.

6. Глобальний фрагментований виробничий ланцюг напівпровідників зумовлює наявність значної кількості поєднань інтелектуальної власності різних компаній різних країн у готовому продукті. Така взаємозалежність зумовлює потребу чіткого законодавчого регулювання охорони та захисту прав інтелектуальної власності, створення умов для зміни процедур розгляду заявок на патенти з метою їх пришвидшення.

Так, Україна не уникне необхідності враховувати вищезазначені вимоги до формування національного законодавства. Водночас, оскільки Україна буде лише формувати національне законодавство, то, спираючись на світовий досвід, може використати приклади найбільш ефективного регулювання та стимулювання.

ЧИННЕ ЗАКОНОДАВСТВО УКРАЇНИ

Національна нормативна база, що регулює взаємовідносини, охоплені виробничим ланцюгом в Україні, є комплексною, розгалуженою та досить детально регулює відносини у сфері підприємницької діяльності, інтелектуальної власності, освіти та наукової діяльності, промислових стандартів та безпеки виробництва, податкового стимулювання, використання природних ресурсів, захисту національних інтересів і застосування обмежувальних заходів.

Наразі законодавство України містить визначення «напівпровідниковий виріб» відповідно до Закону України «Про охорону прав на компонування напівпровідникових виробів». А також декілька урядових постанов регламентують розвиток критичних технологій у сфері озброєння та військової техніки, практичне застосування матеріалів, які використовують у виробничому ланцюгу. **Більше жодних особливостей регулювання галузі напівпровідників чинне законодавство не містить.**

Так, можна дійти висновку, що Україна потребує в межах адаптації національного законодавства до положень ЄС, розробки та ухвалення парламентом нового Закону «Про

стратегічні галузі», який мав би всеохопно врегулювати всі правовідносини, які виникають під час взаємодії кожного зі складових елементів екосистеми напівпровідників.

6.4. Правові рекомендації щодо підготовки Chips Act UA

1. Проаналізувати поточний нормативно-правовий стан регулювання напівпровідникової галузі України.
2. Визначити в документах стратегічного планування розвитку України роль та місце напівпровідникової галузі України.
3. Визначити ключові цілі єдиного й комплексного законодавчого регулювання напівпровідникової галузі України з урахуванням національних інтересів та безпеки.
4. Законодавче регулювання напівпровідникової галузі України здійснити шляхом гармонізації українського законодавства з нормами Директив і Регламентів ЄС.
5. Розробити податкові пільги та інвестиційні стимули щодо стимулювання розвитку вітчизняної напівпровідникової промисловості, з одночасним створенням системи контролю іноземних інвестицій у стратегічно важливі підприємства напівпровідникової галузі.
6. Переглянути наявні механізми державно-приватного партнерства та привести їх у відповідність до положень законодавства ЄС
7. Уніфікувати механізми захисту інтелектуальної власності у сфері напівпровідникових технологій з положеннями Директив і Регламентів ЄС.
8. Визначити план дій для єдиного уповноваженого державного органу України щодо інтеграції України до глобальних ланцюгів постачання напівпровідникової продукції.
9. Переглянути положення щодо розвитку освіти та науково-дослідної діяльності для стимулювання збільшення кількості висококваліфікованих аспірантів та науковців у сфері напівпровідникових технологій.
10. Переглянути законодавче регулювання кібербезпеки задля посилення захисту інфраструктури напівпровідникової галузі України.

7. Техніко-технологічні тенденції в галузі напівпровідників

7.1. Європейський Союз

Цілі та амбіції

Європейський Союз прагне збільшити свою частку світового ринку напівпровідників з нинішніх 10% до 20% до 2030 року в межах ініціативи European Chips Act. Цей план передбачає подвоєння виробничих потужностей і посилення глобальної присутності Європи, забезпечуючи так технологічний суверенітет і регіональну конкурентоспроможність.

Поточна позиція в ланцюгу постачання

Наразі Європейський Союз не має належної позиції в глобальному ланцюгу постачання напівпровідників. Більшість європейських виробничих потужностей зосереджена на зрілих технологіях за технормами 180-нм і більше, які відносно застарілі порівняно з передовими виробничими технологіями, що використовують в інших частинах світу.

