Електроніка

ЕЛЕМЕНТНА БАЗА МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

Мікроелектроніка – напрямок електроніки, спрямований на зменшення маси, габаритів та енергоспоживання як окремих елементів, так і електронних виробів у цілому з одночасним підвищенням надійності їх роботи. Досягається це якоюсь мірою шляхом мініатюризації дискретних елементів (резисторів, конденсаторів, дроселів, діодів, транзисторів та ін.), а головним чином – завдяки створенню якісно нової елементної бази, що є вирішальним.

Нова елементна база складається з інтегральних мікросхем і функціональних пристроїв, зв'язаних, в першу чергу, з оптоелектронікою, кріоелектронікою, біоелектронікою тощо.

Загальні поняття про інтегральні мікросхеми

Інтегральна мікросхема (ІМС) – це мікроелектронний виріб, що в об'ємі 1 см^3 вміщує не менше 5 елементних приладів і являє собою схемну і конструктивну цілісність.

ІМС характеризується *щільністю пакування та ступенем інтеграції*. Щільності пакування відповідає кількість елементів, яка припадає на одиницю об'єму ІМС. Ступінь інтеграції визначається загальною кількістю елементів, що входять до складу ІМС: перший ступінь інтеграції – до 10 елементів, другий – від 10 до 100 елементів, третій – від 100 до 1000 елементів і т.д.
За технологією виготовлення розрізняють *гібридні* та *напівпровідникові* ІМС. Залежно від функціонального призначення всі ІМС діляться на *лінійно-імпульсні* та *логічні*.

До **лінійно-імпульсних мікросхем** відносять ті ІМС, які забезпечують приблизно пропорційну залежність між вхідними і вихідними сигналами. Як правило, це напруги. Найпростішим прикладом лінійно-імпульсної мікросхеми є широкосмуговий підсилювач. Його коефіцієнт підсилювання $K \geq 50000$, верхня межа частоти пропускання досягає 20 МГц.

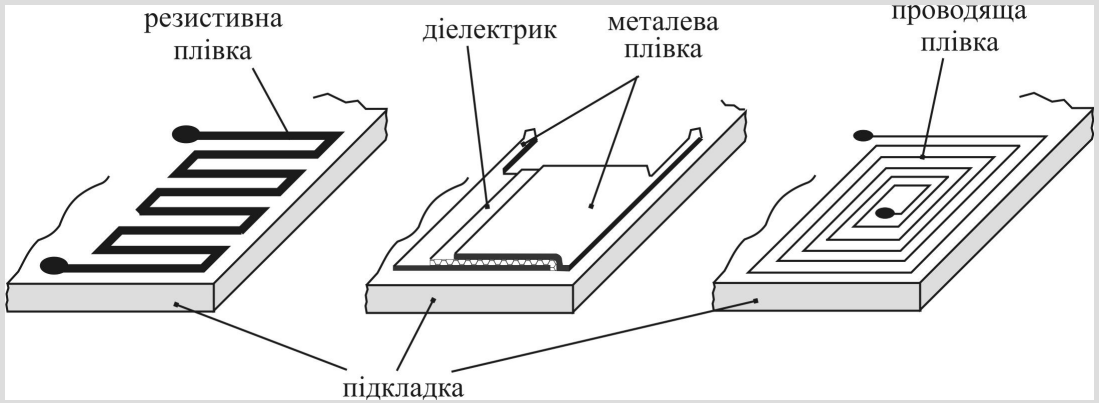
Логічні ІМС, у більшості своїй, налічують декілька входів і виходів. При цьому вихідна напруга залежить від наявності чи відсутності напруг на різних входах мікросхеми. Один з головних параметрів логічної ІМС – її швидкодія.

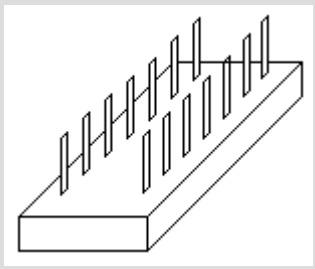
Внаслідок дуже малих розмірів ІМС суттєво зменшується вплив таких паразитних параметрів, як міжелектродні ємності та індуктивності з'єднувальних проводів. Це дозволяє створювати високочастотні підсилювачі на частоти до 3 ГГц і швидкодійні логічні схеми з затримкою не більше 0,1 нс. Позитивним є також висока економічність ІМС. Рівень енергоспоживання великих ІМС не перевищує 100...200 мВт, а для невеликих може дорівнювати 10...100 мкВт.

