

Лекція № 6

Технологія виготовлення друкованих плат

Друкована плата (ДП) – це елемент конструкції, яка складається з площинних провідників у вигляді ділянок металізованого покриття, розміщених на діелектричній основі і забезпечують з'єднання елементів електричного кола.

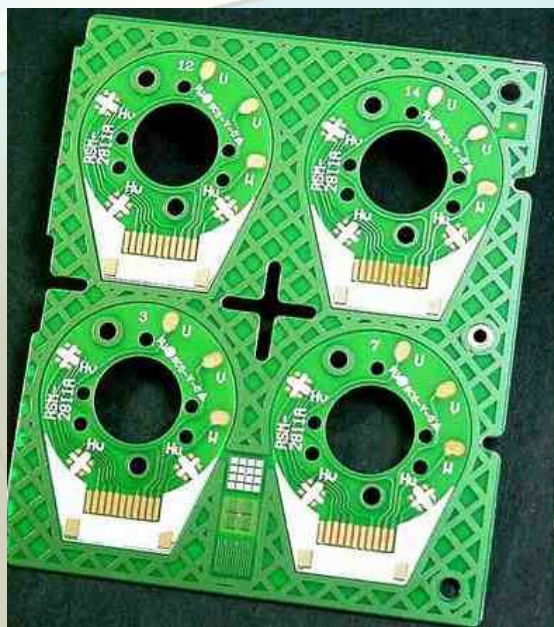


Рис.1. Зразки друкованих плат різноманітного призначення

В порівнянні з традиційним монтажем провідниками і кабелями ДП мають наступні переваги:

- підвищення густини монтажу з єднань;
- отримання друкованих провідників, екрануючих поверхонь і ЕРЕ в одному технологічному циклі;
- гарантована стабільність і повторюваність електричних характеристик (провідність, паразитна ємність і індуктивність);
- підвищена стійкість до кліматичних і механічних впливів;
- уніфікація і стандартизація конструктивних і технологічних рішень;
- підвищена надійність;
- можливість комплексної автоматизації монтажних-складальних і контрольно – регулювальних робіт;
- зменшення трудомісткості, матеріалоемності і собівартості.

До недоліків ДП необхідно віднести:

- складність внесення змін в конструкцію
- обмежену ремонтпридатність

Класифікація ДП і методів їх виготовлення

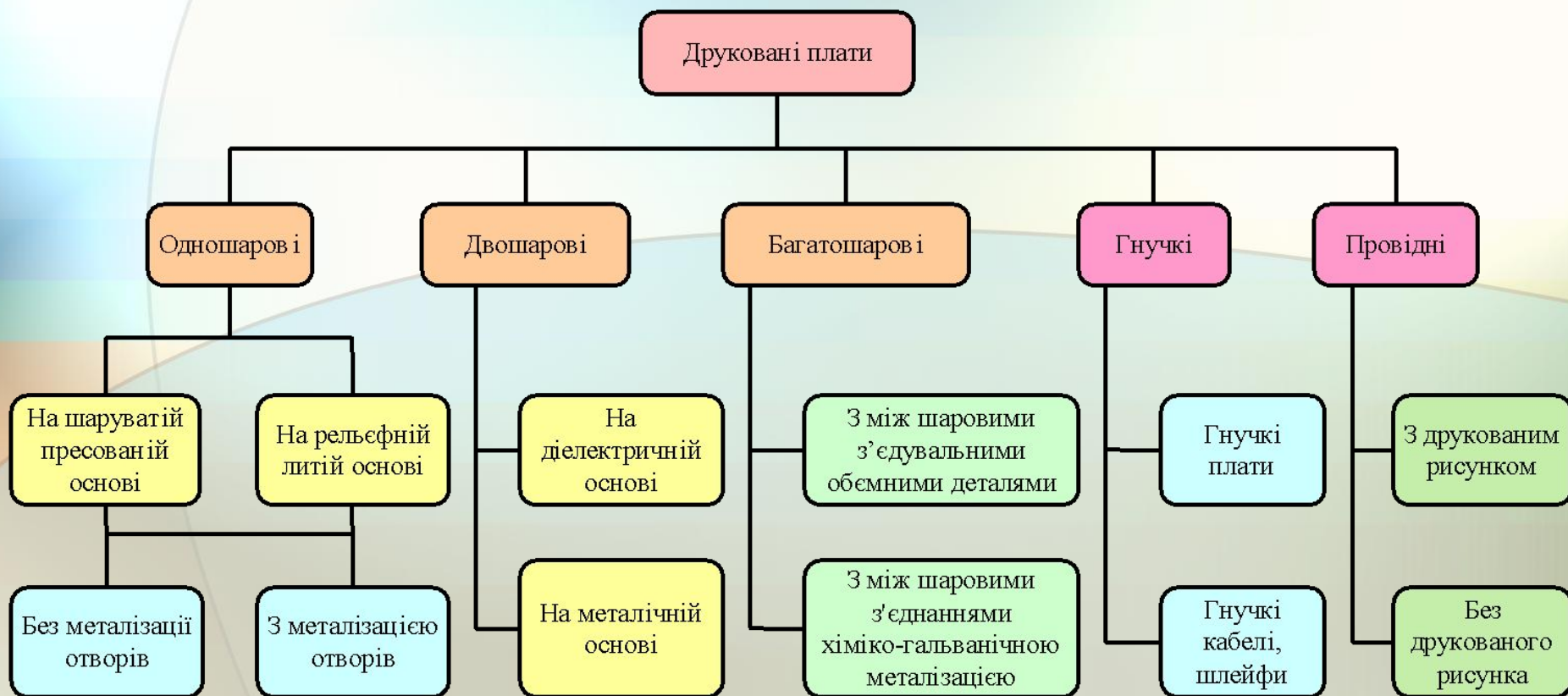


Рис.2. Класифікація друкованих плат

ХАРАКТЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ ТИПІВ ДП

Одношарові ДП характеризуються:

- підвищеною точністю виконання провідного рисунка;
- відсутністю металізованих отворів;
- встановленням ЕРЕ на поверхні ДП зі сторони протилежній стороні пайки елементів без додаткового ізоляційного покриття;
- низькою вартістю (0,1-0,2 від вартості двошарових ДП);

Мінімальні параметри топології:

- діаметр отвору -0,6 мм
- ширина провідників - 0,15мм;
- зазор -0,15 мм;

Виготовляють: фотохімічним способом, фрезеруванням на двохкоординатних верстатах з ЧПК, випалюванням за допомогою лазерів;