Європейський Союз визначив ключові напрями розвитку напівпровідникових технологій:

Квантові обчислення: розробка чипів, здатних підтримувати нове покоління квантових комп'ютерів.

Штучний інтелект: впровадження передових чипів для забезпечення високої продуктивності обробки даних і підтримки складних моделей ШІ.

Розширений дизайн мікросхем: розробка інноваційних підходів до проектування напівпровідників для задоволення дедалі більших потреб ринку.

Застосування галузевого ринку

Напівпровідники є критично важливими компонентами в кількох ключових секторах європейської економіки:

Автомобільний сектор: на нього припадає 37% ринку напівпровідників. Провідні гравці в цій галузі, як-от Infineon і NXP, займають провідні позиції в усьому світі у виробництві автомобільних напівпровідників.

Силов електроніка: становить 17% ринку. Цій галузі потрібні спеціальні рішення для підвищення енергоефективності, зокрема використання складних (III–V та II–VI) напівпровідників.

Безпека та зв'язок (5G/6G): на сектор зв'язку припадає 5% ринку, а нові покоління мереж потребують застосування III–V напівпровідників.

Оборона та аерокосмічна промисловість: ці сектори також потребують складних, високопродуктивних напівпровідників із передовими технічними характеристиками.

Співпраця та екосистема

Зусилля ЄС зосереджені на співпраці між державами-членами для створення єдиної та конкурентоспроможної екосистеми напівпровідників. Такі ініціативи, як Chips Joint Undertaking (ChipsJU), спрямовані на об'єднання досліджень, виробництва та навчання.

Освіта та дослідження

Європа має сильні позиції в освіті та наукових дослідженнях, хоча зусилля часто децентралізовані. Централізовані ініціативи можуть допомогти зміцнити позиції Європи на ринку.

Ринкові позиції в Європі

Європа займає значну частку ринку виробничого обладнання (22%) і матеріалів (14%, включаючи Si). Однак регіон відстає в таких сферах, як EDA та IB, проектування, тестування та кінцеве виробництво мікросхем.

Передові технології

У Європейському Союзі розміщується штаб-квартира ASML, провідної технологічної компанії, що спеціалізується на ультрафіолетовій літографії (зокрема найбільш передовій — екстремальній — EUV). Перше підприємство з виробництва чипів на базі EUV у Європі було

відкрито в Ірландії компанією Intel у 2023 році, демонструючи спроможність регіону впроваджувати передові технології.

Висновок

Зміцнення позицій ЄС на ринку напівпровідників вимагає значних зусиль у сфері інновацій, виробництва та кооперації. Завдяки амбітним цілям і розвитку нових технологій Європа має потенціал значно збільшити свою частку світового ринку до 2030 року.

7.2. США

Протидія та національна безпека

У США напівпровідники відіграють вирішальну роль у національній безпеці, особливо мікросхеми, виготовлені за технормами нижче 28-нм. Уряд США прагне обмежити розширення виробничих потужностей у зарубіжних країнах, зокрема в Китаї, у межах більш широкої стратегії збереження технологічних переваг і незалежності від потенційних супротивників.

Розвиток талантів

Розвиток кваліфікованої робочої сили в мікроелектроніці є життєво важливим для збереження лідерства США в напівпровідниковій промисловості. Уряд США зосереджується на ініціативах щодо покращення освіти та навчання в цій галузі через партнерство з навчальними закладами та промисловістю. Національна мережа з удосконалення освітніх програм спрямована на підвищення національної конкурентоспроможності та стійкості.

Інвестиції та розширення виробничих потужностей

Станом на серпень 2024 року США виділили більше половини субсидії в розмірі \$52 мільярдів на розширення потужностей з виробництва напівпровідників (без урахування інвестицій у дослідження та розробки). Основними бенефіціарами цих програм є Intel, Micron, GlobalFoundries, Polar Semiconductor, Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), Samsung, BAE Systems і Microchip Technology:

Intel: Встановив дві машини EUV на своєму заводі D1X в Орегоні та планує встановити додаткове обладнання.