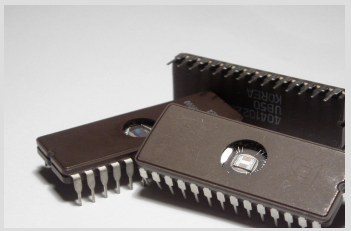
Гібридні інтегральні мікросхеми

Гібридна ІМС являє собою з'єднання, відповідно до електричної схеми, на єдиній діелектричній підкладці (скло, кераміка, ситал або сапфір) безкорпусних активних елементів і пасивних, які утворені шляхом нанесення різного виду плівок на цю підкладку.

Невелика товщина плівок (на рівні 1 мкм) дозволяє створювати резистори різного опору. При цьому використовується незначна частина поверхні підкладки, особливо якщо резистивна плівка розташовується у вигляді меандру (рис. 6.1, *а*). Опір таких резисторів може досягати сотень кОм

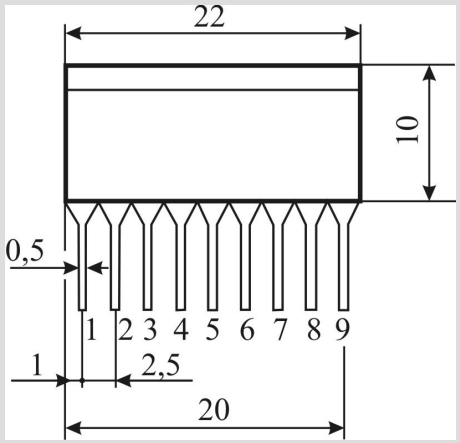






Компоненти гібридних ІМС на плівковій основі: (*а*) – резистор; (*б*) – конденсатор; (*в*) – індуктивність

Гібридна мікросхема в корпусі з позначенням геометричних параметрів у мм



Безкорпусні напівпровідникові прилади і навісні елементи приклеєні у визначених місцях до підкладки, з'єднані з елементами плівкової схеми, і всі разом розміщені в герметичному корпусі з належною кількістю виводів. Щільність пакування гібридних ІМС є невеликою, до 150 ел/см^3. Ступінь інтеграції – перший, другий. Але кожен з елементів електричної схеми чітко визначений, і тому можна забезпечити близьке значення його параметрів до потрібних.

Напівпровідникові інтегральні мікросхеми

Напівпровідникова ІМС являє собою єдиний кристал напівпровідника, окремі (локальні) ділянки якого виконують функції активних і пасивних елементів, з'єднаних між собою

Транзистори в напівпровідникових ІМС можуть бути як польові, так і біполярні, зазвичай *n-p-n*-типу.

Діоди утворюються або як звичайні двошарові структури з одним *p-n*-переходом, або шляхом діодного вмикання транзисторів .

Роль *конденсаторів* у напівпровідникових ІМС виконують на *p-n*-переходи, заперті зворотною постійною напругою.

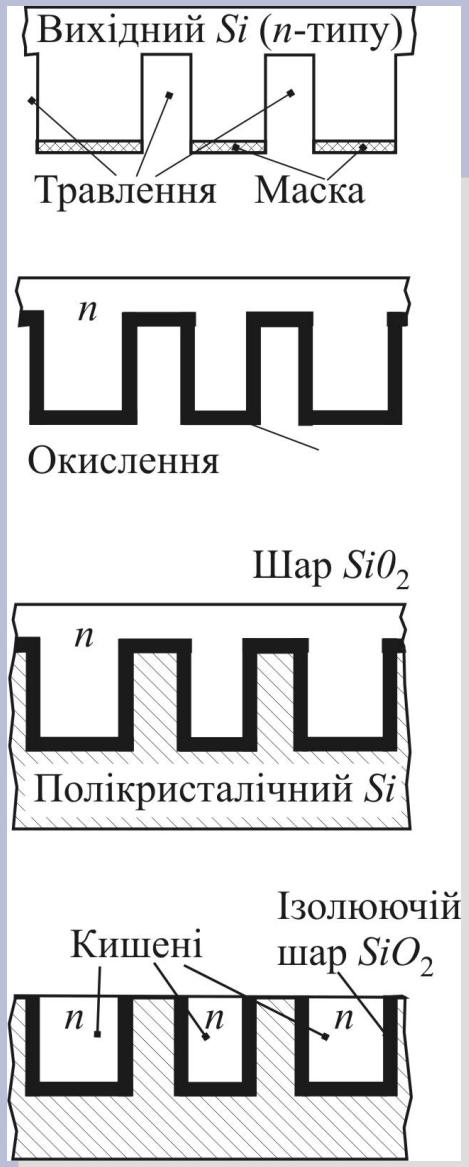
Резистори напівпровідникових ІМС утворюються шляхом відокремлення ділянки легованого напівпровідника і приєднанням до неї двох виводів.

