

## 1.5. ТОЛСТОПЛЕНОЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

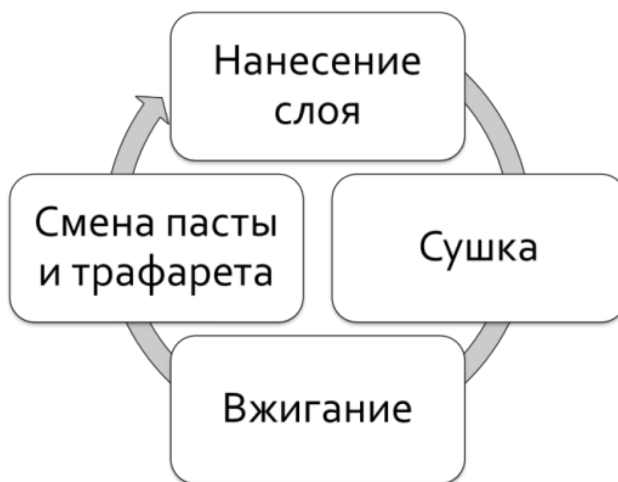
**Цель лекции:** ознакомление с основами толсто пленочной технологии.

### 1.5.1. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ

Толсто пленочная технология используется для создания пассивных элементов (резисторов, конденсаторов, проводников и контактов) в гибридных толсто пленочных микросхемах. Кроме того, она применяется для создания проводников и изолирующих слоёв в некоторых типах многоуровневых коммутационных микроплат. Толщина пленки составляет несколько десятков микрон.

Данный метод использует дешевые и высокопроизводительные процессы, требующие небольшие одновременные затраты на подготовку производства, что обеспечивает достаточно низкую стоимость получаемых микросхем в условиях мелкосерийного производства. Кроме того, процесс вжигания пасты в поверхностный слой керамики приводит к прочному сцеплению получаемых элементов с керамической подложкой, что обеспечивает их высокую надежность.

Структурная схема цикла толсто пленочной технологии приведена на рис. 1.5.1.

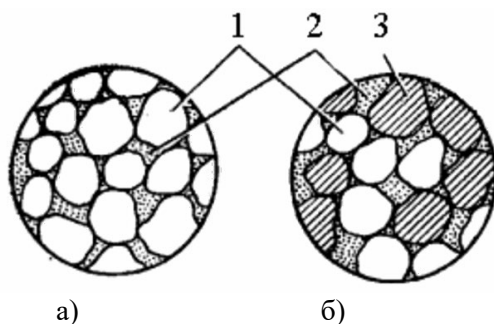


**Рис. 1.5.1.** Структурная схема цикла толсто пленочной технологии

На первом этапе происходит нанесение пасты через трафарет. Толсто пленочные пасты состоят из:

- функциональных частиц;
- низкотемпературного стекла (температура плавления  $400...500^{\circ}\text{C}$ ), которое склеивает функциональные частицы;
- технологической связки (обычно органические масла), которая в процессе вжигания должна разлагаться и полностью удаляться из слоя.

В готовом (вожженном) состоянии толстопленочный элемент состоит из мелких функциональных частиц, находящихся в массовом контакте друг с другом (рис. 1.5.2) и «склеенных» стеклом с невысокой ( $400...500^{\circ}\text{C}$ ) температурой плавления.



**Рис. 1.5.2.** Структура толстопленочных элементов: а – проводники; б – резисторы  
1 – частицы металла; 2 – конструкционная связка (стекло); 3 – частицы оксида

Существуют следующие виды паст:

- для проводящих элементов, включающие порошки серебра, палладия и других металлов с высокой электропроводностью;
- для резистивных элементов, включающие смеси порошков проводящих частиц и частиц окислов металлов в различных пропорциях;
- для диэлектрических слоев конденсаторов, включающие порошки сегнетоэлектриков, которые обладают большим значением относительной диэлектрической проницаемости;
- лудящие пасты, включающие частицы припоя, смоченные раствором флюса.

Пасты наносят через сетчатые трафареты. Для трафаретов используют сетки из нержавеющей стали с размерами ячеек  $40...100$  мкм и диаметром нитей  $25...55$  мкм.

Сушка необходима для удаления летучих компонентов технической связки. Она проходит при температуре  $120...200^{\circ}\text{C}$ .

Вжигание пасты происходит при температуре  $500...1000^{\circ}\text{C}$  в конвейерных электропечах. Типовой температурный профиль вжигания пасты приведен на рис. 1.5.3.

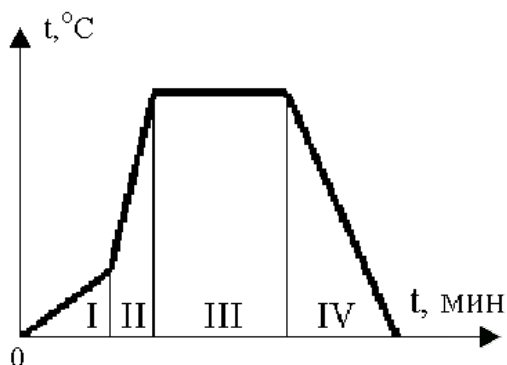


Рис. 1.5.3. Температурный профиль вжигания пасты

Вжигание пасты происходит в 4 этапа. На этапе I, температура которого достигает 300...400 °С, происходит разложение и удаление органической связки, состав которой, а также скорость нагрева подбирается таким образом, чтобы удаление ее компонентов происходило не одновременно, иначе пленка получится пористой. На этапе II происходит оплавление стекла и смачивание им функциональных частиц и подложки. На этапе III происходит выдержка при постоянной высокой температуре в течение 7...15 минут. На этапе IV происходит медленное охлаждение, чтобы избежать возникновения внутренних механических напряжений.

Каждый последующий слой вжигается при более низкой температуре.

Толсто пленочная технология более проста в реализации по сравнению с тонкопленочной. Кроме того, толсто пленочные элементы могут быть рассчитаны на более высокие мощности рассеивания. К ее недостаткам относится необходимость высоких температур, относительная дороговизна некоторых паст, меньшая разрешающая способность, которая, впрочем, может быть улучшена заменой трафаретной печати на фотолитографию. Кроме того, толсто пленочные элементы имеют больше ТКС, чем тонкопленочные.

**ТЕСТЫ К ЛЕКЦИИ 5**

Вопрос	Какую толщину пленок при толстопленочной технологии можно получить?
Ответы:	
1	Десятки микрометров
2	Несколько нанометров
3	Несколько сантиметров
Вопрос	Какие функциональные частицы используются для резистивных паст?
Ответы:	
1	Смесь металлов и диэлектриков
2	Металлы
3	Диэлектрики