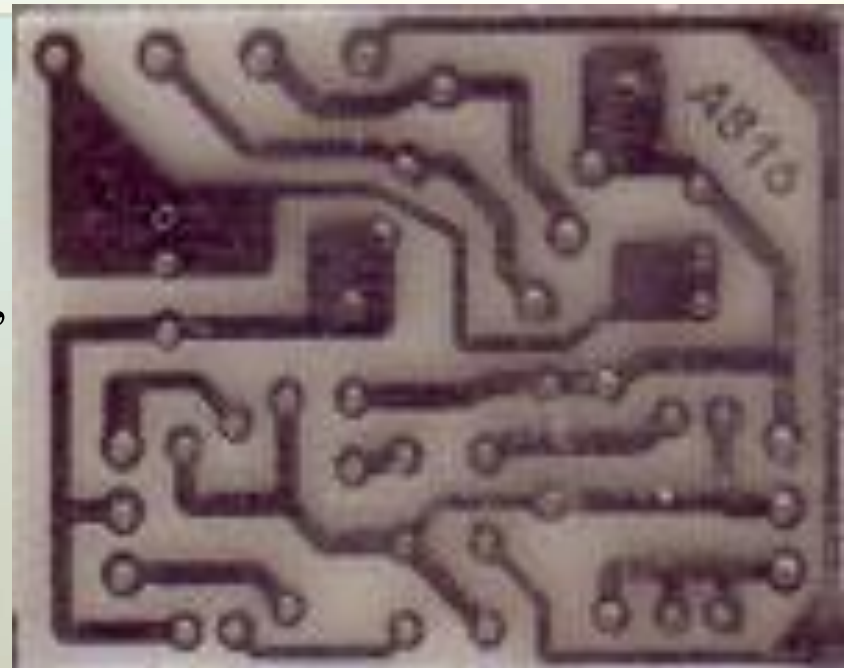


Рис.3. Однобічна друкована плата, виконана без маски, маркування і без покриття

Двошарові ДП характеризуються:

- високою точністю виконання провідного рисунка;
- розміщенням ЕРЕ на двох сторонах ДП ;
- підвищеною щільністю монтажу;
- високими комутаційними можливостями;
- підвищеною міцністю зчеплення виводів навісних ЕРЕ з провідним рисунком ДП;
- помірною вартістю.

Цей тип ДП за об'ємом випуску складає (60-70) %.

Мінімальні параметри топології:

- діаметр отвору - $0,4 \div 0,6$ мм;
- ширина провідника - 0,15мм;
- зазор – 0,15мм

Виготовляють за субстрактивними та адитивними технологіями, методом фрезерування, комбінованим позитивним методом

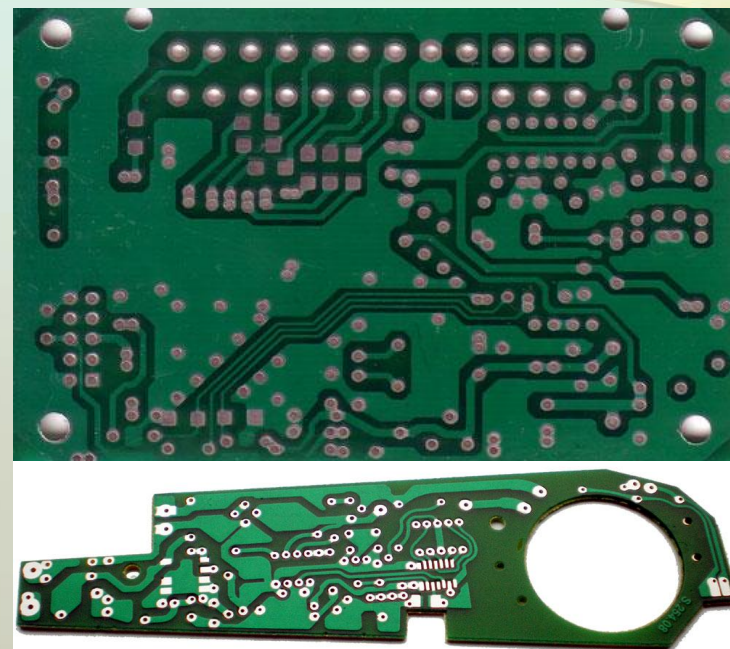


Рис.4. Варіанти виконання двошарових ДП

Багатошарові ДП характеризуються:

- високими комутаційними властивостями;
- наявністю між шарових з'єднань ;
- переважним використанням одношарового фольгованого діелектрика для зовнішніх і двошарового для внутрішніх шарів;
- високою завадостійкістю електричних кіл;
- низькою ремонтпридатністю;
- високою собівартістю.

Мінімальні параметри топології:

- діаметр отвору – $(0,15 - 0,2)$ мм;
- ширина провідника $-0,05$ мм;
- зазор - $0,05$ мм

Основні методи виготовлення:

- металізації наскрізних отворів;
- попарного пресування;
- пошарового нарощування

