

Лабораторна робота № 2

Тема: Дослідження технологічного процесу виготовлення багатошарових керамічних друкованих плат за технологією LT.

Мета: Ознайомитися з основними етапами і технологічними параметрами процесу виготовлення керамічних друкованих плат.

Теоретичні відомості

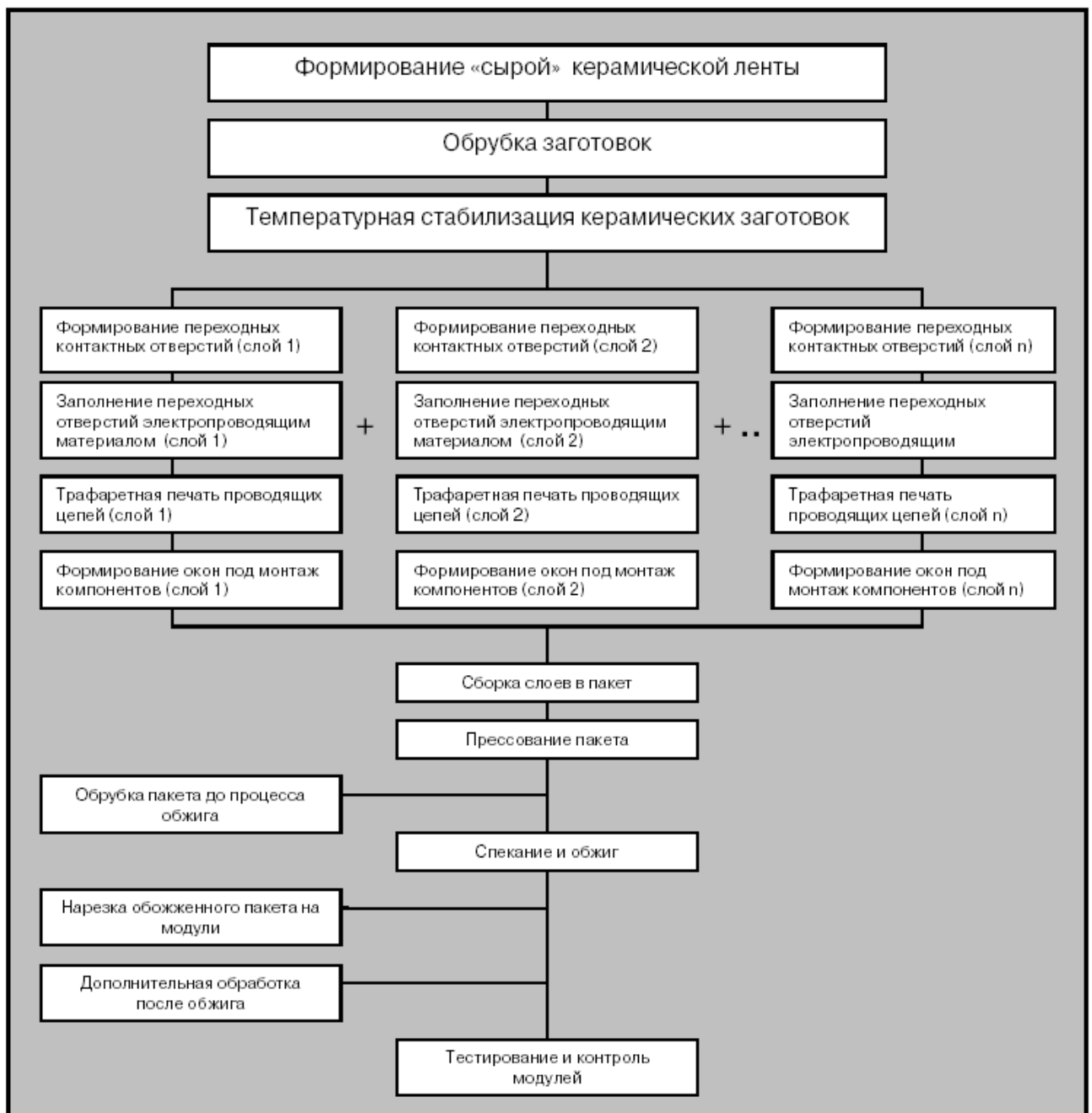
Безперервно зростаючі вимоги до компактності і надійності виробів електронної техніки (ВЕТ) привели до того, що традиційні складальні комутаційні носії компонент (у тому числі і багатошарові друкарські плати - БДП) далеко не повністю забезпечують оптимізацію вузлів і блоків ВЕТ. Використання складальних модулів, виконаних за технологією LTCC, дозволяє у ряді випадків усунути вищезгадані проблеми. Метою даного керівництва є опис технології LTCC виготовлення багатошарових керамічних плат, і приведення основних технологічних вимог необхідних розробникам виробів електронної техніки при створенні свого продукту з використанням модулів на основі даної технології. Аббревіатура LTCC розшифровується як Low Temperature Co-fired Ceramic що в перекладі українською мовою означає «Низкотемпературна (менше 1000 0с) що спікається за одну технологічну операцію кераміка». Основними перевагами даної технології є:

- Компактні розміри і міцність конструкції:
- Можливість інтеграції пасивних компонентів
- Об'ємний дизайн ланцюгів (багатошарові ВЧ / СВЧ модулі і комутаційні тривимірні плати)
- Безпосередня установка чіп - компонентів на плату
- Високі технічні характеристики і надійність:
- Висока добротність і малі втрати
- Контрольований імпеданс ланцюгів
- Стабільність до зовнішніх дій
- Висока повторюваність параметрів
- Розширений (по відношенню до багатошарових друкарських плат) діапазон робочих температур і механічних навантажень
- Швидка розробка прототипу
- Можливість організації масового виробництва з подальшою зміною параметрів.
- Низька ціна.

Велика кількість, як ВЧ/СВЧ пристроїв, так і деяких інших виробів електронної техніки, в даний час виконується за технологією LTCC. Це змішувачі, дільники і суматори потужності, розгалужувачі, подвійники частоти, фільтри, ВЧ трансформатори, модулятори і так далі. Причому, окрім стандартних продуктів також можливе виконання замовлених пристроїв заснованих на дизайні замовника.

Технологічний процес виготовлення багатошарових керамічних плат виконаних по LTCC – технології

Узагальнений опис процесу виготовлення багатошарових керамічних плат виконаних по LTCC – технології. Для того, щоб добре представляти можливості даної технології розглянемо докладніше процес виготовлення багатошарової керамічної плати. Для цього спочатку приведемо всі стадії технологічного процесу, а потім розглянемо деякі з них детальніше. Типовий технологічний процес виготовлення багатошарової керамічної друкованої плати представлений на схемі 1.



Як видно з приведеної схеми, в нього входять наступні стадії:

- Формування «сирої» керамічної стрічки (Tape Casting)
- Обрубання заготовок (Blanking)
- Температурна стабілізація керамічних заготовок (Stabilizing)
- Формування перехідних контактних отворів під поміжшарові контактні з'єднання (Via form)
- Заповнення перехідних контактних отворів електропровідним матеріалом (Via Fill)
- Трафаретний друк провідних ланцюгів (Circuit print)
- Формування вікон під монтаж компонентів (Cavity form)
- Збірка шарів в пакет (Collate layers)
- Пресування пакету (Laminate)
- Обрубання пакету до процесу випалення (Green Cut)
- Спінання і обпалення (Burnout & Fire)
- Нарізка обпаленого пакету на модулі (Dice)
- Додаткова обробка після випалення (Post Fire Processing)
- Тестування і контроль модулів (Final Inspection and Test)

Розглянемо деякі з приведених вище стадій докладніше, попутно привівши для кожної ряд вимог і обмежень що накладаються процесом виготовлення подібних плат. При цьому слід зазначити, що складки і плати, розроблені згідно цим пропонованим критеріям відповідатимуть стандартним технологічним можливостям АТС, не обмежуючи, в той же час, рівень складності дизайну (конструкторської розробки) замовника. Кожен пропонований проект (дизайн) на першому етапі підлягає розгляду з точки зору практичної можливості виготовлення тривалість виробничого циклу і його вартості.

Обрубання заготовок

Керамічна необпалена («сира») стрічка нарізається на окремі заготовки. У виробництві багат шарових керамічних плат використовуються заготовки наступних стандартних розмірів (таблиця 1).