Samsung: Будівництво технологічного об'єкта EUV в Остіні, штат Техас, розпочнеться у 2025 році.

TSMC: Будівництво вдосконаленого підприємства EUV в Арізоні, яке розпочато у 2024 році.

GlobalFoundries: Будівництво фабрики з підтримкою EUV у Мальті, штат Нью-Йорк, з початком роботи в середині 2020-х років. Компанія також отримала \$1,5 мільярда від уряду, з них \$35 мільйонів на розвиток виробництва GaN-on-Si.

Висновок

США активно розвивають свої напівпровідникові можливості, зосереджуючись на протидії Китаю, зміцненні національної безпеки та збереженні незалежності. Значні інвестиції у

виробничі потужності та розвиток робочої сили сприятимуть збереженню технологічного лідерства та конкурентоспроможності країни на світовому ринку.

7.3. Велика Британія

Стратегічне позиціонування та співпраця з Європою

Велика Британія розглядає свою напівпровідникову стратегію окремо від Європейського Союзу, але нещодавно виділила 35 мільйонів фунтів стерлінгів на участь у програмі European Chips Joint Undertaking. Це рішення відображає прагнення Великої Британії до міжнародних дослідницьких ініціатив, зберігаючи національну стратегічну незалежність.

20-річні цілі

Лідерство в технологіях майбутнього: Велика Британія прагне стати лідером у сфері нових технологій завдяки освіті та інноваційним відкриттям і досягненням.

Технології майбутнього та роль кластерів

Стратегія Великої Британії зосереджена на технологіях майбутнього. Для досягнення цих цілей у країні створено шість кластерів, які об'єднують університети та компанії. Ці кластери спрямовані на інтеграцію освіти, досліджень і промисловості, сприяючи швидкому впровадженню нових технологій.

Поточна виробнича ситуація

Нині Велика Британія не має значних потужностей з виробництва напівпровідників. Єдиний відомий виробник, Pragmatic Semiconductors, який отримав державне фінансування, розглядає можливість перенесення своєї діяльності в США або Європу, підкреслюючи залежність Великої Британії від іноземних виробничих потужностей і необхідність розвитку власної виробничої бази.

7.4. Китай

Переваги

Китай має значні переваги в *масовому* виробництві напівпровідників, включно з виробництвом мікросхем для різних застосувань і високим ступенем вертикальної інтеграції. Країна також просувається в науково-дослідних розробках та ІВ у сфері проектування напівпровідників.

20-річні цілі

Лідерство в галузі: Китай прагне стати світовим лідером у виробництві та розробці напівпровідників до 2040 року, включно зі збільшенням своєї частки на світовому ринку та розвитком критичних технологій.

Освіта та розвиток кваліфікованої робочої сили

Китай інвестує в освіту та підготовку висококваліфікованих спеціалістів мікроелектроніки. Підтримка освітніх програм і дослідницьких центрів спрямована на підготовку нових поколінь інженерів і дослідників та запрошення / повернення спеціалістів з-за кордону.

Виробнича потужність і тенденції

У Китаї розміщені напівпровідникові фабрики *глобальних виробників*: **UMC, Texas Instruments, Micron, Intel, SK Hynix, LiteON, NXP Semiconductors, TSMC, Samsung.**

Місцеві фабрики:

Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC) — частково державна foundry. Це найбільший (перший за величиною) контрактний виробник мікросхем у материковому Китаї та 3-й у світі. Надає послуги з виробництва IC за техпроцесом від 350 до 14 (7)-нм для Huawei Mate 60 смартфона.

Hua Hong Semiconductor Limited-foundry, технологічний процес за технормами 28/22-нм; у 2022 році розробляла передову технологію за технормами 14-нм для пластин 300 мм, наразі є другим за величиною виробником IC у материковому Китаї після конкурента SMIC і 6-м у світі з часткою ринку 2,6%.

Yangtze Memory Technologies Corp (YMTC): IDM, спеціалізується на флешпам'яті (NAND) і досягла значних успіхів, включно зі 128-шаровими вертикальними мікросхемами NAND.

