

Corso PCB

- **Scopo:** Il corso si prefigge di dare una conoscenza di base sulle varie tecnologie di realizzazione dei circuiti stampati, al fine di permettere il loro utilizzo in modo ottimale e di poter correlare i difetti con le eventuali cause.
- **Overview:** Nella prima parte si darà una visione generale del processo produttivo dei circuiti stampati, dai single layer ai multi-layer. Nella seconda parte si analizzerà il prodotto finito in funzione dei parametri che lo caratterizzano dal punto di vista tecnologico. Infine nella terza parte si provvederà a fornire una correlazione tra difetto e possibili cause.

A seguito in dettaglio i punti fondamentali:

Prima Parte:

- ✓ Cosa e' un circuito stampato
- ✓ Classificazione per tecnologia
- ✓ Di cosa e' composto
- ✓ Come si industrializza il prodotto
- ✓ Ciclo produttivo
 - Single side
 - Double side
 - Multi-layer
- ✓ Test dei circuiti

Seconda Parte:

- ✓ Tipi di finiture
- ✓ Classi
- ✓ Circuiti rigidi, flessibili, rigido flessibili, materiali esotici
- ✓ Cenni su circuiti ad impedenza controllata.

Terza Parte:

- ✓ Difetti tipici
- ✓ Matrice delle possibili cause
- ✓ Ispezione dei circuiti
- ✓ Possibili rimedi

Parte prima

Processi produttivi delle PCB

Il circuito stampato e' il sub-strato sul quale vengono posizionati i componenti elettronici. Esso, oltre ad offrire un supporto fisico, permette le interconnessioni elettriche tra i vari dispositivi e, talvolta, la dissipazione della potenza attraverso la dispersione del calore.

Questo implica che esso deve garantire delle proprietà:

- Meccaniche
 - Stabilità dimensionale
 - Resistenza alle sollecitazioni
 - Elasticità (circuiti flessibili)
- Elettriche
 - Isolamento tra i vari percorsi elettrici in tutte le direzioni (Rigidità dielettrica, resistività superficiale)
 - Continuità elettrica dei conduttori
 - Risposta in frequenza predefinita (impedenza controllata)
- Termiche
 - Alto grado di dissipazione termica (substrati metallici)

Per raggiungere questo obiettivo il materiale che viene utilizzato e' scelto in base alle caratteristiche che si desidera ottenere, i materiali più comunemente utilizzati sono:

Materiale	Caratteristiche predominanti	Uso
FR3 epoxy paper	Facilità di lavorazione meccanica, alta resistività superficiale.	Produzione di circuiti low tech, tipicamente single side
FR4 epoxy glass	Discreta stabilità dimensionale, buona rigidità dielettrica.	Circuiti professionali, il più usato in generale
FR4 epoxy glass polifunzionale	Simile al precedente ma con caratteristiche di resistenza alla temperatura migliori.	Prodotti high tech, in genere per il telecom.
CEM1 e CEM 3	Simile al FR3, con caratteristiche migliori, ottima resistività superficiale	Utilizzato molto nell'industria del bianco.
Polyamide resin-based material	Eccellenti caratteristiche di resistenza alle alte temperature	Applicazioni per alta potenza
PTFE laminates	Ottima risposta in frequenza e stabilità	Applicazioni ad alta frequenza
Kapton®	Materiale flessibile	Prodotti avionica, telecom.
Materiale a substrato metallico	Ottime capacità dissipative del calore.	Applicazioni di alta potenza, automotive.

Tabella 1

Oltre ai materiali di base sopra citati, gli altri materiali indispensabili alla realizzazione del circuito sono:

- **Prepreg**, strato di fibra di vetro impregnato di resina la quale non ha ancora subito la transizione termica. Necessario all'assemblaggio dei vari strati di un multistrato.
- **Cover Lay**, strato di materiale flessibile acrilico o epossidico con funzioni da isolante.

- **Adesivo**, materiale acrilico o epossidico necessario all'assemblaggio dei vari strati di un flessibile.
- **Copper foil**: foglio di rame per la realizzazione dei multistrati.

Ed ancora materiali "accessori" :

- Solder Mask: vernice necessaria alla realizzazione della maschera di saldatura e all'isolamento dei conduttori esterni.
- Topografia: Vernice utilizzata per riportare sul circuito indicazioni per il piazzamento e riferimenti.
- Blue Mask: vernice a spessore rimovibile utilizzata per mascherare in fase di saldatura delle parti di circuito.
- Grafite: Pasta a conducibilità variabile polimerizzata ad alta temperatura per la realizzazioni di "ponti" di conduzione, resistenze on board, punti di contatto.
- Lega Sn Pb: per la finitura superficiale, HASL o rifusione.
- Metallizzazione chimica: Sn, Ag, Pd, Au
- OCC: Passivazione superficiale

Tutti questi materiali sono integrati da materiali necessari alla produzione , quali acidi, basi ecc..

Come anticipato il circuito, oltre a fornire un sub-strato per "tenere" i vari componenti, fornisce le interconnessioni elettriche.

Quindi, ciò che influenza la complessità del circuito stampato é:

1. Densità di componenti e loro tipologia (fine pitch, bga, flip chip, ecc..)
2. Densità di connessione, definita come linee per canale.
3. Numero di fori per cm² e loro aspect ratio

Questa visione della complessità di un circuito vè affiancata alla scelta dei materiali, ed alla loro efficienza di utilizzo.

