

Порівняльний аналіз біполярні та уніполярні МДН напівпровідникових ІМС

Особливості МДН структур:

- **Кількість основних операцій** при формуванні МДН ІС (приблизно **на 30%**) **менше** в порівнянні з кількістю операцій для біполярної структури. Менша кількість високотемпературних процесів, які в значній мірі впливають на відсоток виходу придатних ІМС.
- Процес виготовлення МДН ІС зводиться до **формування МДН транзистора** і з'єднань між ними. Так як МДН транзистори і виконують функцію резисторів та конденсаторів.
- У МДН технології **немає необхідності** застосовувати додаткові області для **ізоляції елементів**.
Проте, і в МДН ІС використовується **бічна ізоляція** елементів діелектриком для зменшення паразитних зв'язків. У ряді випадків застосовується повна діелектрична ізоляція, наприклад, МДН ІС на сапфірі або на підкладці $\text{SiO}_2\text{-Si}$.
- Внутрішньоосхемні з'єднання виконуються за допомогою металевих шарів, а також високолегованих дифузійних шарів, що дозволяє вирішувати завдання багатошарової розводки.
- У МДН технології легко реалізувати елементи або транзистори з різним каналом провідності, що дозволяє формувати ІС на **комплементарних структурах**.
- Для їх реалізації МДН-елемента необхідна менша площа підкладки. (Наприклад, якщо для біполярного транзистора потрібно на підкладці площа $0,015 \text{ мм}^2$, то для реалізації польового МДН-транзистора лише $0,0006 \text{ мм}^2$)
- **Ступінь інтеграції МДП-ІМС вище**, ніж ступінь інтеграції ІМС на біполярних транзисторах, що вимагає прецизійних операцій фотолітографії і т.д.

Порівняльний аналіз біполярні та уніполярні МДН напівпровідникових ІМС

Особливості біполярних структур

- Основним елементом напівпровідникових біполярних структур є транзистор типу n^+p-n , на основі якого формуються активні і пасивні елементи.
- **Перерозподіл домішок** в раніше сформованих областях при наступних високотемпературних операціях, що необхідно враховувати при проектуванні
- наявність паразитних ємностей і струмів витоку ізолюючих $p-n$ -переходів, що особливо позначається в швидкодіючих високочастотних ІМС.
- Технологія порівняно проста, добре освоєна

Застосовується при виготовленні різних типів біполярних ІМС

ОЗУ

(ТТЛ, ТТЛШ, ЕЗЛ та ін.).



РОЗДІЛ 2

тема

ІНТЕГРАЛЬНІ МІКРОСХЕМИ НА БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРАХ



БІПОЛЯРНІ ТРАНЗИСТОРИ ІМС

Вимоги

- **конструктивно-технологічна сумісність** елементів ІМС.

Конструкція і технологія виготовлення транзисторів повинна забезпечувати можливість **одночасного створення і інших елементів** (діодів, резисторів, конденсаторів і т. д.)

- **мінімальна площа**, яка займається елементами на напівпровідниковій пластині для **підвищення**
 - **щільності упаковки** елементів,
 - **ступені інтеграції**.

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУР БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРІВ ІМС

1. планарна структура –

всі виводи від областей транзистора розташовуються в одній площині на поверхні підкладки. Вона дозволяє з'єднувати між собою елементи ІМС плівковими металевими провідниками.

2. Наявність додаткових **ізолюючих областей**.

3. Основним елементом є транзистор типу n^+-p-n , на основі якого формуються активні та пасивні елементи.

