

1. Інтегральні діоди

Діоди в ІС призначені для виконання ряду логічних функцій перемикання електричних сигналів, випрямлення електричного струму, детектування сигналів.

Будь-який з $p-n$ -переходів транзисторної структури, а також їх комбінація можуть бути використані як інтегральний діод.

Основними параметрами інтегральних діодів є:

- пробивна напруга $U_{пр}$;
- власна C_D і паразитні C_0 ємності;
- зворотні струми $I_{зв}$;
- час відновлення зворотного струму t_v .

Еквівалентні схеми увімкнення транзисторних структур в якості діодів містять власну ємність діода C_D і паразитні ємності C_0 , які здійснюють істотний вплив на характеристики діодів.

Пробивні напруги $U_{пр}$ діодів залежать від типу застосовуваного переходу. Якщо застосовується невеликий емітерний перехід з сильно легованою областю емітера, то пробивні напруги невеликі. Навпаки, при використанні протяжного, слаболегованого переходу колектора пробивні напруги достатньо великі.

Зворотні струми $I_{зв}$ є по суті струмами термогенерації, які залежать від об'єму $p-n$ -переходу. Тому вони мають великі значення у діодів, в яких використовується великий перехід колектора (табл. 10.1).

Час відновлення зворотного струму t_v визначає час перемикання діода у відкритий або закритий стани.

Таблиця 10.1

Порівняльні параметри різних видів $p-n$ -переходів у біполярному транзисторі

Параметри	Тип діода				
	Б – Е	Б – К	БЕ – К	БК – Е	Б – ЕК
$U_{пр}$, В	7 – 8	40 – 50	40 – 50	7 – 8	7 – 8
$I_{зв}$, нА	0,5 – 1	15 – 30	15 – 30	0,5 – 1	20 – 40
C_D , пФ	0,5	0,7	0,7	0,5	1,2
C_0 , пФ	1,2	3	3	3	3
t_v , нс	50	75	50	10	100

Порівняльний аналіз параметрів біполярних інтегральних діодів показує, що залежно від функціонального призначення діода можна вибрати потрібну структуру.

У цілому оптимальним варіантом для ІС є структури типу БК-Е на основі переходу “база-емітер” із закороченим на базу колектором і тип Б-Е на основі переходу “база-емітер” із розімкненим колом колектора (рис. 10.1).

В ІС використовуються інтегральні стабілітрони, які являють собою напівпровідниковий діод з швидким наростанням зворотного струму при пробі $p-n$ -переходу і нормованим значенням пробивної напруги. Вони призначені для стабілізації напруги на навантаженні.