Il "pensare" un circuito e' un arte di giusto compromesso tra:

1. Necessità di performance del prodotto finito
2. Fattibilità in termini di processi realizzativi
3. Costi di produzione in relazione ai benefici (presenti e futuri)
4. Necessità da parte della linea di assemblaggio
5. Possibilità di "espandere" il prodotto senza stravolgere dover ri-progettare il tutto.

Per quanto riguarda il punto 2, é fondamentale conoscere quelli che sono i limiti di realizzazione dei prodotti "standard" oltre quello che é lo stato dell'arte.

Qui é riportato quello che é normalmente classificato come standard:

Descrizione	Standard	Cutting edge
Spessore Max (mm)	3.2	6
Spessore Min (mm)	0.4	0.1
Numero di layers	16-18	Oltre 26
Cu esterno di base (micron)	35	Oltre 105
Blind & Buried Vias	NO	Si
Space/line (micron)	125/100	50/50
Aspect ratio	8/1	10/1
Diametro finito minimo (mm)	0.4 + 0.1 / -0.05	0.15 +0.05 / -0.05
Tolleranza di posizione (micron)	+/- 50	+/- 30
Tolleranza delle fresatura (mm)	+/- 0.150	+/- 0.1
Tolleranza della tranciatura	+/- 0.05	+/- 0.05
Tolleranza dello V-Cut (core)	+/- 0.1	+/- 0.1

Tabella 2

Questi valori variano in funzione del materiale utilizzato, e non tutte le combinazioni sono realizzabili.

Per meglio comprendere i limiti passiamo ad identificare il processo produttivo del circuito stampato.

Circuiti mono facciali (1 strato).

Questo e' il tipo più semplice di circuito e spesso viene utilizzato per la realizzazioni di prodotti di basso costa ed alti volumi. Naturalmente offre poche possibilità di interconnessione poiché le piste devono stare solo su un lato del circuito.



fig. 1

Per realizzare questo tipo di circuito si parte da un materiale di base che e' formato dal substrato (es. FR4) con un lato interamente coperto da uno strato di rame di spessore predefinito (tipicamente 35 micron).

La prima operazione da effettuare, dopo il taglio delle lastre, e' quella di foratura. La foratura avviene per mezzo di macchine a controllo numerico guidate da un programma generato dal CAM. Questo foratura detta " di prima" e' il riferimento per tutte le successive operazioni. Dopo la foratura si provvede a rimuovere dalla superficie l'eventuale bava metallica per evitare che possa interferire con le operazioni successive.

Il passaggio successivo e' quello di andare a creare il disegno dei percorsi elettrici sul rame di base che poi saranno ricavati attraverso il processo di incisione.

Esistendo, di fatto, due diversi processi di incisione, le metodologie per ricavare l'immagine sono complementari.

1) Incisione acida (Pannel Plating per i circuiti con fori metallizzati)

I circuiti vengono laminati con un film fotosensibile, dopo di che il tutto viene esposto con una pellicola che riproduce il negativo dell'immagine che si vuole ricavare.

Dopo lo sviluppo sul pannello di lavoro rimane l'immagine del circuito "disegnata" dal film. Questo non viene attaccato dalla soluzione acida che invece provvede a sciogliere il rame.

Quindi si otterrà, il disegno del circuito in rame, ancora coperto dalla pellicola fotosensibile che viene rimossa con una soluzione alcalina.

2) Incisione cupro-ammoniacale (Pattern Plating per i circuiti con fori metallizzati)

I circuiti vengono laminati con un film fotosensibile, dopo di che il tutto viene esposto con una pellicola che riproduce il positivo dell'immagine che si vuole ricavare.

Dopo lo sviluppo sul pannello di lavoro rimane l'immagine negativa del circuito "disegnata" dal film. A questo punto si passa il pannello in una linea galvanica che provvede a elettrodeporre uno strato di Sn Pb che ha la funzione di etch resist. Questo si depositerà solo nella parte libera dal film. Quindi si provvede a rimuovere il film stesso in modo da scoprire il rame sottostante. A questo punto il pannello viene inciso con una soluzione a base di ammoniaca che scioglie il rame ma non lo Sn Pb. Al termine ottengo il disegno del circuito in rame coperto da Sn Pb. A questo punto posso lasciare la lega su tutto il circuito o rimuoverla in una soluzione a base di acido nitrico.

In entrambe i casi ho ottenuto il disegno desiderato in rame sul substrato isolante in FR4.

Il passo successivo è la deposizione della maschera di saldatura. Questa può essere creata con materiale fotosensibile o meno.

Nel secondo caso si segue la tecnica serigrafica standard, con tutti i limiti del caso.

Per quanto riguarda il materiale fotosensibile si provvede a stendere uno strato di questa "vernice" su tutto il circuito e, dopo una opportuna cottura, si espone con una pellicola che impressiona il disegno voluto sul pannello. Effettuando lo sviluppo la solder mask rimarrà solo dove si desidera.

Infine si provvede ad una cottura finale per polimerizzare in modo irreversibile la vernice e garantire le proprietà fisiche ed elettriche.

La stesura della "vernice" può avvenire con diverse tecniche:

- ❑ Serigrafia: Ottime performance, media produttività
- ❑ Velatura: Alta produttività medie performance
- ❑ Elettro-spray : Alta produttività basse performance

La tecnica più diffusa e' la velatura, la quale e' sconsigliata per spessori del rame di base maggiori di 35 micron.