У напівпровідникових ІМС досить складно утворювати *дроселі*, тому до складу більшості напівпровідникових мікросхем індуктивні елементи не входять.

Усі перелічені елементи мікросхеми створюються в кристалі під час єдиного технологічного циклу.

Ізоляція окремих елементів здійснюється або закритими *p-n*-переходами, або за допомогою ізоляційної плівки з двоокису кремнію SiO_2. Останній спосіб є більш доцільним, тому що дозволяє до мінімуму звести відстань між сусідніми елементами схеми, у той час як використання закритих *p-n*-переходів потребує проміжку не менше 20...30 мкм, що не дозволяє створювати напівпровідникові ІМС високого ступеня інтеграції.

Напівпровідникова ІМС: послідовність утворення ізольованих ділянок (“кишень”) у пластині кремнію



Спочатку на пластину легованого кремнію методом фотолітографії наносять захисну маску і проводять вибіркове витравлювання кристала.

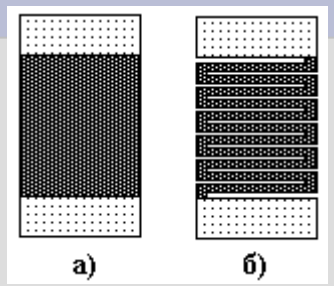
Потім маску змивають, пластина кремнію окислюється при температурі 800...1200 °С у середовищі кисню або насиченої водяної пари. На поверхні кремнію утворюється плівка окису SiO_2 товщиною від 0,1 до 2 мкм, на яку напиляється або нарощується шар полікристалічного кремнію.

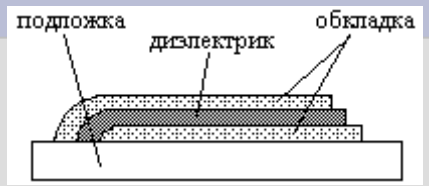
Після повторного витравлювання первинного кристала залишаються ізольовані області кремнію *n*-типу, так звані “кишені”.

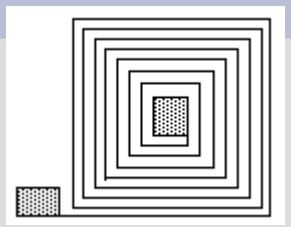
Шляхом послідовного накладення відповідних масок і дифузії при температурі 800...1250 °С акцепторних і донорських домішок, розчинених у газовому середовищі, в кишенях утворюються потрібні ділянки з електропровідністю *p*- і *n*-типів. Таким чином кожна кишеня стає елементом інтегральної мікросхеми, які з’єднуються між собою після вакуумного напилювання крізь маску відповідних провідникових плівок

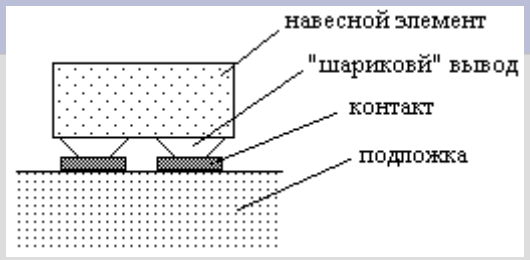
Елементи гібридних інтегральних мікросхем