ChangXin Memory Technologies (CXMT): IDM яка спеціалізується на виробництві пам'яті DRAM. Станом на 2020 рік ChangXin може виробляти оперативну пам'ять LPDDR4 і DDR4 за 19-нм технормами з потужністю 40 000 пластин на місяць.

Silan Microelectronics — IDM, компанія зосереджена на розробці IC та один з найбільших виробників інтегрованих пристроїв у Китаї.

Цілі виробництва: Китай планує досягти 70% місцевого виробництва мікросхем до 2025 року, хоча західні прогнози оцінюють у 30%.

Інвестиційні фонди: Китай створив три інвестиційні фонди на загальну суму \$150 мільярдів для розвитку напівпровідників, підтримуючи такі великі компанії, як **SMIC, Hua Hong Semiconductor і YMTC.**

Частка ринку: Частка Китаю у світовому виробництві напівпровідників зросла до **12%** і продовжує збільшуватися.

7.5. Південна Корея

Стратегічне позиціонування на світовому ринку

Південна Корея є одним з головних гравців на ринку напівпровідників, посідаючи лідерські позиції у виробництві *пам'яті* та контрактному виробництві. Країна контролює 21% світового ринку продажу напівпровідників, що відображає її значний вплив у галузі.

Лідерство у виробництві пам'яті та проблеми

Беззаперечним світовим лідером з виробництва чипів пам'яті є Південна Корея. Сектор напівпровідників Південної Кореї дуже концентрований: дві провідні компанії домінують у виробництві пам'яті, а одна — у контрактному виробництві. Країна використовує передові технології, включно з 3-нм для виробництва пам'яті та складною багатошаровою 3D-упаковку.

Однак цей сектор стикається з такими проблемами, як висока капіталомісткість і конкуренція з боку Китаю на спеціалізованих ринках, як-от NAND і DRAM, і конкуренцією із США, Китаєм, Тайванем та Японією.

Поточне виробництво та майбутні цілі

Основні напівпровідникові компанії Південної Кореї розширюють виробничі потужності та інвестують у передові технології. **Наприклад:**

Samsung: Планує інвестувати \$350 мільярдів протягом наступних п'яти років, зосередившись на мікросхемах пам'яті та передових процесах.

SK Hynix: Також розширює виробництво мікросхем пам'яті та інвестує в передові технології.

DB HiTek: Найбільший контрактний виробник аналогових та цифрових мікросхем у Кореї.

7.6. Японія

Огляд галузі

Японська напівпровідникова промисловість зазнає значних змін через внутрішні ініціативи та тиск глобального ринку. Історично Японія була лідером у виробництві напівпровідникового обладнання та матеріалів. Проте стрімкий технологічний прогрес і поява сильних глобальних конкурентів поставили кілька проблем. Японська напівпровідникова промисловість переживає значні трансформації як через внутрішні ініціативи, так і через виклики світового ринку.

Зміцнення виробництва Японія зосереджується на розширенні виробничих потужностей, зокрема в сегменті силових напівпровідників. Уряд прагне підвищити конкурентоспроможність японських компаній і зробити Японію «третім полюсом» на світовому ринку поряд з Європою та США. Японія інвестує в передові технології, як-от SiC і GaN для енергетичних напівпровідників, які мають вирішальне значення для електромобілів й енергоефективних технологій.

Людські ресурси Японія стикається з нестачею кваліфікованого персоналу в галузі напівпровідників, з очікуваним попитом на 40 000 нових працівників протягом наступного десятиліття. Щоб вирішити цю проблему, докладають зусиль для розвитку людських ресурсів через співпрацю між галузеву освітою, наукою та урядом.

Регіональний фокус Регіон Кюсю, особливо Кумамото, стає центром передового виробництва напівпровідників. Очікується, що цей регіон відіграватиме ключову роль у стратегії Японії стати лідером у глобальних ланцюгах постачання напівпровідників.

Ключові учасники Основними гравцями на ринку є **Renesas, Sony, Toshiba, Mitsubishi Electric і Denso**. Японські компанії займають значну частку світового ринку силових напівпровідників, а Renesas — 16% ринку мікроконтролерів, що має вирішальне значення для автомобільної промисловості.