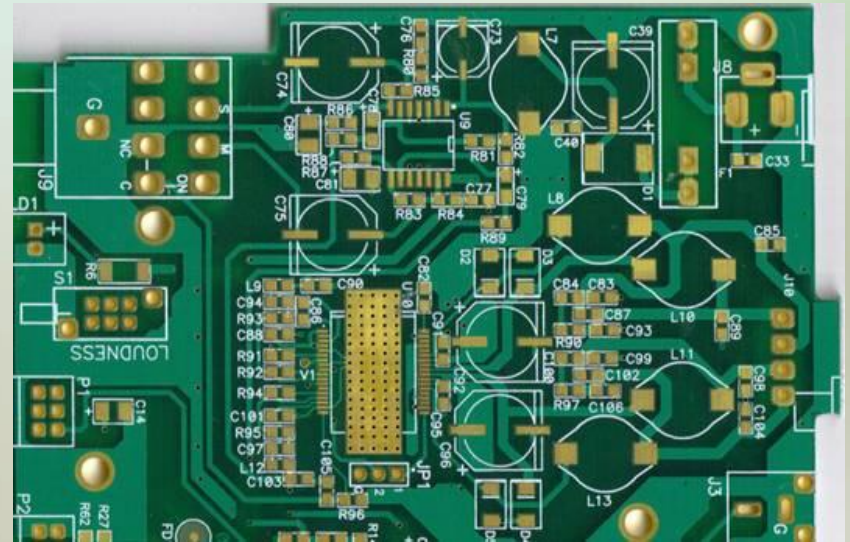


Рис.5. Зразок багатошарової ДП

Класифікація методів виготовлення ДП

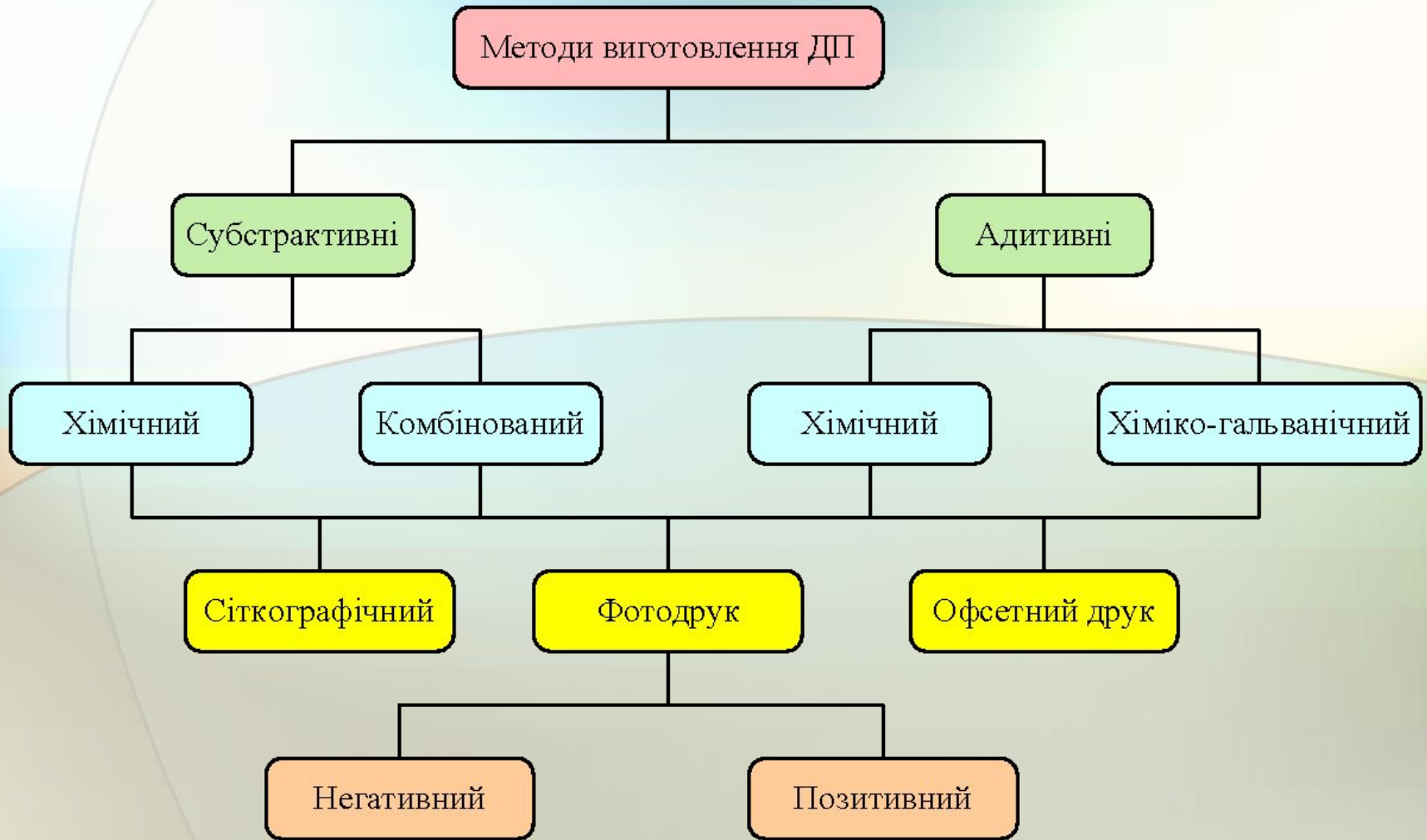
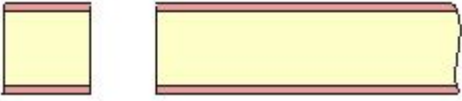
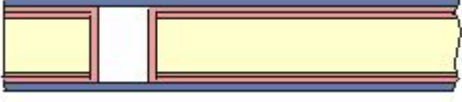
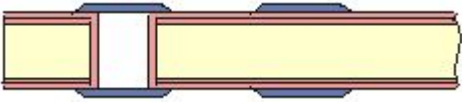
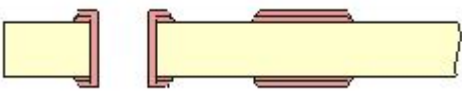


Рис.6. Класифікація методів виготовлення ДП

Субстративна технологія виготовлення ДП (тентінг – метод)

	Свердління отворів в заготовці фольгованого діелектрика
	Металізація усієї поверхні і стінок заготовки
	Нанесення плівкового фоторезисту
	Отримання захисного рисунку у плівковому фоторезисті (експонування, проявлення)
	Травлення мідної фольги у вікнах фоторезисту
	Видалення захисного рисунку фоторезисту

Адитивна технологія виготовлення ДП (ПАФОС)

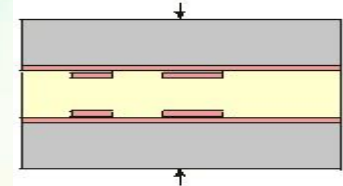
Осадження міді на
поверхню носія



Осадження нікелю



Пресування пакету



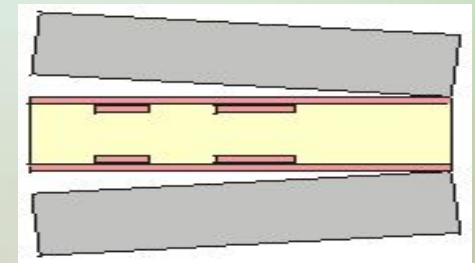
Нанесення
фоторезисту



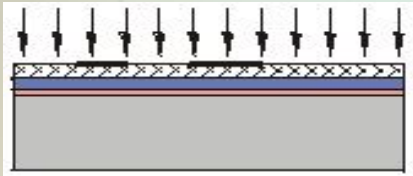
Осадження міді у
вікна фоторезисту



Механічне
видалення носіїв



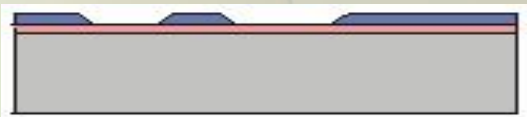
Експонування



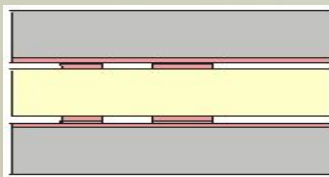
Зняття фоторезисту



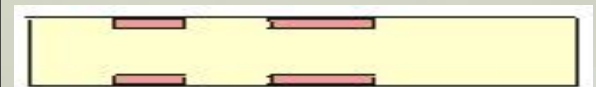
Проявлення



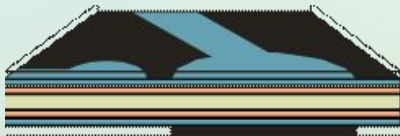
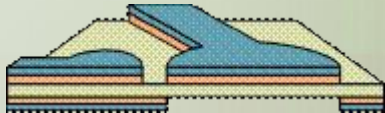
Набір пакету носіїв



