

IST. P. INF.  
BIBLIOTECA  
ARCAWCO

Consiglio Nazionale delle Ricerche

**ISTITUTO DI ELABORAZIONE  
DELLA INFORMAZIONE**

**PISA**

FOTOINCISIONE: NOTA OPERATIVA

Risaliti, P.

Nota tecnica C81-4

Marzo 1981

FOTOINCISIONE: Nota Operativa

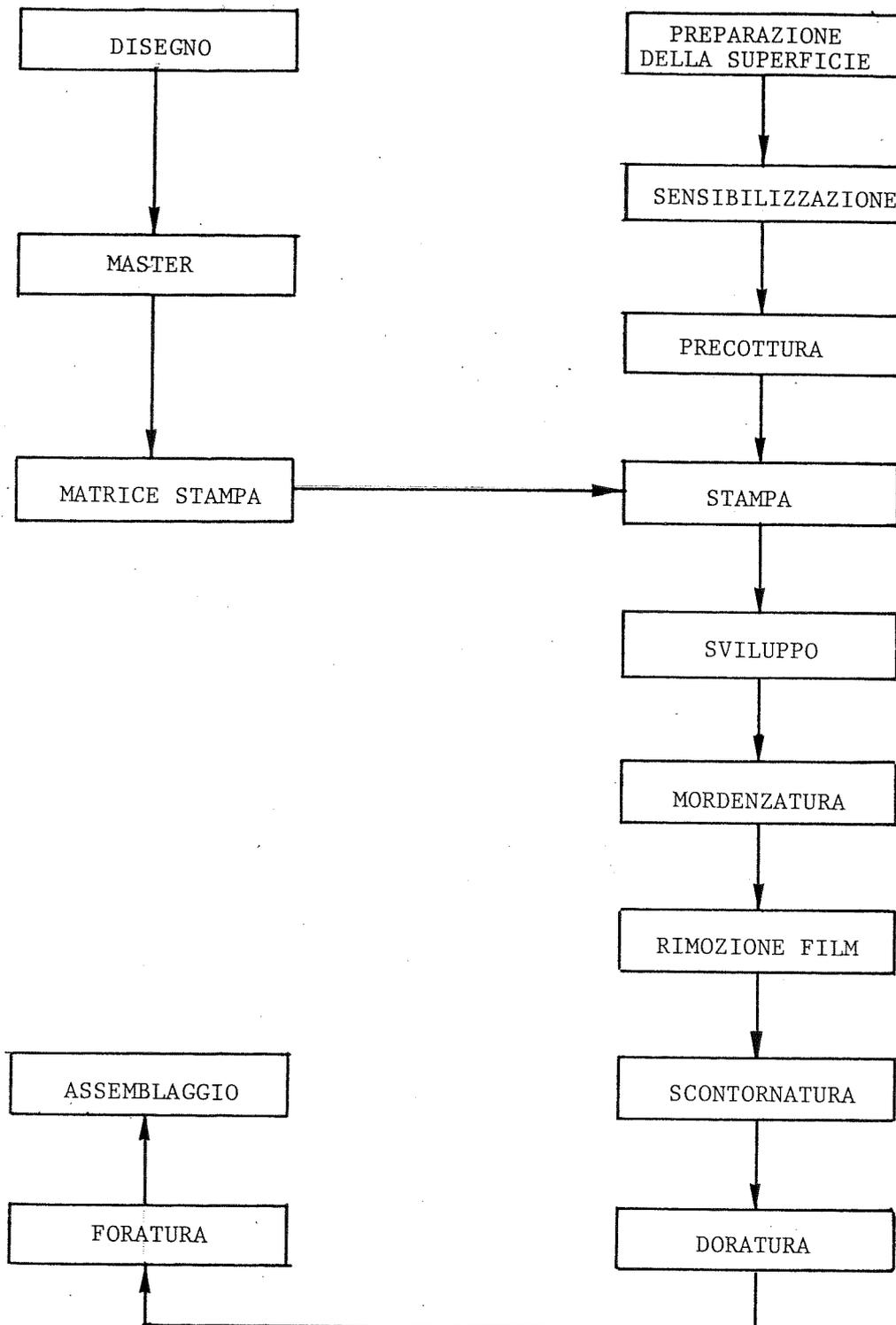
RISALITI P.