РЕЗИСТОР КОНДЕНСАТОР ІДУКТИВНІСТЬ Навісні елементи



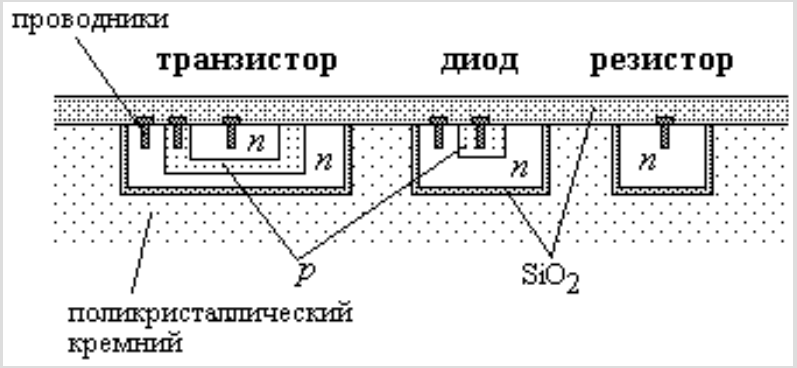


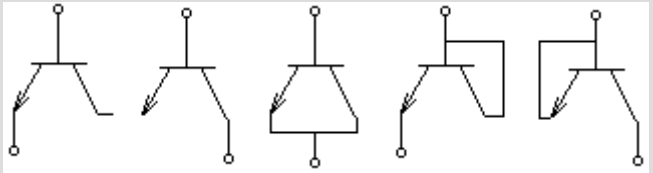




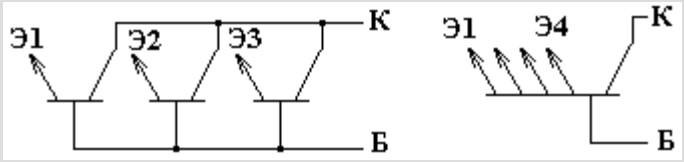
Елементи напівпровідникових інтегральних мікросхем

Транзистори в діодному виконанні
(ці діоди характеризуються різними швидкодією та пробивною напругою)

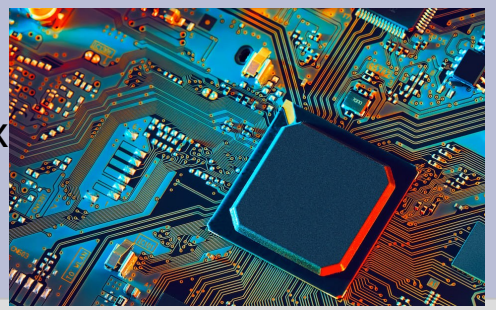




Багатоемітерний транзистор

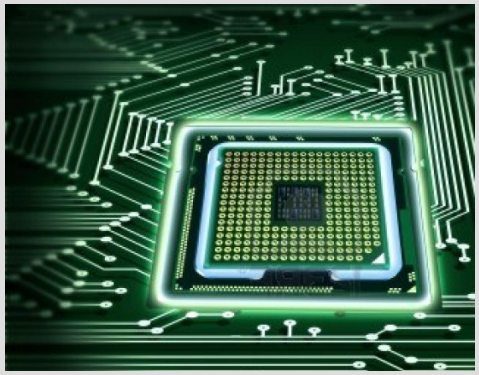


Комп'ютерний чіп - це невелика пластина з напівпровідникового матеріалу, де створена інтегральна схема. Вона містить до мільярдів мініатюрних електронних компонентів – транзисторів, конденсаторів, резисторів. Ці елементи з'єднані між собою та виконують задані функції обробки та передачі даних.



Сучасний чіп включає наступні ключові компоненти:

1. Напівпровідникова підкладка - основа чіпа з кремнію
2. Транзистори - виконують операції обробки сигналів
3. З'єднувальні провідники - передають сигнали між транзисторами
4. Контактні майданчики - для підключення чіпа до зовнішніх пристроїв



Основні етапи створення комп'ютерного чіпа:

1. Виготовлення напівпровідникової пластини.
2. Нанесення шарів провідних, діелектричних та напівпровідникових матеріалів
3. Фотолітографія - "проекція" малюнка майбутніх транзисторів та провідників
4. Травлення - видалення зайвих ділянок поверхні чіпа
5. Металізація - створення провідних з'єднань між транзисторами
6. Складання в корпус.

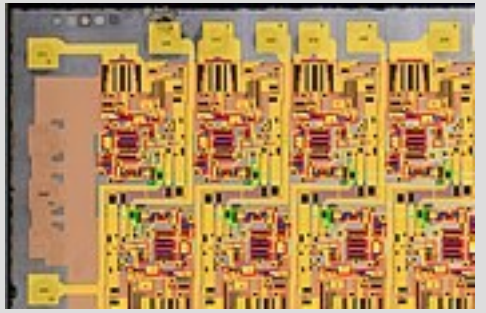


Рисунок с описанием кристалла одной из микросхем Fairchild

Сучасні чіпи проектуються з використанням фотолітографії з глибиною фокусу в ультрафіолетовому діапазоні та мають топологічні норми близько 10 нм.

Загальний вигляд цехів по виготовленню мікросхем

Thanks for your attention