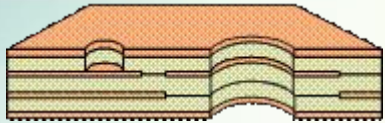
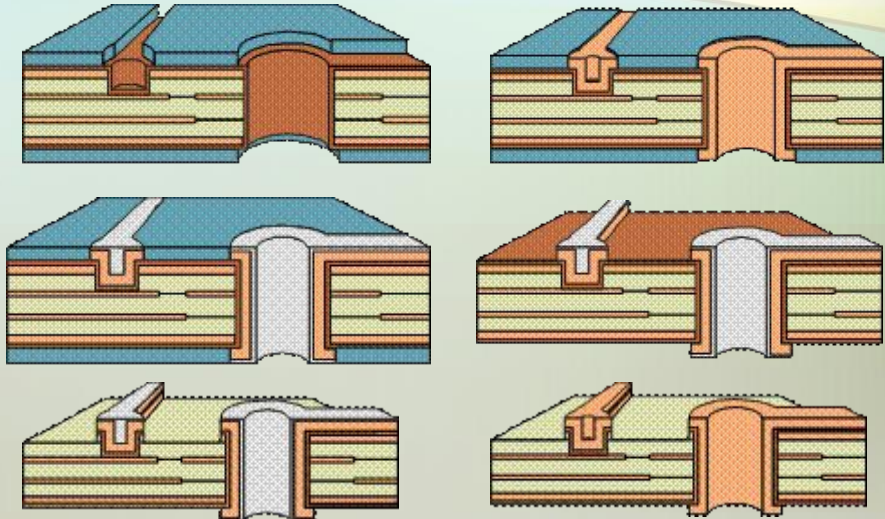
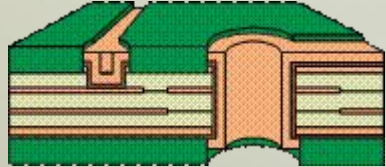
Травлення тонкого
мідного шару



Комбінований позитивний метод виготовлення ДП

1.Виготовлення базових отворів на заготовці	
2. Ламінування	
3.Експонування - розміщення фотошаблону - експонування фоторезисту	 
4. Хімічна обробка - проявлення - травлення - видалення резисту	  
5. Пресування	

Комбінований позитивний метод виготовлення ДП (продовження)

6. Свердління	
7. Металізація отворів	
8.Хімічна обробка • нанесення резисту • електролітичне нанесення міді • олов'яно - свинцеве покриття • видалення резисту • травлення міді • видалення припою	
9. Нанесення захисного покриття	

Типи міжшарових переходів БШДП

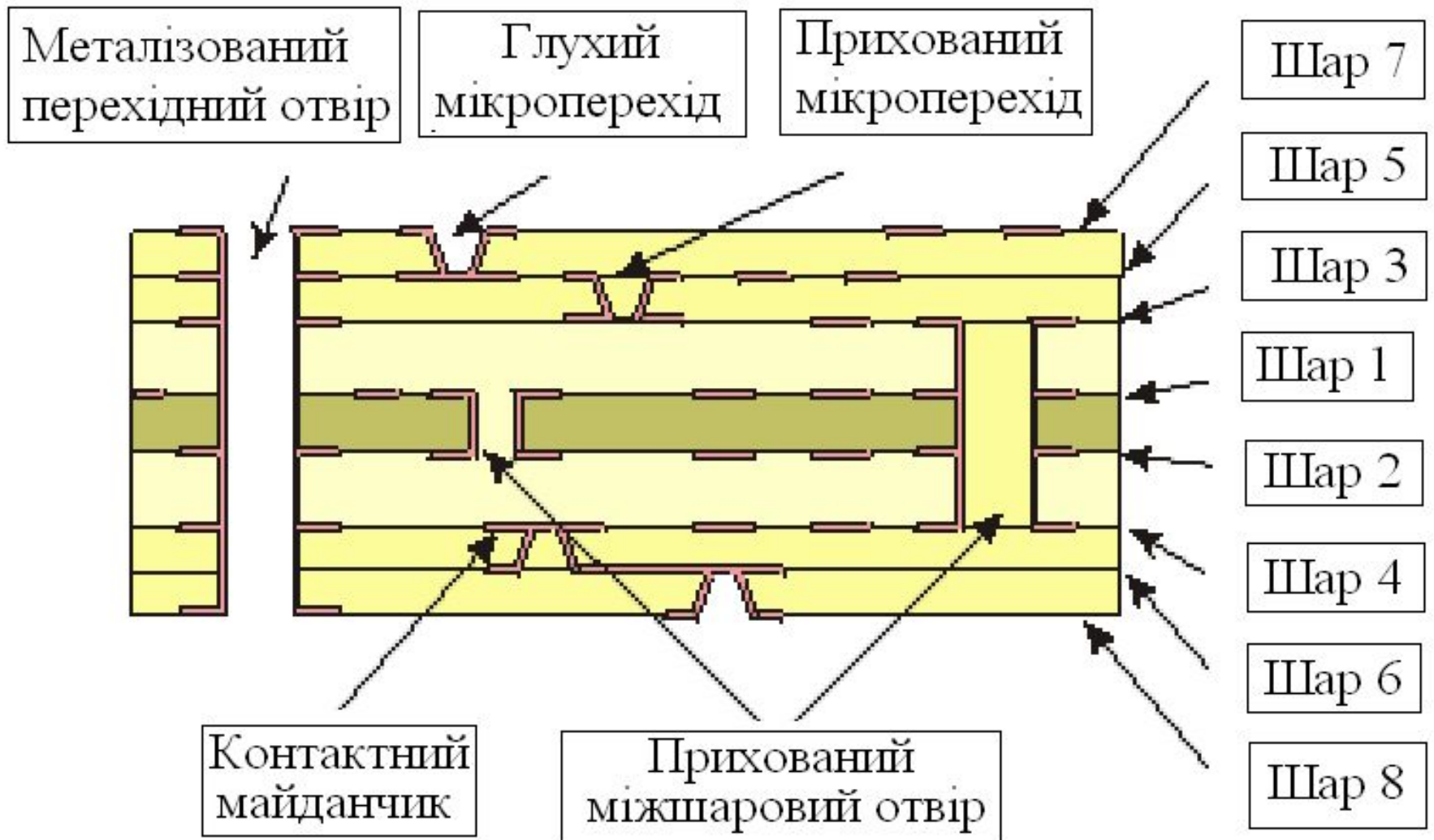


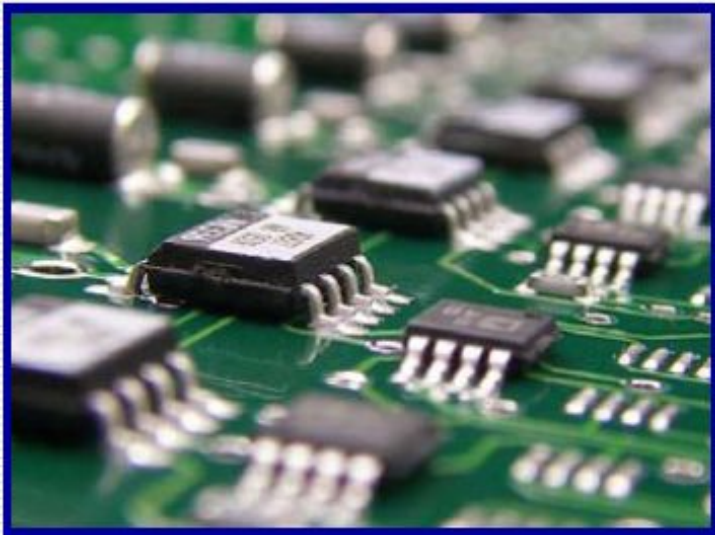
Рис.7. Перетин БШДП. Типи міжшарових переходів