Таблиця 1. Стандартные размеры заготовок для изготовления многослойных керамических плат.

Исходный размер заготовки (дюймы)	Рабочая поверхность заготовки (дюймы)	Максимальный размер после отжига (дюймы)
6 x 6 - основной	4.7 x 4.7	4.5 x 4.5
8 x 8 - возможный	6.7 x 6.7	6.2 x 6.2

Формування перехідних контактних отворів

Перехідні контактні отвори в пакеті формуються в кожній окремо взятій заготівці. Процес формування контактних отворів на АТС відрізняється високим ступенем точності і відтворюваності. Використовуване високо прецизійне цифрове устаткування дозволяє АТС уникнути жорстких обмежень по покроковому розподілу отворів у вузлах "сітки" і відкриває можливості одночасного формування отворів різного діаметру, кроку, щільності розташування і величини співвідношення діаметру отворів до товщини початкової кераміки. Стандартні розміри діаметру отворів в заготовках 4, 6, 8, 10, 15 і 20 міл (мілідюймів).

Необхідно відзначити, що в процесі випалення пакету отвори, заповнені провідним матеріалом змінюють лінійні розміри від 4 до 7%, тоді як навколишня керамічна матриця змінює відповідні розміри від 12 до 15%. Дуже близьке розташування отворів може привести до появи тріщин між ними в сирій заготівці, а занадто висока щільність розташування отворів може привести до спотворення геометричних координат поміжшарових з'єднань (стовбців) при випаленні. При виборі розмірів контактних отворів слід враховувати що використання отворів занадто малих діаметрів не завжди забезпечує надійну металізацію. Отвори занадто великого діаметру мають тенденцію до часткового "провалення" заповнення і його відділення від кераміки в процесі випалення. Отвори з величиною співвідношення товщини сирої кераміки до діаметру отвору більше 1, складні у формуванні і в заповненні. При збірці пакету нарощувані один над іншим "стовпи" не герметичні і можуть привести до неоднорідності профілю поверхні, тому рекомендується проводити зсув стовпів кожні 6-8 шарів. Використання дублюючих одну і ту ж функцію стовпів істотно збільшує надійність зборки.

Заповнення перехідних отворів електропровідним матеріалом

Формування металізації перехідних отворів проводиться за допомогою заповнення отворів в керамічній заготівці спеціальними сумішами електропровідних матеріалів (пастою - див. таблицю 3) з використанням технології шаблонного друку. При цьому використовуються високоточні шаблони, виготовлені з нержавіючої сталі.

Якість заповнення оцінюється по наступних параметрах:

- повнота заповнення перехідного отвору
- точність нанесення заповнюючого матеріалу.

Найбільш важливим чинником, що впливає на цей процес є співвідношення товщини використовуваної керамічної заготівки до діаметру заповнюваного отвору. Часто

спостерігається невелике меніскоподібне викривлення перехідного отвору, викликане відмінністю термоусадних коефіцієнтів перехідного отвору і навколишньої кераміки.

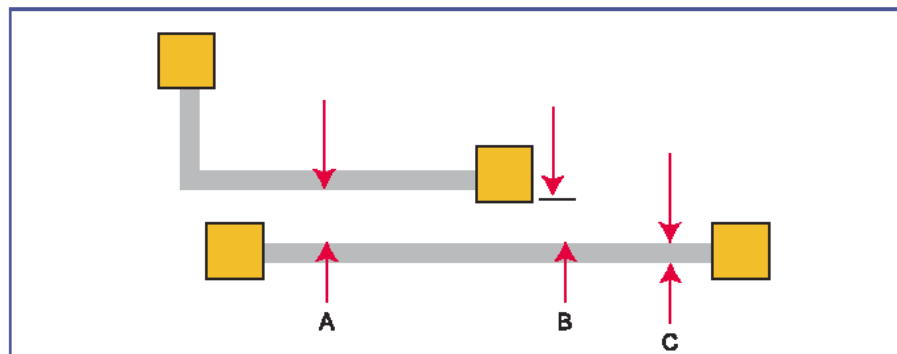
Формування електропровідних ланцюгів (схем)

Електропровідні ланцюги (схеми) формуються методом трафаретного друку (шелкографії) на поверхні необпаленої керамічної заготовки. У порівнянні з традиційною товстоплівковою технологією перевагою даного методу є вища роздільна здатність друку ланцюгів, що обумовлена наступними чинниками:

- друк проводиться на плоскій поверхні керамічної заготовки (відсутня топографія, характерна для товстоплівкової технології)
- електропровідні пасти наносяться на дрібнопористу поверхню, що перешкоджає їх розтіканню.