Se la finitura superficiale e' l'HASL viene effettuata a questo punto della lavorazione, il pannello dopo essere stato disossidato viene immerso in un pozzetto di lega Sn Pb a 250 Gradi che provvederà a ricoprire tutte le zone di rame libere da solder mask.

Dopo di che il pannello viene accuratamente lavato dai residui di flussante.

Ora e' possibile l'applicazione della topografia dei componenti attraverso la tecnica serigrafica standard, le vernice sono in genere di tipo a cottura U.V. per velocizzare il processo produttivo.

Qualora la finitura sia diversa dall'HASL viene in genere fatta prima della meccanica finale. Con linee specifiche si provvede al riporto dei materiali che devono proteggere il rame e garantire la saldabilità.

In particolare per le finiture chimiche le linee sono tra loro simili e piuttosto articolate.

A questo punto si deve procedere alla realizzazione della meccanica finale, ed in particolare:

- 1) Fori di ripresa
- 2) Asole
- 3) Taglio del circuito
 - a. Fresatura (routing)
 - b. Tranciatura (punching)
 - c. Fustellatura
 - d. V Cut (Scoring)

Tutte le operazioni descritte vengono effettuate avendo come riferimento dei fori fatti in prima foratura, naturalmente le tolleranze di posizionamento si sommano per cui la precisione risultante e' minore.

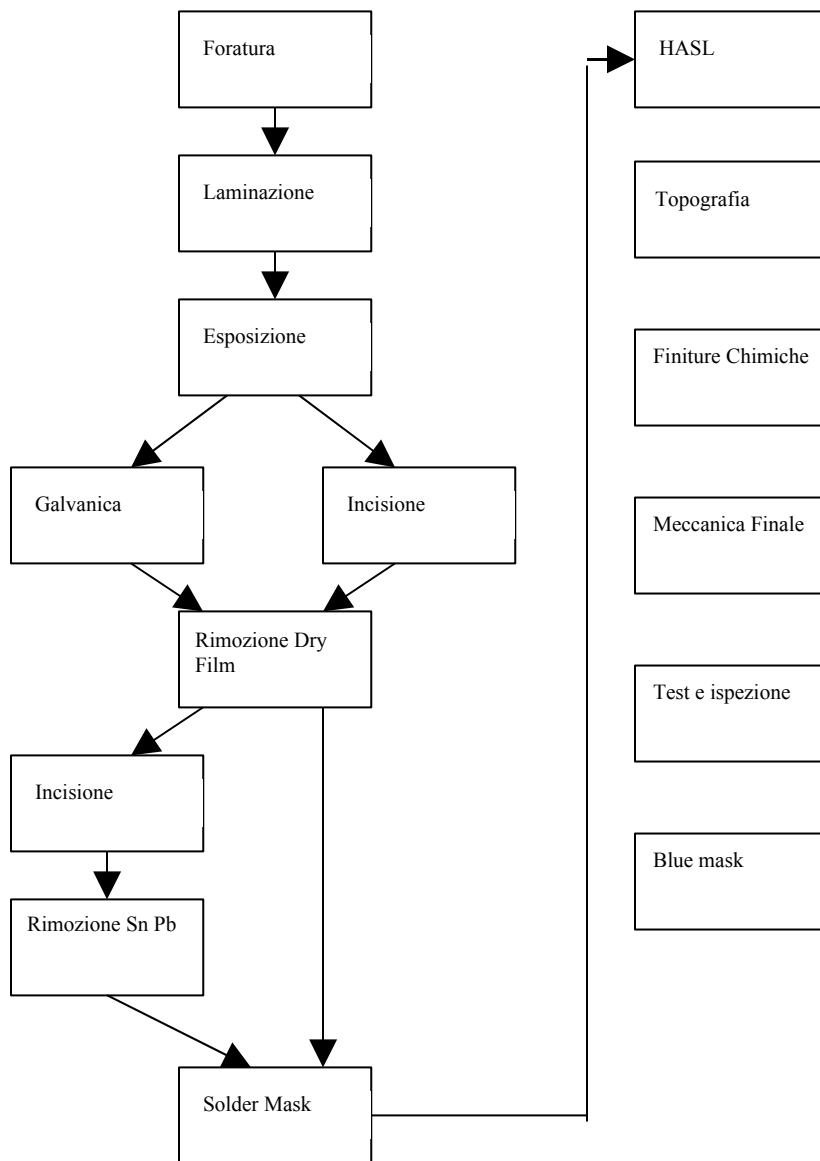
I circuiti sono pressoché finiti, e devono essere collaudati ed ispezionati.

A questo scopo si utilizzano delle macchine di test elettrico che verificano la continuità tra i vari punti del circuito e che non siano presenti corti.

Il test viene effettuato in corrente continua con tensioni tra i 40 e i 300 Volt.

Inoltre si provvede ad una ispezione visiva dei circuiti per individuare altre tipologie di difetti.

L'ultima operazione prima dell'imballo e', quando richiesto, la stesura della blue mask o anche detta pelabile. Questa avviene tramite stesura serigrafica con telai ad alto spessore.



Circuiti doppia faccia (due layers):

Qualora il si ha la necessità di avere a disposizione più interconnessioni o spazio per il piazzamento dei componenti e' indispensabile andare ad aumentare gli strati o layers.