Основні етапи виготовлення багатошарових ДП (БДП)



Рис.8. Послідовність етапів виготовлення БДП

Класифікація виробів за експлуатаційними характеристиками



Клас 1

- Побутова техніка
- Комп'ютерна техніка

Клас 2

- Телекомунікації
- Промисловість

Клас 3

- Авіація і космос
- Системи
життєзабезпечення

Основні варіанти розміщення компонентів на ДП

В електронній промисловості існує спеціальний стандарт (IPC-7070, J-STD-013), який включає наступні схеми поверхневого монтажу:

Тип 1 - монтовані компоненти встановлені тільки на верхню сторону ДП ;

Тип 2 – монтовані компоненти встановлені на обидві сторони ДП;

Клас А – компоненти through- hole (PTH- монтовані в отвори) компоненти;

Клас В – тільки поверхнево монтовані елементи (SMD);

Клас С – змішані : монтуються в отвори і поверхнево монтовані компоненти;

Клас Х - комплексно- змішана збірка :through- hole , SMD, BGA, fine pitch;

Клас Y - комплексно- змішана збірка :through- hole , SMD, Ultra fine pitch, CSP;

Клас Z -комплексно- змішана збірка :through- hole , Ultra fine pitch, COB, Flip Chip, TSP

Оптимізація компонування друкованих вузлів і вибір технології їх зборки

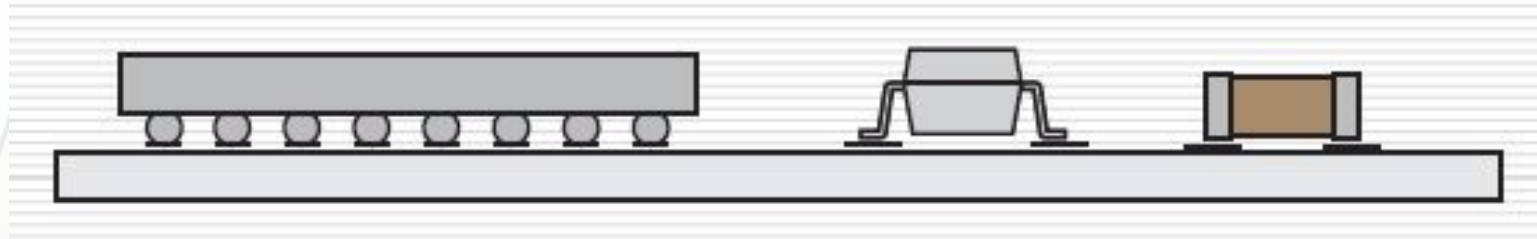


Рис.9. Тип 1В: Односторонній SMD монтаж

Автоматизоване встановлення компонентів на пасту з наступним її оплавленням в конвекційній пічці або паровій фазі.

переваги:

- максимальна автоматизація процесів;
- мінімальна собівартість зборки;
- висока щільність монтажу

Оптимізація компонування друкованих вузлів і

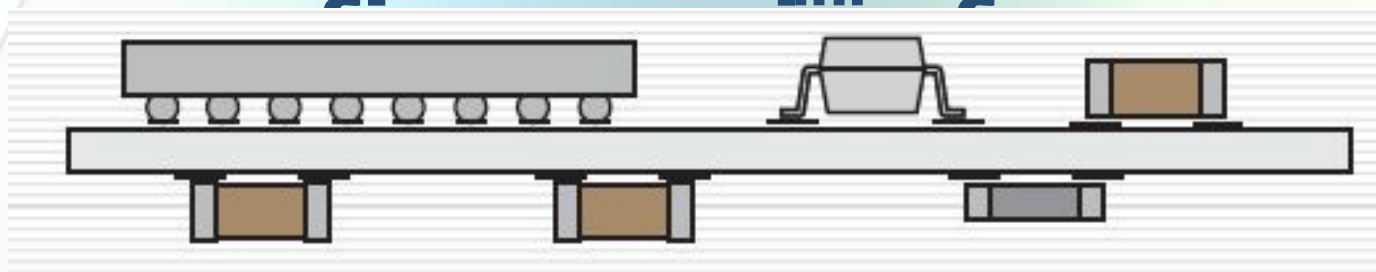


Рис.10.Тип 2В: Двосторонній SMD монтаж

Автоматизоване встановлення компонентів на пасту з наступним її оплавленням в конвекційній пічці або паровій фазі.

Переваги:

- максимальна автоматизація процесів;
- мінімальна собівартість зборки;
- висока щільність монтажу

Недолік: зростання собівартості зборки за рахунок дублювання технологічних операцій для другої сторони

Оптимізація компонування друкованих вузлів і вибір технології їх зборки

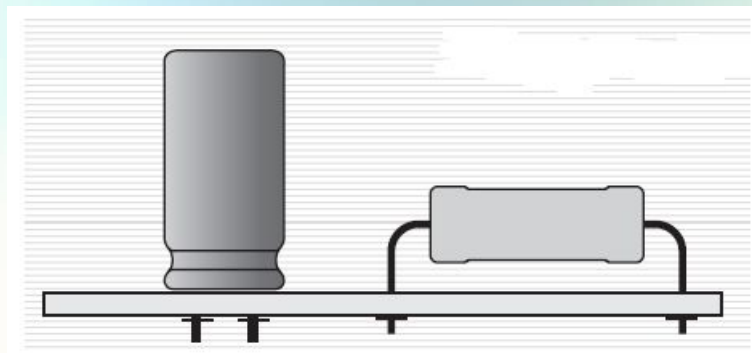


Рис.11. Тип 1А: Односторонній THD монтаж

Встановлення компонентів з наступною груповою пайкою на хвилі.

перевага:

- зниження собівартості зборки в порівнянні з повністю ручною зборкою

недолік:

- значне збільшення собівартості зборки в порівнянні з SMD виконанням

Оптимізація компонування друкованих вузлів і вибір технології їх зборки

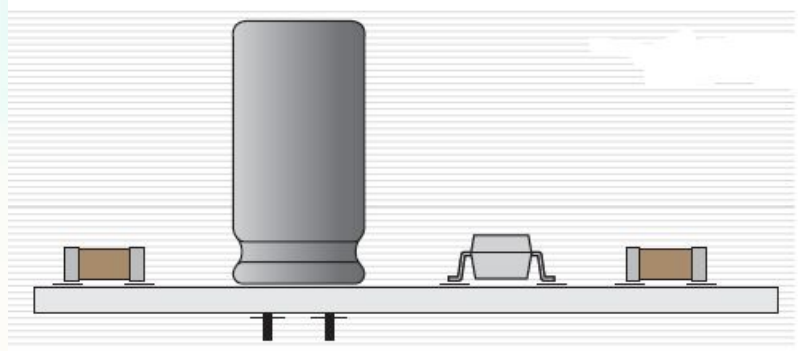


Рис.12 . Тип 1С: Односторонній змішаний SMD + THD монтаж
Автоматизований SMD монтаж на пасту + пайка ТН
компонентів хвилею.