7.7. Індія

1. Модифікована програма екосистеми для напівпровідників і дисплеїв

Бачення: Індія прагне стати глобальним центром виробництва електронних систем (ESDM), зосередившись на напівпровідниках і дисплеях (за технологією TFT LCD або AMOLED), як зазначено в Національній політиці щодо електроніки 2019 (NPE 2019).

2. Ключові гравці та інфраструктура

SCL:

- **Потенціал розширення:** Semiconductor Complex Limited (SCL) перетворюється на науково-дослідний центр і великомасштабне виробниче підприємство з технологічними нормами 180-нм і 65-нм.
- **Ключові зацікавлені сторони:** Постачальники EDA, гравці IDM і постачальники серверів відіграють вирішальну роль у розробці, виробництві та поширенні напівпровідників в Індії.

3. Сильні сторони та проблеми

Сильні сторони:

- **Кваліфікована робоча сила:** В Індії розташовано 20% інженерів-конструкторів напівпровідників у світі.
- **Урядові ініціативи:** NPE 2019 та інші програми підтримують розвиток інфраструктури та проектування мікросхем.
- **Дедалі більший ринок:** За прогнозами, до 2030 року попит на напівпровідники перевищить \$110 мільярдів.

Виклики:

- **Високі капіталовкладення:** Потрібні значні інвестиції в дослідження, розробки та інфраструктуру.
- **Обмежене внутрішнє виробництво:** Більшість індійських заводів зосереджена на конкретних секторах, як-от оборона та космос.
- **Глобальна конкуренція:** Індія стикається із сильною конкуренцією з боку Тайваню, Південної Кореї та Китаю.

Статистика ринку

- **Розмір ринку:** Індійський ринок напівпровідників у 2023 році оцінюється в \$34,3 мільярда, а до 2029 року очікується, що він досягне \$100 мільярдів із середньорічним темпом зростання 20,1%.
- **Ініціативи:** 76 000 рупій виділено на розвиток екосистем напівпровідників і дисплеїв із програмами підтримки дизайнерських компаній і місцевого виробництва.

4. Кейс успіху: співпраця SCL — TOWERJAZZ

Оновлення: SCL було оновлено до 180-нм технології у співпраці з Tower Semiconductor, що дає змогу виробляти інтегральні схеми для аналогових, змішаних сигналів і цифрових додатків.

7.8. Сингапур

Напівпровідникова промисловість Сингапуру є важливою частиною його економіки, сприяючи **7% ВВП** і позиціонування країни як **4-й** світовий експортер напівпровідників. Країна відіграє ключову роль у виготовленні пластин, збиранні й пакуванні, тестуванні та передових дослідженнях напівпровідників, має міцні зв'язки з глобальними ланцюгами поставок.

Ключові гравці:

- **STMicroelectronics:** глобальний лідер із значною присутністю в Сингапурі, який зосереджується на передових дослідженнях і розробках та виготовленні пластин.

- **GlobalFoundries:** керує великою фабрикою з виробництва напівпровідників, що забезпечує великі обсяги виробництва.
- **Технологія Micron:** спеціалізується на рішеннях для пам'яті та зберігання даних, використовує передові засоби для досліджень і виробництва.
- **Технології Infineon:** інвестує в дослідження для автомобільного та промислового застосування.

Міцність інфраструктури:

- **Інститут мікроелектроніки A*STAR:** забезпечує передові дослідження в MEMS, 3D-інтеграція і вафельна упаковка.
- **Сингапурський гібридний інтегрований центр мікроелектроніки наступного покоління (SHINE):** фокусується на розробці матеріалів і розумних датчиків.
- **Ініціатива Lab-in-Fab:** Спільний проект з **A*STAR**, **STMicroelectronics**, і **ULVAC** для п'єзо-MEMS виробництва.