Il procedimento per la realizzazione di circuiti doppia faccia differisce da quello precedentemente descritto per la presenza dei processi di metallizzazione dei fori. Difatti, questo tipo di circuito prevede la presenza di conduttori e/o di componenti su entrambe i lati del circuito.

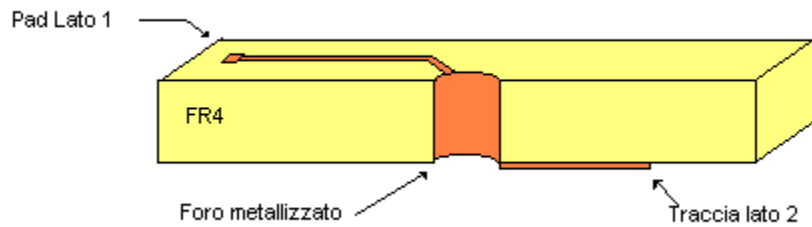


fig. 2

Dopo la fase di foratura, esattamente come per il circuito single side, e della fase di “sbavatura” si dovrà procedere ad una operazione di pulizia dei fori. Difatti il foro grezzo si presenta con una spalmatura della resina lungo il foro e delle proiezioni di fibra strappata. L’operazione di de-smearing serve a “pulire il foro da questi effetti della foratura e a migliorare l’aggancio del rame che verrà successivamente depositato. Questa operazione normalmente avviene per mezzo di attacchi chimici in funzione del materiale che si sta lavorando (acrilico, epossidico, ecc,,).

A questo punto è indispensabile rendere conduttiva la superficie dei fori che, a questa fase, è di FR4 cioè resina e fibra di vetro che sono isolanti. Lo scopo è quello di permettere, attraverso un processo galvanico, la deposizione elettrolitica del rame. Per ciò si usa un processo di metallizzazione indiretta, basato sul rame chimico. Il processo permette un deposito uniforme di rame per via chimica con uno spessore di pochi micron. In alternative esistono tecnologie basate sul palladio o sulla grafite.

Terminata questa operazione, in base alle caratteristiche tecniche del circuito si sceglie se seguire il processo di Pannel Plating o di Pattern Plating.

Nel primo caso si provvede ad un accrescimento galvanico del rame su tutto il pannello; successivamente, come descritto nel processo del mono faccia, si espone con una pellicola in negativo e si prosegue in incisione acida.

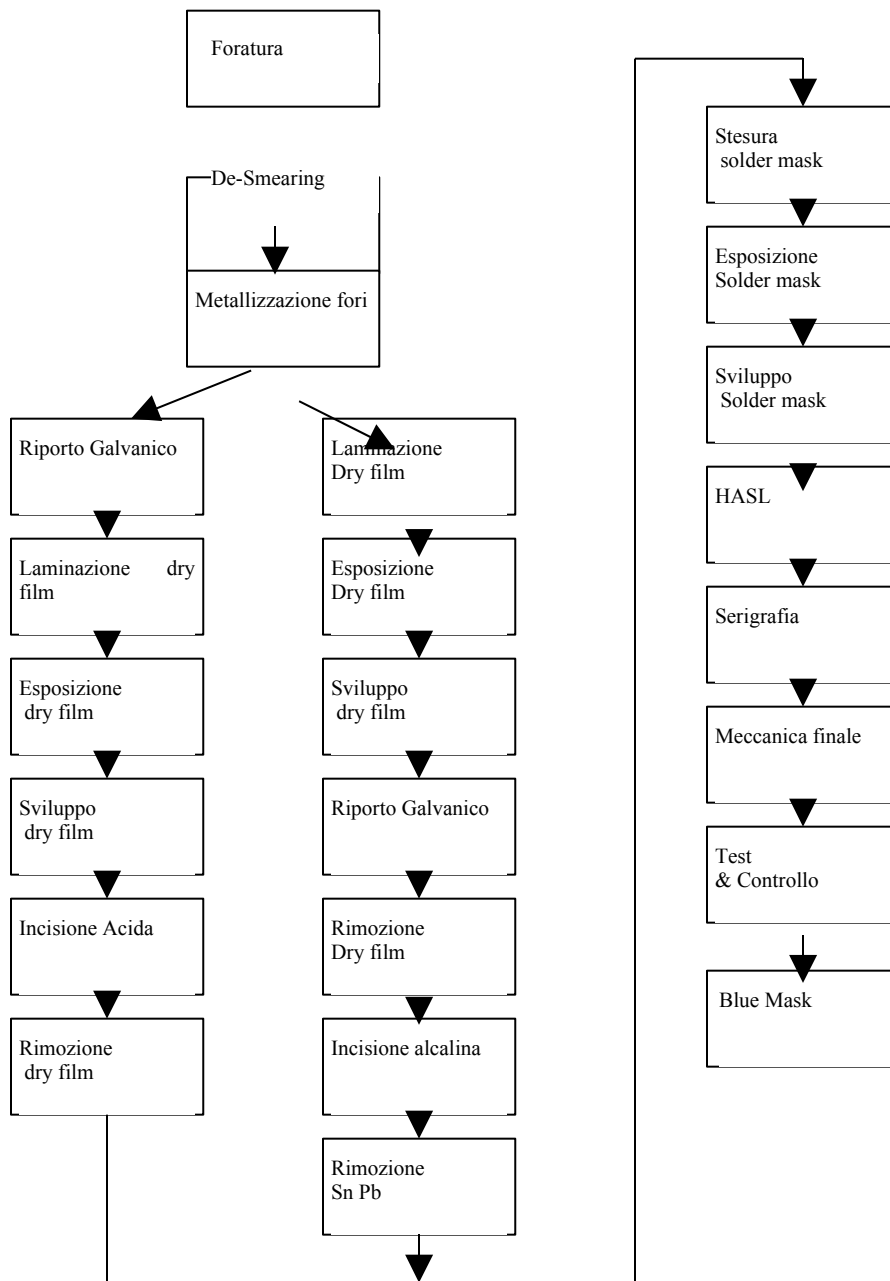
Mentre per il Pattern Plating si espone il pannello con una pellicola positiva in modo da lasciare libere le zone dove si intende fare l’accrescimento galvanico. Successivamente al riporto di rame elettrolitico e di Sn Pb, il tutto selettivamente, si rimuove il dry film e si procede all’incisione cupro-ammoniacale del pannello.