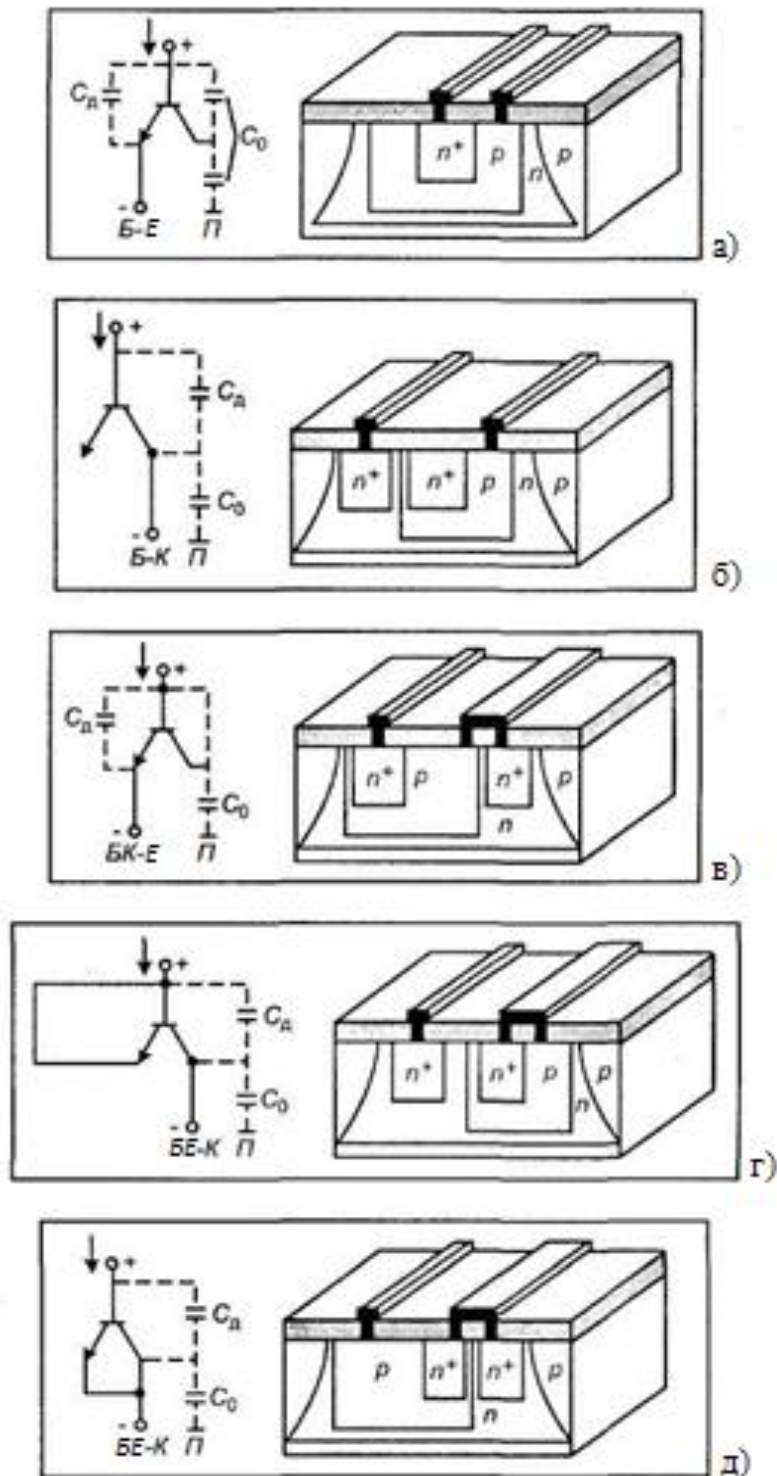


Рис. 10.1. Схеми діодного увімкнення і конструкції інтегральних біполярних діодів типів:

а) база-емітер (Б-Е); б) база-колектор (Б-К); в) база колектор-емітер (БК-Е); г) база емітер-колектор (БЕ-К); д) база-емітер колектор (Б-ЕК). C_d – ємність діода між катодом і анодом; C_0 – паразитна ємність на підкладку; П – підкладка.

Інтегральні стабілітрони формуються на базі структури біполярного транзистора залежно від необхідної напруги. Так зворотнє увімкнення переходу “база-емітер” дозволяє отримати стабілізовану напругу в межах 5-10 В,

зворотне увімкнення переходу БЕ-К застосовують, коли потрібно отримати стабілізовану напругу 3-5 В.

Декілька послідовно увімкнених в прямому напрямі діодів типу БК-Е можуть бути використані як джерела стабілізованої напруги, кратної прямому переходу (0,7 В). Температурна чутливість таких стабілітронів лежить в межах декількох мВ/°С.

В ІС використовуються також діоди Шотткі, які являють собою контакт металу з кремнієм, легованим донорною домішкою ($< 10^{17} \text{ см}^{-3}$).

На рис. 10.2 наведені конструктивні рішення планарних діодів Шотткі:

- конструкція з охоронним кільцем із p^+ -області кремнію дозволяє виключити сильні електричні поля на краях (а);
- діод Шотткі із розширеним електродом дозволяє уникнути пробоя (б);
- конструкція з випрямляючими і омичними контактами (в).

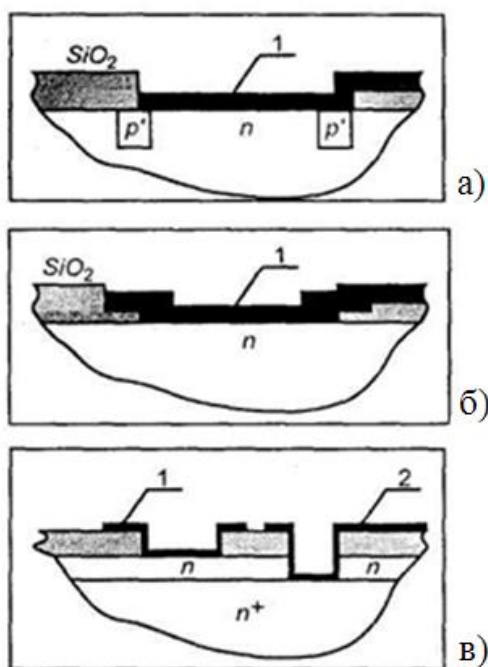
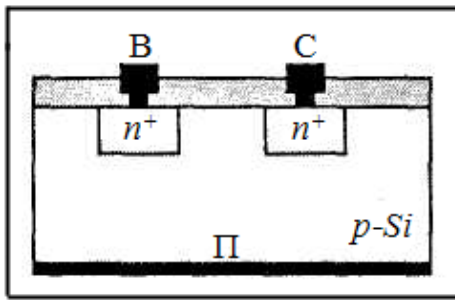


Рис. 10.2. Конструктивні рішення планарних діодів Шотткі:

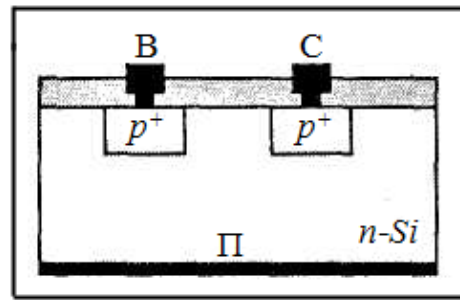
1 – метал, який утворює бар'єр Шотткі; 2 – метал, який утворює омичних контакт.

В якості матеріалу частіше за все використовують алюміній. Для якісних діодів Шотткі як матеріал використовують сплав платини і нікелю $\text{Ni}_x\text{Pt}_{1-x}$, який утворює з кремнієм силіцидний шар. Змінюючи значення x , можна отримати висоту бар'єрів від 0,64 еВ при $x = 0$ (або 100% Ni) до 0,84 еВ при $x = 100\%$ (або 100% Pt).

Інтегральні МДН-транзисторні діоди формуються також на базі p - n -переходів транзисторів з індуктованим каналом в підкладках різного типу електропровідності (рис. 10.3).



а)



б)

Рис. 10.3. Діоди в МДН-транзисторних структурах формуються типу В-П і С-П (n^+ - p) в p -кремнієвій підкладці (а) та В-П і С-П (p^+ - n) в n -кремнієвій підкладці (б).