Nota Tecnica - C81-4

Marzo 1981

# FOTOINCISIONE NOTA OPERATIVA

Uno dei procedimenti per realizzare circuiti stampati con alto grado di precisione e che si presta a piccole tirature è la foto incisione. Questo sistema comprende le fasi illustrate nel seguente schema:



## PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE

Per l'applicazione dei PHOTORESIST nella fotoincisione dei circuiti stampati richiede una particolare preparazione della superficie ramata che deve essere accuratamente pulita altrimenti si possono verificare difetti di adesione e di disuniformità dello strato fotosensibile. Il difetto di adesione può provocare il distacco del Resist dalla superficie annullando l'immagine nella successiva fase di sviluppo, si può inoltre verificare nella fase di mordenzatura, l'incisione laterale sotto l'immagine di Resist.

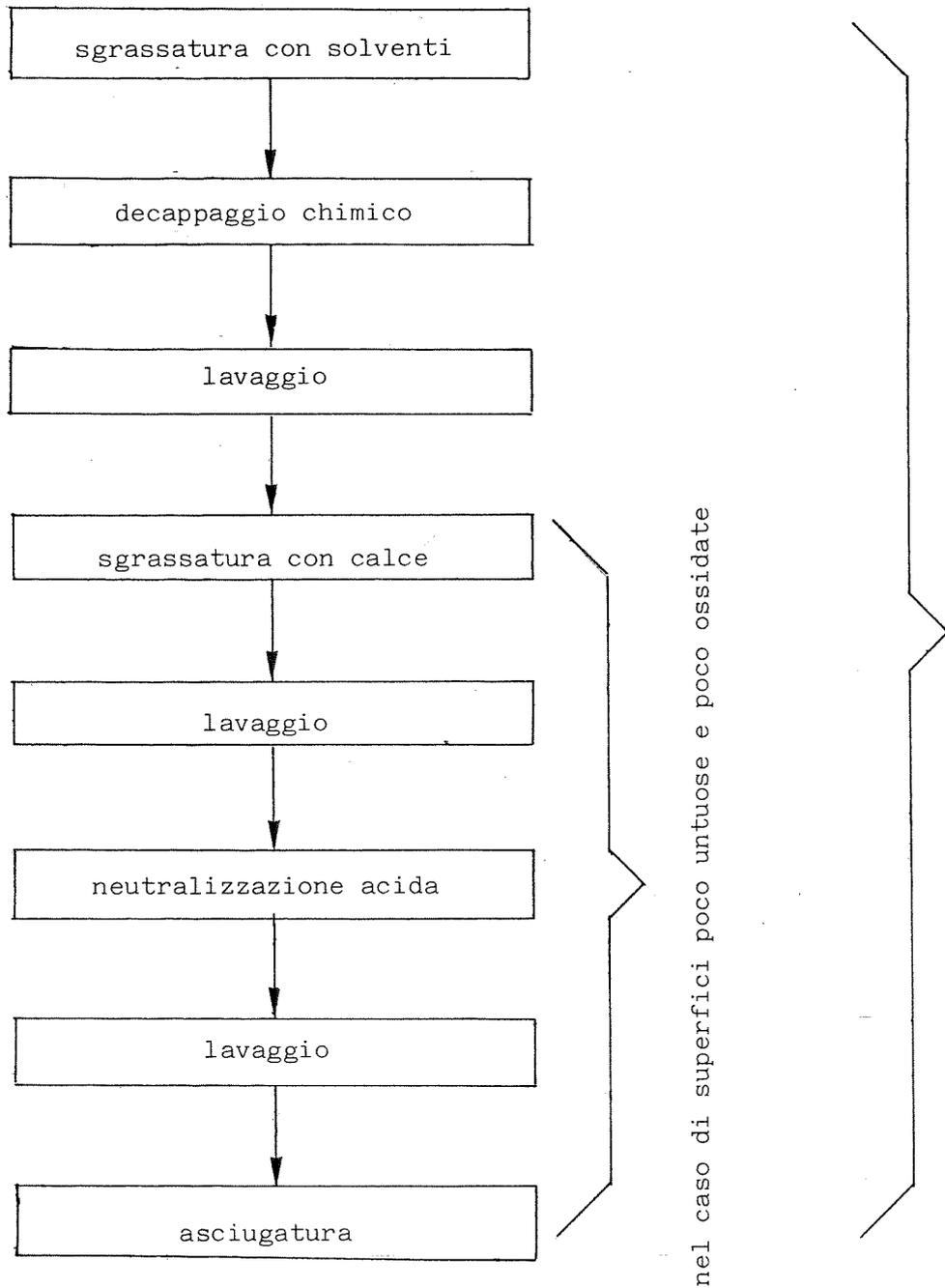
La disuniformità di stesura del Resist è dovuta alla diversità dello stato superficiale nei vari punti della superficie ramata; tali diversità provocano spessimenti o assottigliamenti del Resist a causa della barriera formata da elementi contaminanti depositati sulla superficie stessa come, ad esempio, strati di ossidi, di untuosità, di polvere, etc.