При розводці ланцюгів визначальними чинниками є ширина і крок провідників, а також їх товщина (товщина нанесеної пасти).

Рисунок 2. Ширина провідників и расстояния между проводниками



	A (дюймы)	B (дюймы)	C (дюймы)
Предпочитаемые	$\geq 0,006$	$\geq 0,006$	$\geq 0,005$
Максимально допустимые	0,005	0,005	0,004

Рисунок 4. Формирование контактных площадки для установки микросхем



Формування порожнин

В процесі виготовлення можливе формування складних 3-х вимірних структур. Прикладами таких структур є канали для відведень термокомпресійних провідників, порожнин або отворів для посадки навісних компонентів безпосередньо або поблизу тепловідводів (радіаторів) виїмки для електроізоляційного розділення активних компонентів у складі одного модуля. Порожнини можуть бути сформовані як в кожному окремому шарі, так і в збірці декількох шарів.

Рисунок 10. Рекомендуемое расстояние от края металлизированной области до стенки полости.

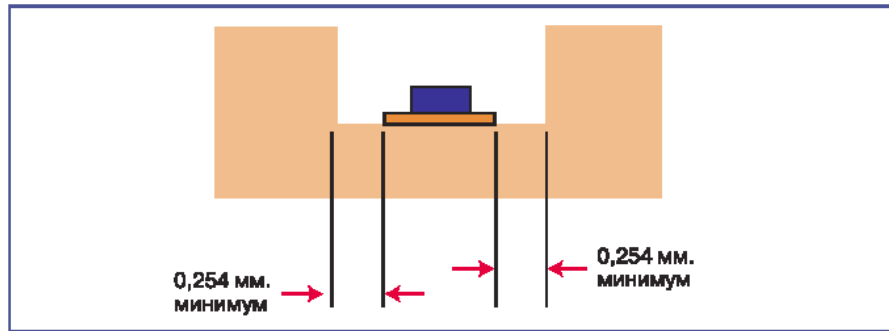
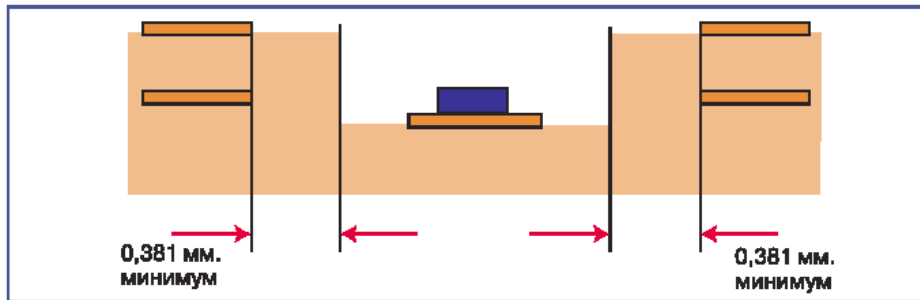


Рисунок 11. Рекомендуемое расстояние от края утопленного/поверхностного проводника до стенки полости.



Збірка пакету

Готові шари поміщаються в спеціальне пристосування, що забезпечує їх поєднання. Після зборки пакет шарів проходить через спеціальне пресування при строго визначених тиску, температурі і тимчасових циклах. На цьому етапі пакет називається необпаленим.

Обрубання пакету до процесу обпалення

Перед обпаленням пакету проводиться обрубання технологічних полів. У тому випадку, коли конфігурація кінцевих модулів не є простою ортогональною структурою, проводиться вирубка окремих модулів з необпаленого пакету.

Обпалення

Для остаточного формування багатошарової керамічної плати необхідна термообробка пакету або окремих модулів. При цьому протікають два паралельні процеси - вжигання провідних малюнків і спікання керамічної маси. На першій стадії випалення також відбувається розкладання і видалення технологічної в'язки.