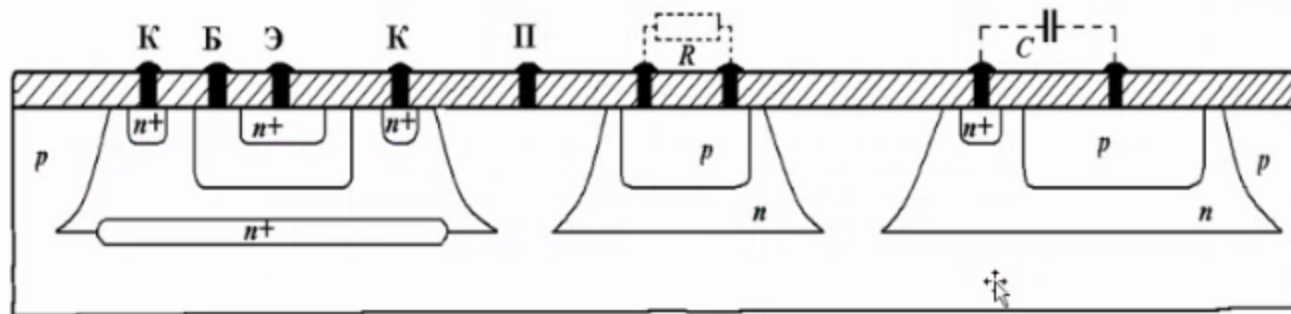
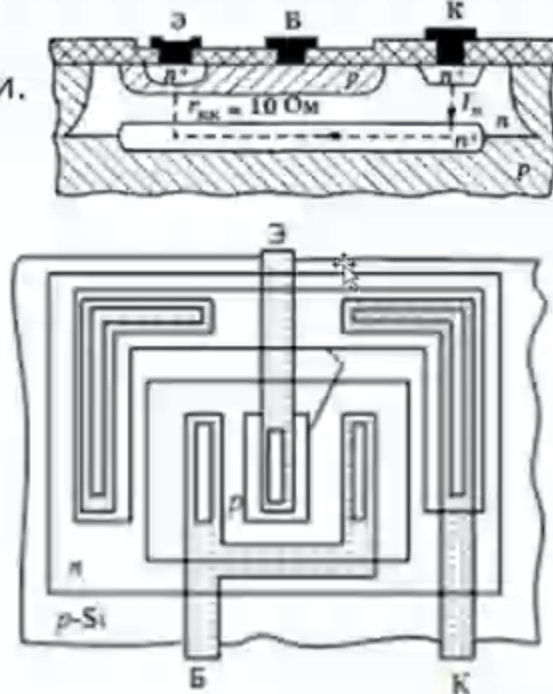
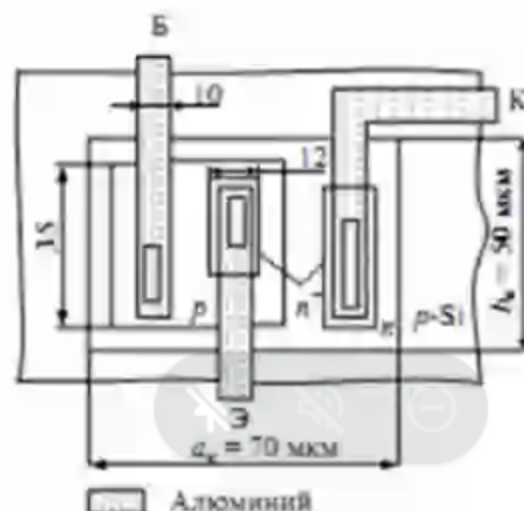


Рис. 3. Реализация на подложке n^+-p-n -транзистора, резистора R и конденсатора C .

Чому? n^+-p-n ,

Конфігурації (топологія) та робочі параметри.

Чому? n^+-p-n ,



(рис. а) **асиметрична**: в ній колекторний струм протікає до емітера тільки в одному напрямку

(рис. б) **симетрична**: в ній колекторний струм протікає до емітера з трьох сторін.

- Відповідно опір колекторного шару виявляється приблизно в 3 рази менше, ніж у асиметричній конфігурації.
- Контактна вікно і металізація колектора розбиті на дві частини. При такій конструкції полегшується металева розводка: алюмінієва смужка (наприклад, емітерна на рис., Б) може проходити над колектором по захисному оксиду, що покриває поверхню ІС.

Для прикладу на рис. а приведені відносні розміри шарів інтегрального n-p-n-транзистора для мінімального літографічного розширення, рівного 10 мкм.

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУР БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРІВ ІМС

4. У ІМС в якості напівпровідникового матеріалу використовують кремній.