Il resto dei processi è esattamente come descritto per i circuiti single side.

Naturalmente la fase di test elettrico deve essere effettuata con macchine in grado di testare contemporaneamente le due facce del circuito in modo da verificare tutti i percorsi elettrici.

Ciclo double side
Flow 2





Circuiti Multilayer (più di due strati)

E' naturale che all'aumentare della complessità del prodotto segua un aumento della complessità del circuito in termini di densità di connessione e/o componenti. Basti pensare a quante connessioni sono necessarie per un BGA!!!

L'unica via possibile e' quella di aumentare la possibilità di connessione sfruttando percorsi interni al circuito.

Le tecniche di sbroglio dei circuiti permettono di ottimizzare il numero di layers e, dove necessario, di ricorrere a tecnologie come fori ciechi (Blind Via) o fori interrati (Buried Via) ed ancora ai Via in Pad o simili, sino a circuiti ibridi (Chip on Board).

Qui non si vuole entrare in merito in modo esaustivo di tutte le tecnologie disponibili, ma dare un quadro di insieme di come viene realizzato il multistrato "comune".

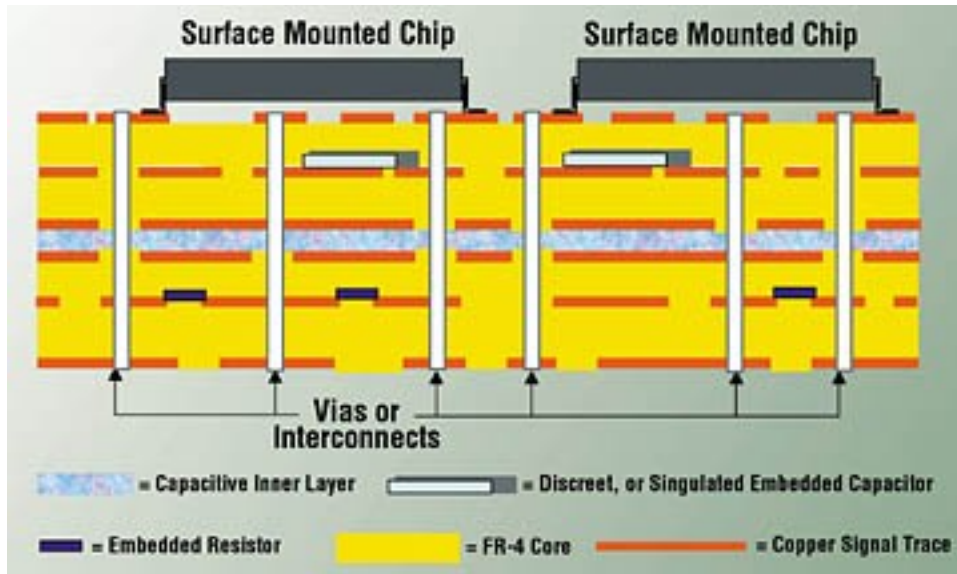


fig. 3

Il processo produttivo è sostanzialmente diverso da quelli descritti sino ad ora in quanto sono presenti una serie di fasi iniziali per la creazione degli strati interni.

Difatti come si vede dalla fig. 3 all'interno del circuito sono inseriti una serie di strati elettricamente conduttivi, separati tra loro da strati isolanti.

La preparazione inizia con la creazione degli strati interni. Questi sono sostanzialmente dei circuiti doppia faccia su cui non sono stati fatti i fori. Quindi le fasi iniziali saranno:

- 1) Laminazione interni
- 2) Esposizione dei layers
- 3) Sviluppo e controllo (tipicamente AOI)
- 4) Incisione e strappaggio

A questo punto si sono ottenuti gli strati interni, cioè le interconnessioni che saranno all'interno del "pacchetto".

Il passo successivo è quello di creare un corpo unico tra tutti gli strati, naturalmente mantenendo allineate le varie immagini. Questa fase detta di pressatura avviene con varie tecniche di "impilaggio". Ma di base si tratta di sovrapporre i vari strati interponendo del pre-preg che, una volta raggiunta la temperatura di gel (TG) effettua una transizione irreversibile che lo porta ad uno stato vetroso. In aggiunta sull'esterno si metterà del copper foil (foglio di rame) per la realizzazione dei lati esterni.