переваги:

- найбільш оптимальний варіант змішаної компоновки друкованих вузлів

недолік:

- собівартість зборки вище в порівнянні з SMD виконанням.

Оптимізація компонування друкованих вузлів і вибір технології їх зборки

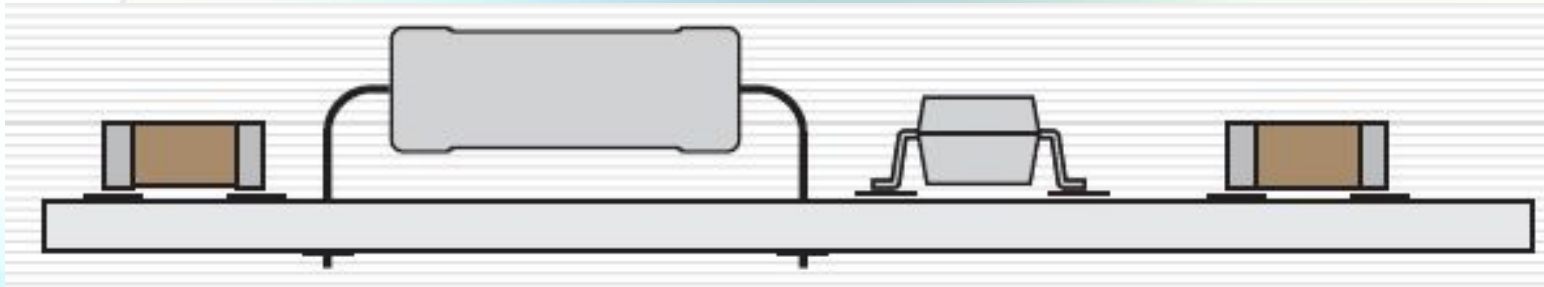


Рис.13.Тип 1X: Односторонній змішаний SMD + THD монтаж
(**Intrusive Reflow**)

Автоматизований SMD монтаж на пасту + встановлення ТН компонентів на пасту з наступним оплавленням в конвекційній пічці.

переваги:

- зниження собівартості за рахунок скорочення кількості технологічних операцій

недоліки:

- собівартість зборки вище в порівнянні з SMD виконанням;
- обмежена номенклатура застосовуваних ТН компонентів.

Оптимізація компонування друкованих вузлів і вибір технології їх зборки

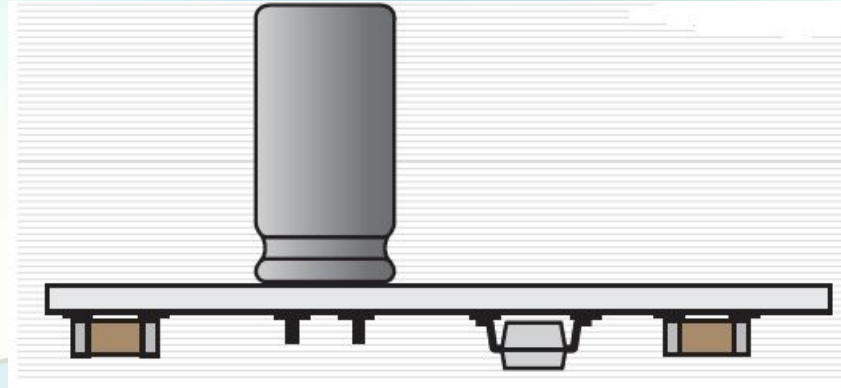


Рис.14. Тип 2С: Двостороній змішаний SMD + THD монтаж.

Автоматизоване встановлення SMD на клей, встановлення THD + групове паяння THD і SMD компонентів хвилею

недолік:

- обмежена номенклатура і варіанти розміщення SMD компонентів на нижній стороні плати

Оптимізація компонування друкованих вузлів і вибір технології їх зборки

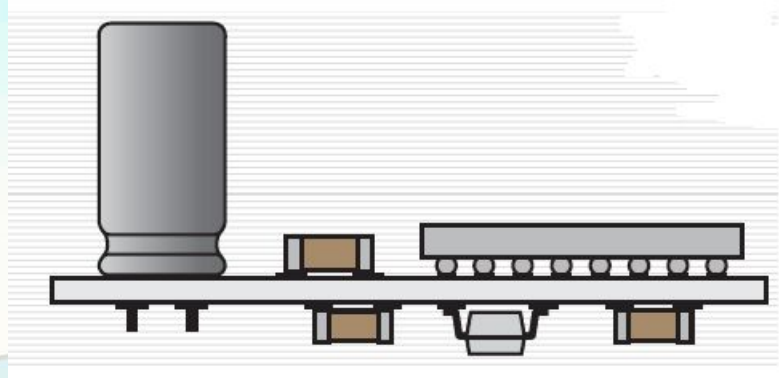


Рис.15. Тип 2С: Двосторонній змішаний SMD+THD монтаж (THD з однієї сторони)

переваги:

- висока щільність монтажу

недолік:

- тривалий і складний технологічний процес зборки

Оптимізація компонування друкованих вузлів і вибір технології їх зборки

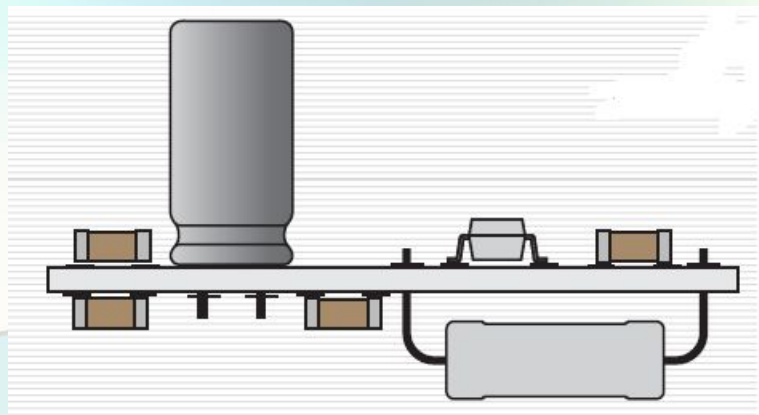


Рис.16. Тип 2У: Двосторонній змішаний монтаж SMD + THD монтаж (THD з двох сторін)

Двосторонній змішаний монтаж SMD + THD верх з наступним ручним монтажем THD низ

недолік:

найбільш невдалий варіант компоновки двосторонніх друкованих вузлів, збільшення вартості зборки виробу за рахунок великого числа ручних операцій

Переваги та недоліки використання технології поверхневого монтажу

Переваги:

- відсутність отворів в контактних площадках для встановлення елементів зменшує до 30% розмірів ДП, що суттєво зменшує собівартість ДП;
- за рахунок можливості розміщення елементів з обох сторін ДП зростає густина монтажу елементів;
- низький профіль і зменшення ваги покращують вібростійкість і ударостійкість виробів;
- використання автоматичного встановлення елементів і паяння з інфрачервоним нагрівом зменшує процент браку готових електронних модулів;
- заміна SMD елементів при виконанні ремонтних робіт на ДП набагато простіша ніж елементів з радіальними виводами.