Виклики:

- **Збої в глобальному ланцюгу поставок:** Висока залежність від зовнішньої сировини та компонентів.
- **Напружена глобальна конкуренція:** суперництво з такими країнами, як Тайвань, Південна Корея та США у виробництві напівпровідників та інноваціях.
- **Утримання талантів:** труднощі в підтримці конкурентоспроможного резерву кадрів серед глобального попиту.
- **Технологічні досягнення:** швидкі темпи інновацій створюють ризики відставання в регулюванні та вимагають постійних інвестицій у дослідження та розробки.

7.9. Загальні висновки

- Китай контролює комплексний ланцюжок поставок у галузі напівпровідників, який охоплює весь цикл — від постачання матеріалів до виробництва електроніки — та вже досяг рівня технорм 7-нм. Наразі його технологічне відставання становить приблизно 8–10 років. Але темп розвитку галузі, який стрімко набирає Китай, дає можливість скоротити його. І це становить величезний ризик, зорема, для безпеки США та ЄС.
- На глобальному рівні є гостра конкуренція між США та Китаєм. США запровадили санкції проти постачання напівпровідників, інтелектуальної власності, літографічного обладнання EUV (DUV) від ASML та інших критично важливих технологій. У відповідь Китай нещодавно оголосив про обмеження на постачання матеріалів для мікроелектроніки, включно з галієм (Ga), де Китай займає 98% виробництва, і германієм (Ge), де частка Китаю становить 60%.
- Європа та США відстають від Азії в масовому виробництві чипів та наявності EUV-літографічних машин. Однак США домінують у найприбутковіших сегментах напівпровідникової промисловості, як-от EDA та IB, а також в інноваційних розробках мікросхем, часто будучи кінцевим постачальником передових мікросхем.
- Україна має можливість використати досвід Європейського Союзу, Великої Британії та Південної Кореї, зосередившись на менш передових напівпровідникових технологіях і нових високотехнологічних інноваціях. Країна повинна інвестувати в навчання персоналу та активно брати участь у глобальних ланцюжках поставок матеріалів.

8. Робочі матеріали

8.1. Порівняльний аналіз

Економічний та змістовий аналіз

Європейський Союз: [Chips Act EU Analytical Report Aut24](#)

США: [Chips Act US Analytical Report Aut24](#)

Велика Британія: [Chips Act" UK Analytical Report Aut24](#)

Індія: [Chips Act" India Analytical Report Aut24](#)

Китай: [Chips Act" China Analytical Report Aut24](#)

Південна Корея: [Chips Act" South Korea Analytical Report Aut24](#)

Японія: [Chips Act" Japan Analytical Report Aut24](#)

Сингапур: [Chips Act" Singapore Analytical Report Aut24](#)

Технічний аналіз

Європейський Союз: [EC Fab Assessment Report rev1](#) , [EU ChipsAct technical overview](#)

США: [ChipsAct US technical overview](#)

Велика Британія: [EN Аналіз \(техн\) Стратегії UK .docx](#)

Індія: [ChipsAct India technical overview ENG](#)

Китай: [China Semi Strategy \(techn\) EN.docx](#)

Південна Корея: [EN Аналіз техн Стратегія Республіки Корея в галузі напівпровідників.docx](#)

Японія: [ChipsAct Japan technical overview ENG](#)

Юридичний аналіз

Європейський Союз: [Chip Act EU Legal Aspect eng](#)

США: [Chips and Scince Act USA Legal Aspect eng](#)

Велика Британія: [CHIPS UK eng.docx](#)

Індія: [CHIPS act IN en.docx](#)

Китай: [MIC 2025 Legal Aspect ukr eng](#)

Південна Корея: [CHIPS Act Korea en](#)

Японія: [CHIPS act JP en](#)

8.2. Діаграми дослідження:

Режим аналізу Chips Act, структури документів, структура промисловості напівпровідників та діаграми аналізу (код доступу — internet)

<https://www.figma.com/board/PKHZA206INYKx0dbzq21YD/Chip-Acts-Global-MindMaps?node-id=69-558&t=knSYNhWJkv48BaCT-1>

8.3. Список літератури

8.3.1. Глобальний ринок

Ключові звіти:

BCG+SIA: [EMERGING RESILIENCE IN THE SEMICONDUCTOR SUPPLY CHAIN
Semiconductor Market Size Growth Forecast 2024-2028](#)

Deloitte: [2024 global semiconductor industry outlook](#)

TechPowerUp: [Report: Global Semiconductor Capacity Projected to Reach Record High 30 Million
Wafers Per Month in 2024 | TechPowerUp](#)

FortuneBusiness: [Semiconductor Market Size, Share, Growth & Forecast \[2032\]](#)

nb Додаткові посилання в розділі 5.1.