Ora l'aspetto di quello che abbiamo creato è simile ad un materiale di base per il doppia faccia, tranne per il fatto che all'interno c'è qualcosa!!

Il processo da questo punto è esattamente quello del doppia faccia, con qualche piccola variazione nei parametri di processo.

Il risultato è visibile in fig. 4,5 dove si riconoscono gli strati interni e fori ciechi / sepolti. La creazione di quest'ultimi porta ad inserire ulteriori step di processo.

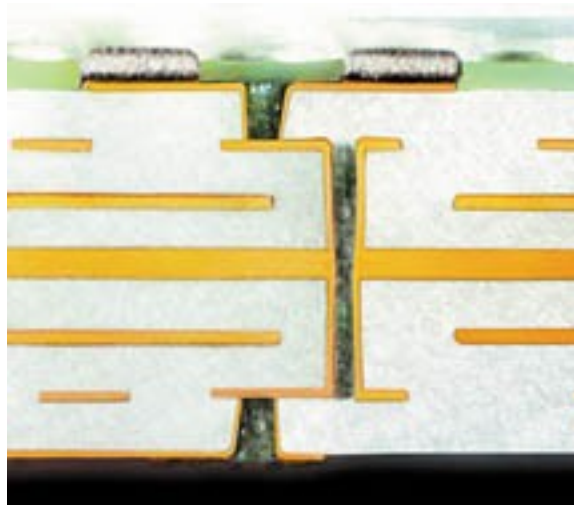


fig. 4

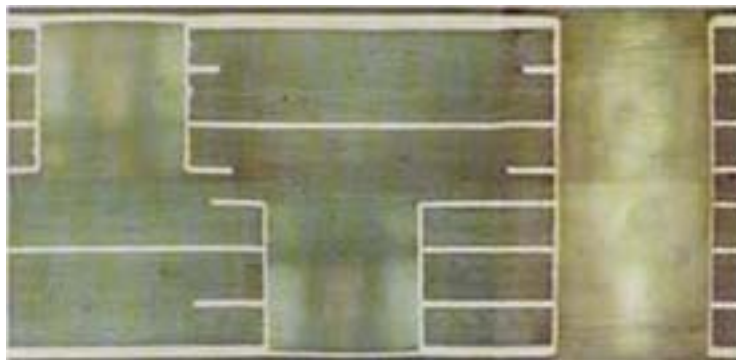


fig. 5

In generale, a prescindere dal materiale utilizzato, il ciclo di produzione ricalca questi passi. E' naturale che all'aumentare del numero di strati aumenti il costo legato ai materiali di base rispetto a quello legato alle lavorazioni industriali.

Per tale motivo uno dei fattori rilevanti e' l'ottimizzazione dell'uso dei materiali, che incidono in maniera sostanziale sul costo del circuito stampato.

Altri fattori discriminanti sono in linea di massima:

- Numero di fori
- Tipo di finitura superficiale
- Tipo di finitura meccanica

Vanno però considerati alcuni limiti delle diverse finiture, ad esempio l'HASL che ha una planarità molto limitata rispetto ai processi chimici come Ni Au ecc..., o ancora la finitura di trancia rispetto a quella di fresa, ha un alto costo di attrezzaggio e lascia la superficie più "grezza".

La scelta delle tecnologie e dei processi produttivi e consigliabile farla in collaborazione con "chi produce" il circuito, che e' spesso in grado di trovare il giusto compromesso tra costo e performance del prodotto.

Test e Controlli:

I circuiti, di norma, subiscono il test elettrico al 100%. Questo garantisce la conformità del prodotto finito con i file forniti dal cliente. Purtroppo non è così semplice come sembra, difatti condizione fondamentale affinché questo avvenga è che:

1. Il produttore di circuiti sia in grado di generare dei file di test elettrico dai file forniti dal cliente
2. Che nel fare ciò non ci sia nessuna alterazione o manipolazione dei file stessi.

Il modo migliore per garantire questo è l'utilizzo del formato dei file in GERBER ESTESO, questo formato è lo standard di fatto, riconosciuto da tutti i sistemi CAM/CAD del mondo dei circuiti stampati.

L'alternativa a questo approccio è l'utilizzo della golden board, sistema alquanto antiquato e fortemente sconsigliato, difatti si deve procedere per apprendimento e confronto introducendo una serie di potenziali errori.

Una volta che si è verificata la correttezza dei percorsi elettrici si passa ad un controllo visivo che, tipicamente" viene fatto a campionamento. Questo serve ad intercettare tutti quei difetti estetico/funzionali che non possono essere rilevati al test elettrico.

Parte seconda

Come abbiamo visto nella prima parte sono possibili una serie di finiture alternative della superficie del rame. Queste sono classificabili come

Tipo	Processo	Commenti
Hot Air Solder Leveling	Fisico	Basso costo, ottima saldabilità, scarsa planarità
Ni Au	Chimico	Alto costo, buona saldabilità, ottima planarità
Base Ag, Pd	Chimica	Medio costo, buona saldabilità, ottima planarità, poco sperimentato
Immersion Tin	Chimico	Basso costo, buona saldabilità, ottima planarità, limitata shelf life.
Passivazione superficiale	Chimico	Basso costo, media saldabilità, ottima planarità, delicato come handling, limitata shelf life.

tab. 5

La scelta deve essere effettuata in base alle esigenze tecnico-produttive, difatti il tipo di finitura influisce anche su i giunti di saldatura, sul tempo di vita del circuito e la resistenza alla corrosione. Spesso e' il progettista dell'apparato, quindi il cliente finale, a decidere che tipo di finiture sono accettabili, può capitare che le scelte si dimostrino inadatte o penalizzanti per l'assemblatore.