- особливості електрофізичних параметрів,
- з технологічних причин

?

(повторити
ел. фіз. Характеристики кремнію)

(повторення)

Основні напівпровідникові матеріали ІС

В якості основного напівпровідника використовується кремній (Si). Поширений на землі елемент (25,7% земної кори (по масі)).

- Атомний номер — 14.
- Атомна вага — 28,06
- Температура плавлення — 1420° C
- Ширина забороненої зони $E_g = 1,12$ eV (при 300 K)
- Рухливість вільних електронів $\mu_n = 1350$ см²/(В · с) (при 300 K)
- Рухливість дірок $\mu_p = 480$ см²/(В · с) (при 300 K)
- Діелектрична проникність $\epsilon = 12$
- Акцептори: В, Al. Донори: Р, As, Sb
- Питомий опір $\rho = 2,5 \cdot 10^5$ Ом · см (300 K)
- Концентрація $n_i = 1,5 \cdot 10^{10}$ см⁻³ (300 K) (до речі, для германія $n_i = 2,5 \cdot 10^{13}$ см⁻³)
- Постійна решітки: 5,43 Å (300 K)
- Число атомів в 1 куб. см речовини: $5 \cdot 10^{22}$ см⁻³.

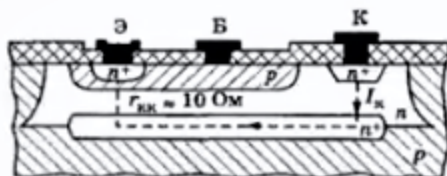
Досить велика ширина забороненої зони кремнію обумовлює малі зворотні струми Р - N переходів, що дозволяє створювати ІС, що **працюють при підвищених температурах (до 125 °C)** і при малих струмах транзисторів (менше 1 мкА), тобто низькій споживаній потужності.

Важлива **конструктивно-технологічна перевага кремнію пов'язана з властивостями шарів діоксиду кремнію SiO₂**. Ці шари використовуються:

- в якості масок при локальному легуванні кремнію,
- для ізоляції елементів,
- в якості підзатворного діелектрика МДН-транзистора,
- для захисту поверхні кристала від впливу навколишнього середовища та ін.

ПРИКЛАД (для випадку рис. а)

Типичные параметры слоев интегрального n - p - n -транзистора



Наименование слоя	N , см ⁻³	d , мкм	ρ , Ом·см	R_s , Ом/□
Подложка p -типа	$1,5 \cdot 10^{15}$	300	10	—
Скрытый n^+ -слой	—	5–10	—	8–20
Коллекторный p -слой	10^{16}	10–15	0,5	500 ₁₀
Базовый p -слой	$5 \cdot 10^{18}$	2,5	—	200
Эмиттерный n^+ -слой	10^{21}	2	—	5–15

Примечание: N — концентрация примеси (для диффузных базового и эмиттерного слоев — поверхностная концентрация); d — глубина слоя; ρ — удельное сопротивление материала; R_s — удельное сопротивление слоя.

Типові параметри інтегральних n - p - n -транзисторів

Параметр	Номинал	Допуск δ , %
Коефіцієнт усилення, β	100–200	± 30
Предельная частота f_T , МГц	200–500	± 20
Коллекторная емкость C_{κ} , пФ	0,3–0,5	± 10
	40–50	± 30
	7–8	± 5
Пробивное напряжение $U_{\kappa\delta}$, В		
Пробивное напряжение $U_{\delta\kappa}$, В		

В основі технологічних процесів формування біполярних ІМС покладені два принципи:

1. спосіб формування структури активних і пасивних елементів

- планарно-дифузійні,
- планарно-епітаксialні , ?
- ізопланарні.

I

2. метод ізоляції елементів

- ізоляція р-п-переходом,
- діелектричним шаром,
- їх комбінацією.