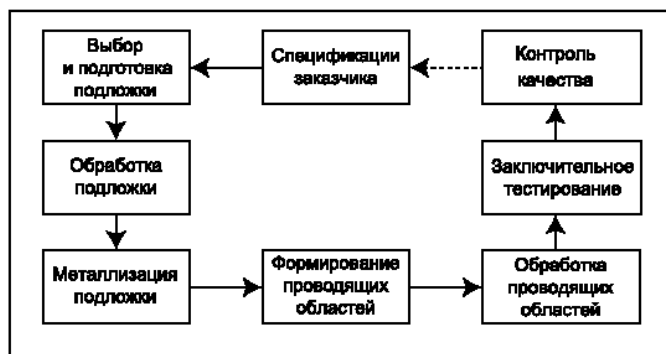
Нарізка обпаленого пакету на модулі

Нарізка обпаленого пакету на модулі проводиться діамантовими дисками, що забезпечують високу точність розмірів модулів. Цей процес застосовується для виготовлення модулів ортогональної конфігурації.

Додаткові процеси після випалення пакету

Після процесу обпалення на зовнішніх сторонах пакету можуть бути сформовані різні структури з використанням тонко- і товстоплівкової технології. Прикладами таких структур є селективні зони для паяння, термокомпресії, електроізоляції, а також пасивні компоненти типу конденсаторів резисторів і індуктивностей.

Рисунок Т-1. Обобщенная схема процесса изготовления тонкопленочной продукции.



При **тестуванні і контролі** друкарських плат перевіряються геометричні її параметри а також кріпильних отворів, які повинні знаходитися в межах допусків. Проводиться перевірка цілісності електричних контурів, а також рівня імпедансу в кожній ділянці ланцюга.

Електрофізичні і механічні характеристики використовуваних матеріалів

Таблиця 2. Основные характеристики керамики используемой для производства многослойных керамических плат.

Свойство	DuPont 951	Ferro A6
Толщина "сырой" керамической ленты (миллидюймы)	4.5, 6.5, 10.0+/-7%	5.0, 10.0 +/-15%
Номинальная толщина после обжига (миллидюймы)	3.8, 5.5, 8.5	3.7, 7.4
Диэлектрическая постоянная при 10 ГГц	7,85	5,9
Коэффициент диэлектрических потерь при 10 ГГц	0,0045	< 0,002
Пробивное напряжение (V/миллидюйм)	>1000	>1300
Сопротивление изоляции (Ом) при 100 В постоянного тока	> 1012	> 1012
Термоусадка X и Y (%)	12,7+/-0,2	14,8+/-0,2
Термоусадка Z (%)	15,0+/-0,5	27+/-0,5
Плотность после обжига (г/см ³) 96% теорет.	3,1	2,45
Неплоскостность мк/мм	< 2	<2
Пластическая прочность (Мра)	320	>170
Термический коэффициент расширения (ppm/oC)	5,8	7
Термопроводность (W/m_K)	3.0	2.0

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись із основними етапами технологічного процесу виготовлення багатослойних керамічних друкованих плат.
 2. Привести структурно-параметричний опис основного технологічного процесу (ТП)
 - a. Назва та порядок виконання технологічних операції (ТО) за основним ТП. Зміст операцій. (Представити у вигляді структурної схеми із зазначенням матеріальних потоків, що сполучають технологічні операції)
 - b. Назва та призначення (принцип дії) основного та допоміжного технологічного обладнання, що використовується при реалізації технологічних операцій, загальні технічні характеристики обладнання.
 - c. Основні технологічні параметри, що контролюються при проходженні ТП із прив'язкою до обладнання, що їх забезпечують.
2. Зробити висновки.

Контрольні питання

1. З якою метою виконується температурна стабілізація сирової кераміки?
2. Призначення перехідних контактних отворів та предмет контролю при виконанні операції формування перехідних контактних отворів?
3. Зміст технологічної операції трафаретного друку струмопровідних ланцюгів?
4. Що являє собою пакет. Охарактеризуйте зміст операції збору пакету та основні параметри, що контролюються при цьому?
5. Охарактеризуйте загальний виробничий цикл виготовлення тонкоплівкової продукції?