I fattori che influenzano il costo del circuito sono molteplici:

- Efficienza nell'utilizzazione del materiale
 - Singolo circuito
 - Pannellizzazione
 - Orientamento
- Tipo di struttura
 - Numero di Layers
 - Tipo di lay-up
 - Numero di laminazioni
- Complessità del circuito elettrico
 - Larghezza minima conduttori
 - Isolamento minimo
 - Dimensione del Pad minimo
 - Numero di fori e diametro
 - Apertura minima della Solder Mask e sua tolleranza

Tutti questi fattori intervengono sul costo attraverso due vie: direttamente, per un costo maggiore nella produzione della parte; indirettamente per un aumento degli scarti "fisiologici" di produzione. Molti di questi costi discendono direttamente dal tipo di circuito, come il pre-preg che aumenta in funzione del numero degli strati, o la quantità di solder mask che dipende dalla dimensione del circuito.

Quando la densità di connessione diventa molto elevata (6 - 8 net al Cm²) il costo dei materiali passa da oltre il 40% a meno del 25% del costo totale, fatto salvo il caso di materiali speciali.

Molte volte si e' convinti di "risparmiare" utilizzando un circuito con una tecnologia al limite delle sue capacità piuttosto che mettersi "comodi" in un grado superiore. Ma ciò non e' sempre vero, difatti spesso il costo per l'introduzione di un nuovo step tecnologico viene ripagato con una migliore efficienza produttiva e con la possibilità di espandere il progetto con semplici modifiche alla vecchia revisione.

I costi tipici sono mostrati nella tabella sottostante:

Numero di Layers	\$/SqInch	LIT/Cmq
2	0.08	27
4	0.1	34
6	0.16	54
8	0.26	88
10	0.30	102
12	0.40	136

Caso a parte sono i circuiti basati su materiali "esotici" come Kapton, Teflon, ecc..

Il Teflon e' un materiale utilizzato esclusivamente nel campo delle alte frequenze e sino a poco tempo fa era ritenuto strategico dal punto di vista militare.

Il Kapton e materiali simili sono sempre più utilizzati, il loro utilizzo é classificabile in funzione del numero di piegature che devono sopportare:

# piegature	Utilizzo	Materiale
Una durante l'assemblaggio	Connessione tra circuiti, Avionica, Sensori, Militare, Alta tecnologia	Kapton e simili
Poche centinaia	Connessione tra circuiti, servomeccanismi	Kapton ad alta duttilità
Molte migliaia	Teste di stampa, attuatori industriali	Flessibili a base mylard

Le applicazioni in cui si fa un utilizzo misto di rigido e flessibile sono quelle dove, al termine dell'assemblaggio e' necessario "modellare il circuito" .

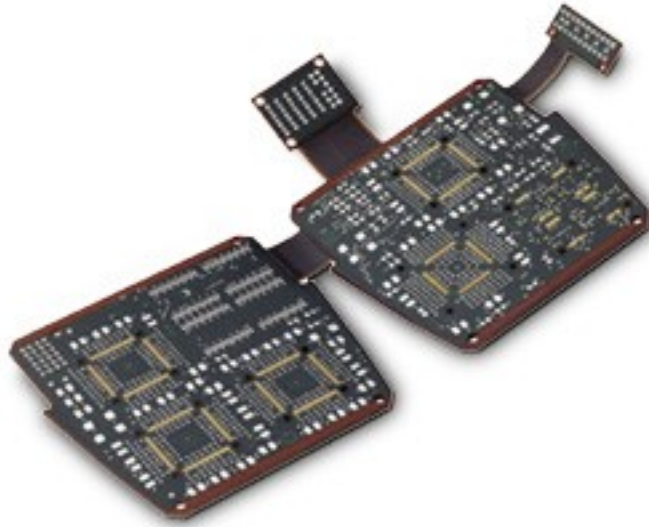


fig. 5

Difatti, pur permettendo di assemblare i componenti su di una superficie piana, dopo essere stata rimossa dal suo supporto può essere piegata a formare strutture in tre dimensioni.

Un'altro materiale particolare e' quello costituito da un sub-strato metallico atto alla dissipazione del calore al quale e' "incollato" tramite uno strato isolante uno strato conduttivo. Le applicazioni sono soprattutto nell'industria del bianco e nell'automotive.

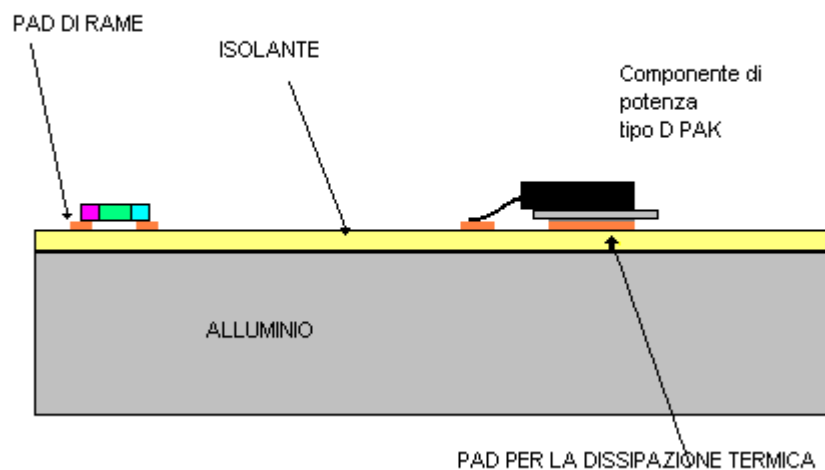


fig. 7

Esistono applicazioni miste di Thermal Management e' rigido flessibile per ottenere sistemi ad alta dissipazione e di minimo ingombro.