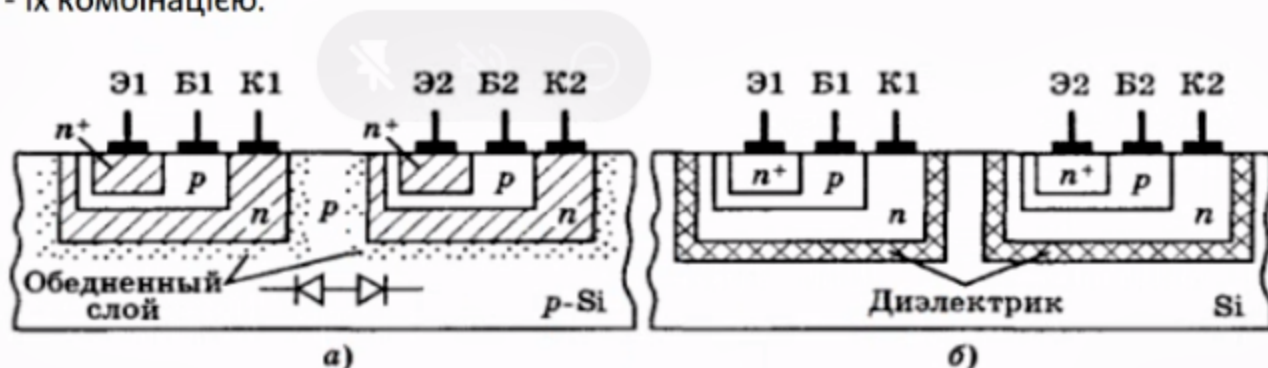


Рис. 7.3. Основные методы изоляции элементов ИС:
а — с помощью р-п-переходов; б — с помощью диэлектрика

Спосіб проведення технологічних операцій та їх режим визначають

- електрофізичні параметри структури,
- в тому числі профіль домішкового розподілу

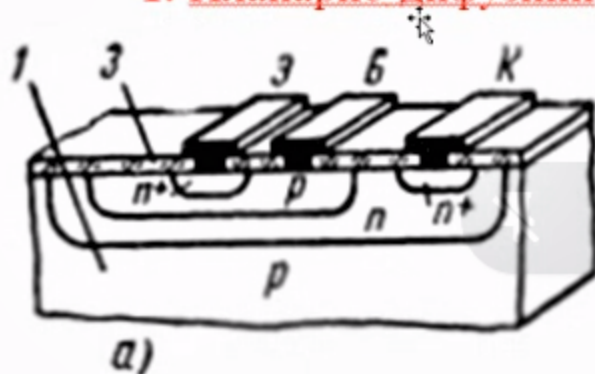
Приклади структур БП транзисторів, використовуваних в ІМС

Відмінність реальних транзисторів від тих, що показані на ескізах, полягає в співвідношеннях площі (довжини і ширини) і глибини.

Реальний транзистор

— більш "плоский", довжина і ширина — близько 50 мкм, а глибина — близько 5 мкм

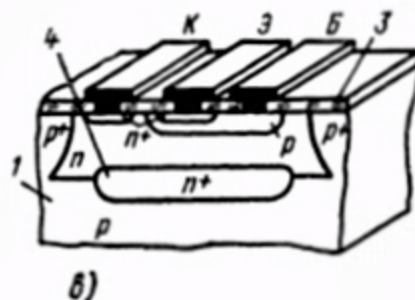
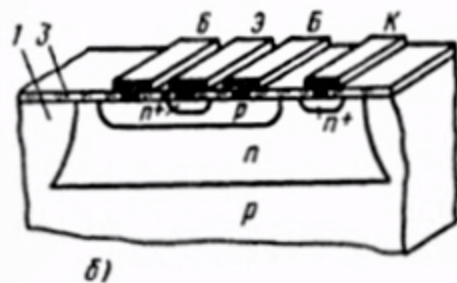
1. Планарно-дифузійні транзистори з ізоляцією p-n-переходом



Особливості

- **нерівномірний** розподіл концентрації домішки в колекторній області, а отже, нерівномірний опір колектора,
- Це проявляється в **низькій пробивній напрузі** переходу колектор-підкладка
- сильний вплив підкладки на електричні параметри транзисторів, що обмежує їх застосування.

2. Планарно-епітаксіальні транзистори



транзистори мають рівномірний розподіл домішки в колекторі