Dalla accuratezza della preparazione della superficie dipende la qualità dello stampato poiché i vari Resist fotosensibili non contengono sostanze colloidali e pertanto l'adesione può essere ottenuta solo mediante una buona pulitura della superficie con processi di decapaggio, sgrassatura e neutralizzazione. Il decapaggio viene eseguito nel caso in cui la superficie sia ossidata. La rimozione degli ossidi può essere fatta con il procedimento chimico immergendo la superficie stessa in una soluzione acida a bassa concentrazione di acido cloridico al 10% per circa 10-15 secondi; oppure gli ossidi possono essere rimossi mediante abrasione della superficie usando abrasivi finissimi.

Non devono essere usati polveri detergenti unite ad abrasivi per uso domestico perché contengono sostanze tensioattive che ostacolano l'adesione del Resist. Dopo la rimozione degli ossidi si opera un lavaggio con acqua corrente, segue dopo una sgrassatura per rimuovere eventuali sostanze untuose rendendo così la superficie facilmente bagnabile, e facilitando l'adesione e l'uniformità della stesura del Resist. Uno dei metodi di sgrassatura fra i più semplici, evitando procedimenti elettrolitici e chimici con soluzioni calde, è la spazzolatura manuale della superficie con grassello di calce, oppure bianco di Vienna diluito con acqua fino ad ottenere una poltiglia fluida. Segue nuovamente un lavaggio con acqua corrente e a questo punto si può avere un indice della bontà dell'operazione di sgrassatura eseguita in base alla capacità della superficie di trattenere intatto un leggero velo d'acqua su tutta la sua estensione. Per eliminare residui di calce, segnalati da un alone biancastro sulla superficie ramata se asciugata, si procede ad una neutralizzazione con un bagno leggermente acido che esplica inoltre un'azione mordenzante che attiva la superficie e favorisce l'adesione del Resist. Si procede quindi nuovamente al lavaggio della superficie con acqua corrente ed alla asciugatura mediante aria calda con termoventilatori.

La sequenza di queste operazioni deve avvenire nel più breve tempo possibile per evitare le formazioni di ossidi perché la superficie di rame, se esposta all'aria, tende lentamente e ossidarsi. Durante le varie operazioni la superficie ramata non deve essere toccata con le mani.

FASI OPERATIVE PER LA PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE RAMATA