8.3.2. ЄС

Європейська рада: [The EU chips industry — Consilium](#)

[The Missing Strategy in Europe's Chip Ambitions](#)

[Competitiveness & Innovation | Eusemiconductors](#)

[Global Semiconductor Trends and the Future of EU Chip Capabilities](#)

IMARC: [Europe Semiconductor Market Size, Share & Forecast 2032](#)

8.3.3. США

[2023 State of the U.S. Semiconductor Industry](#)

https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2023/07/SIA_State-of-Industry-Report_2023_Final_072723.pdf

[United States Semiconductor Market Size & Analysis | 2032](#)

[Government of Texas](#)

[America Projected to Triple Semiconductor Manufacturing Capacity by 2032, the Largest Rate of Growth in the World](#)

8.3.4. Індія

[Vedanta-Foxconn JV re-submit proposal, to now set up 40 nm fab | Business News — The Indian Express](#)

8.3.5. Велика Британія

ExpertMarketResearch: [UK Semiconductor Market Size, Share, Trends & Analysis 2032](#)

ImarcGroup: [United Kingdom Semiconductor Market Size | Forecast 2032](#)

Chatham House: [The balancing act for the UK's semiconductor strategy | Chatham House – International Affairs Think Tank](#)

8.3.6. Китай

«Китайський інвестиційний фонд індустрії інтегральних мікросхем» – Вікіпедія
https://en.wikipedia.org/wiki/China_Integrated_Circuit_Industry_Investment_Fund

«Китай планує сприяти циркулярній економіці» – English.gov.cn
[China plans to promote circular economy](#)

«Застосування нечітких методів випробувань та оцінки лабораторних та аналітичних мережевих процесів для дослідження екологічного виробництва в напівпровідниковій промисловості» – MDPI
[Applying Fuzzy Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory and Analytic Network Process Approaches to Explore Green Production in the Semiconductor Industry](#)

«Економіка замкнутого циклу, біоекономіка та цілі сталого розвитку: систематичний огляд літератури» – SpringerLink
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-14009-w>

«Напівпровідникова промисловість: стратегічний погляд на ланцюг поставок Китаю» – SpringerLink
[The Semiconductor Industry: A Strategic Look at China's Supply Chain | SpringerLink](#)
<https://www.csis.org/blogs/new-perspectives-asia/how-are-washington-and-beijing-utilizing-industrial-policy-bolster>

8.3.7. Японія

Японія прагне відродити свою напівпровідникову промисловість

<https://www.csis.org/analysis/japan-seeks-revitalize-its-semiconductor-industry>

Японія віддає перевагу напівпровідниковій промисловості в спробі посилити економічну безпеку

<https://www.iiss.org/online-analysis/online-analysis/2022/03/japan-prioritises-semiconductor-industry-in-bid-to-enhance-economic-security>

8.3.8. Південна Корея

[Semiconductor industry in South Korea – statistics and facts | Statista](#)

[THE KOREAN SEMICONDUCTOR INDUSTRY: HISTORICAL OVERVIEW AND PROSPECTS FOR FUTURE DEVELOPMENT By David Mushkudiani](#)

[South Korea invests big in becoming a global chip leader – DW – 01/24/2024](#)

[South Korea unveils record \\$19bn package to support chip industry | Technology | Al Jazeera](#)

8.3.9. Сингапур

Рада економічного розвитку Сингапуру (EDB) — Огляд електронної промисловості

[Electronics Industry in Singapore | Singapore EDB](#)

Semi.org: <https://www.semi.org/sites/semi.org/files/2021-10/The-Growth-and-Advancement-of-Singapores-Semiconductor-Industry.pdf>