

**Мікрохвильові технології  
у телекомунікаційних та радіотехнічних системах**

**Інтегральні схеми та модулі  
мікрохвильових пристроїв**

## Загальна інформація

**Інтегральна мікросхема (ІМС)** – мікроелектронний виріб, який виконує певну функцію переотворення та обробки сигналу, і який має високу щільність упакування електрично з'єднаних елементів, який з точки зору експлуатації розглядають як єдине ціле.

ІМС відрізняється від інтегральної схеми (ІС) еквівалентною щільністю монтажу.

**ІС бувають двох видів:**  
**- гібридні;**  
**- напівпровідникові.**

**Гібридна ІС (ГІС)** – схема, яка містить, крім елементів, компоненти та (або) кристали, частина з яких має самостійне конструктивне оформлення.

У **напівпровідниковій ІС** всі елементи та міжелементні з'єднання виконано в об'ємі та (або) на поверхні напівпровідника.

## Загальна інформація

**ГІС мікрохвильова (у подальшому ГІС)** - мікроелектронний виріб, який виконує певну функцію перетворення та обробки сигналу мікрохвильового діапазону, який містить пов'язані між собою та (або) електрично з'єднані елементи, компоненти та кристали, які (всі перераховані або їх частина) мають самостійне конструктивне оформлення.

ГІС, з точки зору експлуатації, розглядають як єдине ціле.

*Елементом ГІС* називають частину схеми.

*Типова ГІС складається з* корпусу, у якому розташовано діелектричну основу. На цій діелектричній основі розташовано: пасивні навісні компоненти, лінії передачі (ЛП) та коливальні системи, елементи з розподіленими параметрами, вузли (мости, спрямовані відгалужувачі, фільтри, феритові пристрої тощо), активні компоненти (діоди, транзистори).

Тобто ГІС є з'єднанням великої кількості елементів, які функціонально пов'язані та взаємодіють між собою.

*Елементи ГІС виконують та з'єднують між собою за допомогою мініатюрних ЛП.*

## Загальна інформація

### Способи з'єднання окремих ГІС:

- швидкороз'ємний (відшліфовані крайки підкладок (субстратів) пристиковують одна до одної на дні спільного корпусу, а ЛП з'єднують між собою за допомогою за допомогою стрічкових перемичок);
- коаксіальними мікророз'ємами (найчастіше 50-омними).

**Функції корпусу ГІС:** захист ГІС від вологи, пилу; екранування від зовнішніх електромагнітних полів.

При монолітному виконанні всі пасивні та активні елементи ІС виготовляють в єдиному технологічному процесі на спільній напівпровідниковій підкладці.

## Порівняльний аналіз мікрохвильових інтегральних схем

Тип ІС	Переваги	Недоліки
Гібридна	<ul style="list-style-type: none"><li>- можливість заміни та підстроювання окремих елементів;</li><li>- оптимізація кіл узгодження;</li><li>- поетапний контроль при виготовленні</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- нижча надійність;</li><li>- більші габарити</li></ul>
Монолітна	<ul style="list-style-type: none"><li>- вища надійність;</li><li>- дозволяють (при масовому виробництві) використовувати автоматизацію та стандартизацію технологічних процесів за рахунок виключення більшості з'єднувальних провідників, близького розташування активних та узгоджувальних елементів, а також використання єдиного технологічного процесу.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- неможливість ремонту та настроювання;</li><li>- низька добротність пасивних елементів внаслідок помітних втрат у підкладці;</li><li>- малі рівні вихідної потужності (складно організувати добре тепловідведення);</li><li>- складність створення вбудованих невзаємних пристроїв;</li><li>- більша вартість.</li></ul>

## Пасивні елементи та вузли твердотільних пристроїв

Елементи та вузли	Компоненти, які це реалізують
Елементи з зосередженими параметрами	Плівкові резистори та конденсатори, друковані котушки індуктивності
Елементи L, C з розподіленими параметрами	Відрізки ЛП з різним хвилевим опором
Узгоджуючі та трансформуючі кола	Відрізки хвилеводних, коаксіальних, мікросмужкових, щілинних, копланарних, зв'язаних, діелектричних тощо ЛП
Коливальні системи	Контури на зосереджених елементах L, C; резонатори біжучої та стоячої хвилі на відрізках ЛП; діелектричні резонатори; сфери ЗІГ
Спрямовані відгалужувачі, мости, суматори	Відрізки ЛП; баластні резистори
Невзаємні пристрої (вентилі, циркулятори)	Феритові диски, відрізки ЛП, магніти
Фільтри	Відрізки ЛП; коливальні системи
Антени	Відкриті кінці ЛП, а також друковані та діелектричні резонатори; плоскі спіралі тощо

## Твердотільні пристрої та їхні активні компоненти

Назва пристрою	Компоненти
Малошумливі підсилювачі	Біполярні та польові транзистори; тунельні діоди
Вхідні змішувачі	Діоди точкові, з бар'єром Шоткі, тунельні; біполярні та польові транзистори
Вихідні (потужні) змішувачі	Варактори, транзистори
Детектори амплітудні, частотні, фазові	Діоди точкові, з бар'єром Шоткі, тунельні; транзистори
Амплітудні модулятори, обмежувачі, атенюатори, перемикачі, стабілізатори потужності	p-n та p-i-n діоди; польові транзистори; резонатори на ЗІГ
Фазові модулятори та демодулятори, фазообертачі, частотні модулятори	p-n та p-i-n діоди; польові транзистори
Потужні підсилювачі	Біполярні та польові транзистори; діоди Ганна та ЛПД
Автогенератори	Тунельні та параметричні діоди (генератори малої потужності); транзистори, діоди Ганна та ЛПД (генератори середньої та більшої потужності)

## Твердотільні пристрої та їхні активні компоненти

Назва пристрою	Компоненти
Генератори шуму	ЛПД
Помножувачі частоти	Діоди точкові, варакторні, Ганна, ЛПД; транзистори
Подільники частоти	Транзистори, діоди
Лінії затримки, корелятори, узгоджені фільтри	Прилади на поверхневих та об'ємних акустичних хвилях, на магнітостатичних хвилях, на LC ланках, прилади з зарядовим зв'язком