Переваги та недоліки використання технології поверхневого монтажу

Недоліки:

- проектування ДП з використанням SMD елементів вимагає специфічних програмних засобів в САПР ДП;
- можливе застосування технології на виробництві лише при наявності відповідного технологічного устаткування;
- будь-які технічні зміни приводять до зими розміщення елементів і потребує нових затрат (виготовлення нового трафарету для клею і т.п.) що призводить до додаткових фінансових затрат;
- при використанні даної технології потребує додаткових витрат на програмування автоматизації збірки та виготовлення трафаретів (для пасти).

Матеріали для виготовлення ДП

Матеріал ХРС

Композитний матеріал на основі паперу та феноло - альдегідного матеріалу. Через те, що основою матеріалу, це не дозволяє здійснювати металізацію наскрізних отворів. Матеріал використовується для виготовлення одnobічних ДП. Матеріал горить, тому не може використовуватися для ДП з підвищеними вимогами до пожежостійкості. Для ДП виконаних з використанням цього матеріалу не можна наносити покриття методом (HALS).

Матеріал СЕМ-1

Найбільш розповсюджений матеріал для виробництва одnobічних ДП. Це композитний матеріал на целюлозній основі з одним шаром склотекстоліту FR-4 на поверхні. У ДП з використанням СЕМ-1 неможливо виконати металізацію наскрізних отворів. Матеріал має підвищену пожежостійкість, за механічними і електричними характеристиками є дешевшим приблизним аналогом матеріалу FR-4.

Матеріали для виготовлення ДП (продовження)

Матеріал FR-4

Найбільш розповсюджений матеріал при виробництві ДДП і БШДП.

Композитний матеріал на основі скловолокна. Володіє хорошими механічними і електричними характеристиками, пожежостійкий. Використовується також для виготовлення однобічних ДП з підвищеними вимогами до механічної міцності.

Матеріал СЕМЗ

Використовується для виготовлення ДДП і БШДП. За характеристиками аналогічний FR-4. При виробництві СЕМЗ використовується інший тип скловолокна. Матеріал піддається добре штампуванню, що важливо в умовах виготовлення ДП в масовому виробництві.

Типи покриття контактних площадок

З метою забезпечення якісного паяння ДП, особливо в умовах тривалого зберігання, на контактні площадки наносять різні покриття.

В даний час найбільш розповсюдженими методами покриття контактних майданчиків є:

- *HALS* –(Hot Air Solder Leveling) – покриття припоєм з вирівнюванням повітряним ножем;
- *Нікелювання*;
- *ENIG* (electroless nickel/ immersion gold) – імерсійне золото по підшару нікелю;
- *Імерсійне олово*;
- *Імерсійне срібло*;
- *ENTEK* - органічне покриття.

Порівняльна характеристика технологій покриття контактних майданчиків

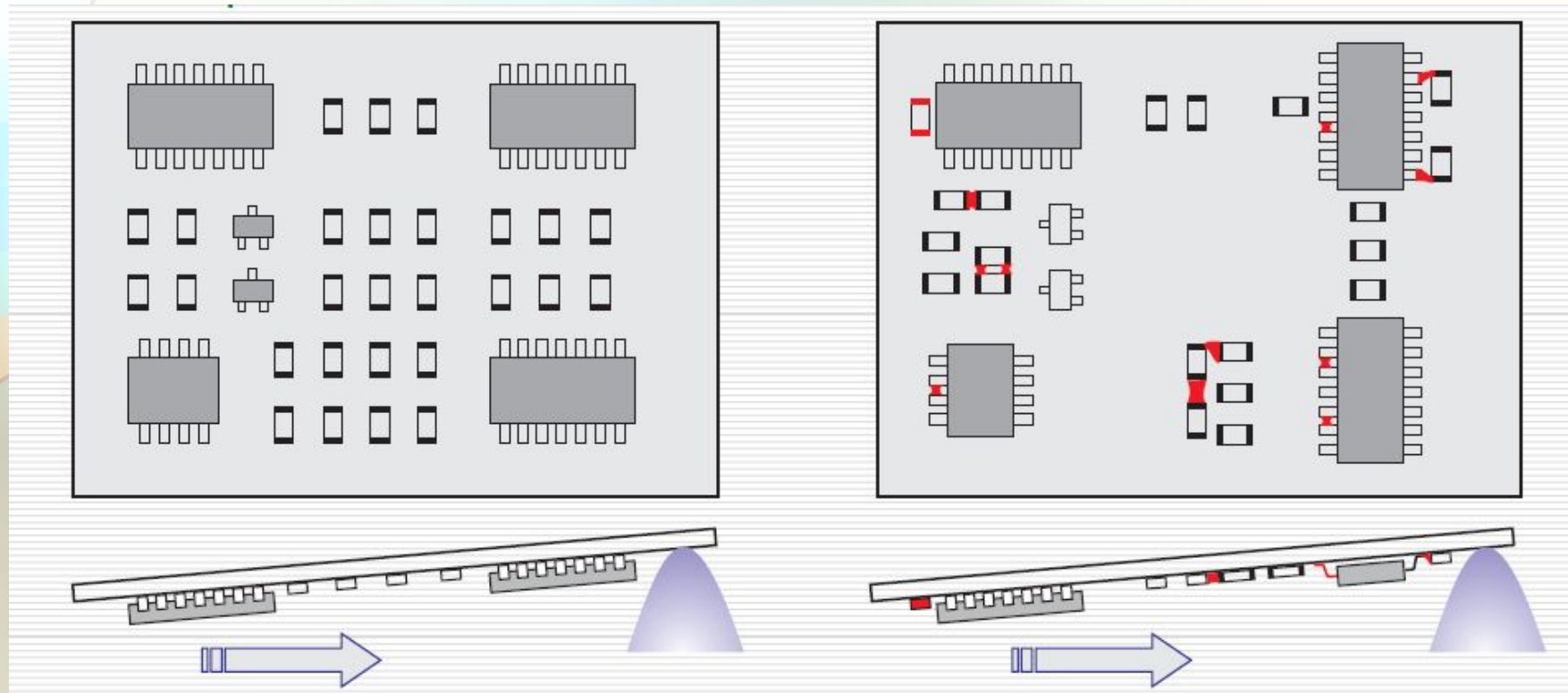
Технологія	Переваги	Недоліки
HALS	традиційний метод; витримує багаторазове термоциклювання, висока міцність паяного з'єднання	містить свинець, нерівномірність товщини покриття, висока ймовірність замикання КМ компонентів з малим кроком
Нікелювання	покриття використовується як проміжний шар для осадження інших металів	
ENIG	плоска поверхня, рівномірна товщина, тривалий термін зберігання, не впливає на розмір отвору, підходить для компонентів з малим кроком	висока вартість, може містити нікель, який вважається канцерогеном, неоптимальна для ДП з високими швидкостями сигналів
Імерсійне олово	підходить для компонентів з дрібним кроком, не містить нікелю, відносно не дороге	Не витримує багаторазового монтажу / демонтажу елементів, потребує обережного поводження
Імерсійне срібло	Відносно не дороге покриття, добре підходить для ДП з швидкісними сигналами і компонентами з дрібним кроком	Покриття з часом втрачає блиск
ENTEK	висока міцність паяних з'єднань, плоска поверхня, швидкий не дорогий процес	обмежене термоциклювання, при електротестуванні щупи лишають слід