Per terminare la panoramica delle varie tecnologie e' indispensabile citare i circuiti ad impedenza controllata.

Con l'aumentare delle frequenze di lavoro il fenomeno delle impedenze parassite e' divenuto sempre più importante. Difatti queste sono in grado di introdurre ritardi notevoli nella propagazione dei segnali e generare dei malfunzionamenti. La tecnologia offre diversi strumenti di calcolo per progettare circuiti ad impedenza controllata e per simulare il "what if". In fase realizzativa si devono seguire diversi accorgimenti, tipicamente in prossimità del circuito vengono posizionati dei "pattern di test" che permettono di verificare che il tutto sia nelle tolleranze richieste prima del montaggio.

Terza Parte

I difetti possibili dei circuiti stampati sono un numero piuttosto elevato. Essi sono classificabili in:

1. Difetti “estetici”
 - a. Graffi che non pregiudicano le caratteristiche elettriche
 - b. Variazione nella colorazione
 - c. Sfocatura delle topografia

2. Difetti funzionali
 - a. Elettrici
 - i. Corti/Open
 - ii. Riduzioni di isolamento
 - b. Processuali
 - i. Saldabilità
 - ii. De-pannellizzazione
 - iii. Coveyorizzazione
 - iv. Lettura dei fiducial
 - c. Meccanici
 - i. Dimensioni errate
 - ii. Tolleranze non rispettate
 - iii. Tagli “non netti”

Naturalmente ogni difetto può scaturire da una o più cause, la correlazione non e' univoca e nel caso di circuiti già assemblati risulta ancora più difficoltosa.

Lo standard internazionale IPC fornisce delle tabelle di correlazione tra difetto e causa o possibili cause.

Questo presuppone che l'analizzatore sia in grado di identificare esattamente il tipo di difetto che sta vedendo.

Ad esempio: guardando nel foro si nota sulla parte una zona scura e non ho risalita ottimale della saldatura. Questo effetto può nascere da diversi tipi di difetto come la mancanza di metallizzazione, la presenza di solder mask nel foro o la formazione di ossido/intermetallo sulla finitura.

Capire cosa si sta guardando e' frutto essenzialmente dell'esperienza. Ovviamente una analisi “ragionata” permette di escludere buona parte dei difetti e restringere la ricerca ad un sottoinsieme ragionevole.

		Raw Material	Sheer	Marking	Cleaning	Resist Lamination	Expose	Develop	Etch	Strip	Oxide Coat	Prepreg Preparation	Multi-layer Lamination	Drilling	Hole Preparation	Electroless Copper	Flash Copper	Electroplate	Clean	Resist Lamination	Expose	Develop	Copper Electroplate	Trim/Lead Electroplate	Resist Strip	Etch	Trim/Lead Reflow	Clean	Solder Mask Lamination	Expose	Develop	Cure	Hot Air Level	Contour	Mark	
Observed Attributes		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
PTH after thermal stress	Interplane seperation										X	X	X	X	X	X	X					X														
PTH after thermal stress	Interplane inclusions											X	X	X	X	X																				
PTH after thermal stress	Innerlayer foil cracks	X													X		X						X													
PTH after thermal stress	External foil cracks	X															X						X													
PTH after thermal stress	Barrel cracking												X	X	X	X							X	X												
PTH after thermal stress	Plating seperation															X	X	X	X	X	X	X	X									X	X			
PTH after thermal stress	Pullaway lifted lands												X	X	X	X																				
PTH after thermal stress	Lifted lands	X																																X		
PTH after thermal stress	Plating voids												X	X	X	X																				

E' molto importante, quando si cerca di identificare un difetto, di agire con metodo e seguendo le analisi di rito.

Ad esempio se ho un dubbio riguardo la metallizzazione di un foro e' indispensabile effettuare una sezione metallografica "provino", qualsiasi altro sistema di 'deduzione' potrebbe trarre in inganno.

In generale un ispezione puramente visiva senza l'ausilio degli strumenti e' in grado di evidenziare solo i difetti macroscopici quali: graffi, mancanza di solder mask, mancanza di piste, Bow & Twist, ecc.; ma non quelli latenti e ben piu' pericolosi come: outgasing, semi open, riduzioni di isolamento ecc..

In generale i difetti del circuito stampato sono difficilmente recuperabili se non attraverso un rilavoro specifico come la riparazione delle tracce esterne, il ritocco della solder mask etc.... In alcuni casi il difetto non e' rilavorabile ma si puo' cercare di prevenirlo ad esempio in caso di out gassing (cioe' quando il foro esplode per la presenza di gas intrappolati) si puo' cercare di "asciugare I fori" con un periodo in forno (24-48 h) a 110-130 Gradi prima dell'utilizzo delle PCB.