Паяння ДП хвилею

Двосторонній монтаж. Нижня сторона друкованого вузла

Бажане

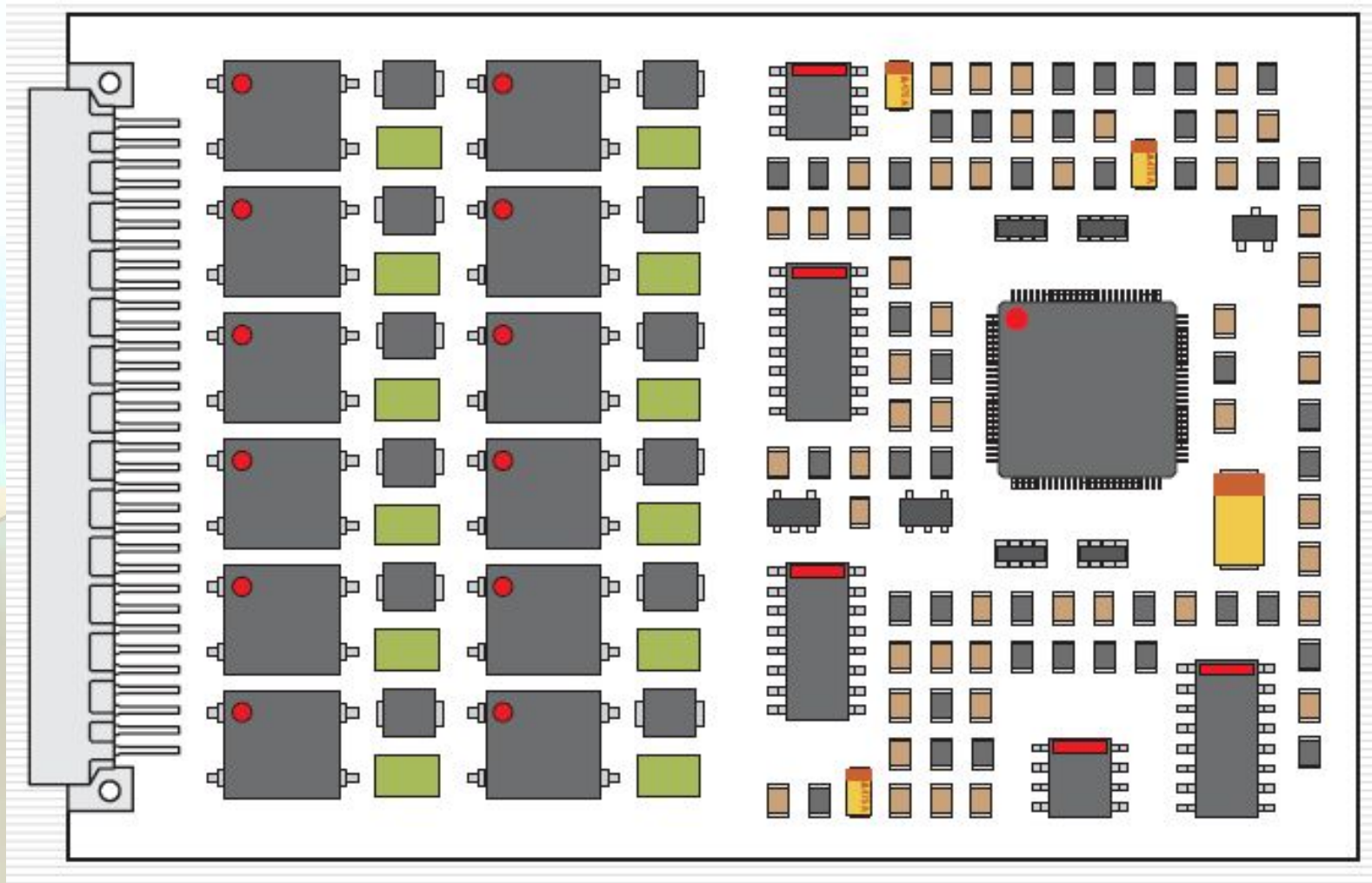
Не бажане



Напрямок руху по конвеєру

Рис.17. Бажане та не бажане розміщення елементів на нижній стороні друкованого вузла

Розміщення компонентів на друкованому вузлі



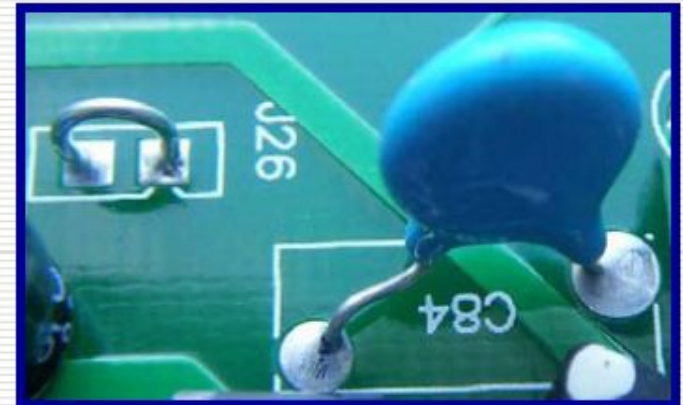
Рівномірне по густині

Однотипні компоненти – однотипна орієнтація

Оптимізація номенклатури застосованої елементної бази

Підвищення технологічності виробу за рахунок :

- зменшення кількості типорозмірів пасивних компонентів;
- максимальне використання SMD компонентів;
- використання максимально спрощених варіантів встановлення ТН компонентів



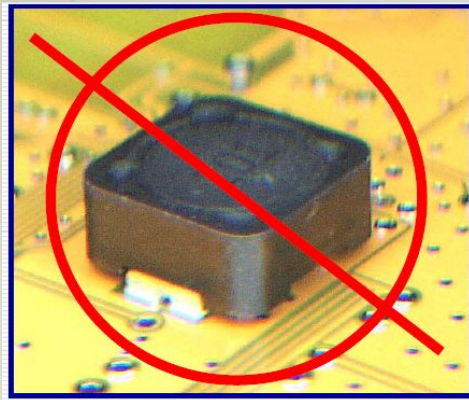
Оптимізація номенклатури застосованої елементної бази

При паянні хвилею недопустиме розміщення:



- компонентів з малим кроком виводів;
- компонентів із скритими виводами;
- великогабаритних компонентів (з висотою більше ніж 3,5 мм)

При конвекційній пайці небажане розміщення:



- масивних компонентів з малою площею виводів;
- компонентів з несиметричним розміщенням виводів