## Applicazione dei Resist

I Resist in genere sono soluzioni a base di resine fotosensibili che possono essere stese sulle superfici in sottile strato; dopo la stesura e l'essiccazione si ottiene un film impermeabile e resistente agli acidi e agli alcali. Le superfici così sensibilizzate sono stabili nel tempo purché conservate al riparo dalla luce. Molti sono i Resist attualmente in commercio prodotti da varie case e ognuno di essi si caratterizza per le sue proprietà chimico fisiche quali la viscosità, il peso specifico, la sensibilità cromatica e la risolvenza. Per ogni tipo di Resist è consigliato dalla casa produttrice il metodo di stesura più adatto tenendo conto del suo impiego specifico. Essi trovano applicazioni in svariati settori: nella microminiaturizzazione vengono impiegati Resist a bassa densità che permettono di ottenere sottilissimi film molto resistenti e ad elevata risolvenza (tale caratteristica infatti aumenta riducendo lo spessore del film); Per incisioni profonde (fresatura chimica), si impiegano Resist ad alto contenuto solido che permettano film capaci di sostenere mordenzature prolungate; esistono infine Resist per impieghi particolari adatti ad essere usati su superfici non piane e impressionabili con proiezione di luce, ortocromatici. La stesura dei Resist può essere ottenuta con vari metodi. Le tecniche più comuni sono la stesura per centrifugazione, la stesura per rullatura e la stesura a spruzzo. Nel caso della microminiaturizzazione, dove interessa un elevato grado di risoluzione per riprodurre dettagli finissimi dell'ordine del micron è necessario il controllo dello spessore del film, poiché come già detto, tale spessore condiziona la risoluzione (diminuendo lo spessore aumenta la risolvenza). Un sistema di stesura che permetta tale controllo e che garantisca l'uniformità dello spessore del film è la centrifugazione del pezzo dopo aver deposto sulla sua superficie alcune gocce di Resist; lo spessore del film è

determinato dal numero di giri al minuto della centrifuga, dal tempo e dalla densità del Resist. Il valore ottimo dello spessore del film viene ottenuto con tecniche sperimentali. La stesura mediante rullatura è usata per Resist ad alto contenuto solido. Questo metodo garantisce l'uniformità del film ed è eseguita con macchine apposite. L'impiego di questo metodo per incisioni profonde (fresatura chimica). Nel caso dei circuiti stampati è tipica l'applicazione dei Resist con stesura a spruzzo. Tale metodo è semplice e dà buoni risultati. In questo caso la risolvenza che si ottiene è molto superiore al grado di definizione richiesta che è dell'ordine di alcuni centesimi di millimetro. I sistemi più comuni per ottenere la nebulizzazione del liquido sono due: sistema ad aria compressa e sistema per compressione diretta del liquido. Col sistema ad aria compressa si ottiene una miscela nebulizzata aria-liquido; questo metodo che fa uso di un compressore e di un nebulizzatore a pistola è il più diffuso e usato nei casi in cui ci sia compatibilità tra aria e liquido. La pistola a spruzzo deve avere un getto adeguato alla densità del Resist, ad esempio, per il KPR Kodak con densità non corretta, viene usato un getto da 0.5 mm. a flusso incrociato; si ottiene così una nebulizzazione fine che permette una stesura uniforme. La distanza tra la pistola e la superficie deve essere di circa 30 cm. Per altri tipi di Resist e per impieghi specifici, la casa produttrice ne consiglia la diluizione più adatta. Il compressore deve fornire una sufficiente quantità d'aria per garantire una pressione costante. La pressione di lavoro è di circa 2-2.5 ATM. E' necessario che l'aria sia filtrata e priva di tracce di umidità e residui di olio che comprometterebbero l'adesione del film. Un filtraggio dell'aria che offre buone garanzie si ottiene con l'uso di un

filtro di assorbimento a carbone. Nel secondo sistema la nebulizzazione si ottiene con la compressione diretta del Resist in uno spruzzatore ad ugelli finissimi. Questo sistema è adatto a trattare grandi superfici e si usa nei casi in cui non ci sia compatibilità tra aria e liquido. Questa tecnica offre il vantaggio di evitare gli inconvenienti connessi al filtraggio dell'aria e si presta per essere automatizzata. La spruzzatura deve avvenire in ambiente privo di polvere e in cabine di verniciatura con buon ricambio d'aria. La temperatura della superficie da spruzzare e dell'ambiente deve essere di circa 20-25 gradi; temperature più alte provocano una rapida essiccazione del Resist ostacolando una buona stesura; con temperature più basse si ottengono addensamenti che provocano disuniformità di stesura e quindi di spessore. Entrambi i sistemi richiedono un minimo di abilità manuale per evitare spessimenti e zone di superficie scoperte.

## Essiccamento e Precottura

Per alcuni tipi di Resist dopo la stesura e l'essiccamento all'aria è prevista una fase di precottura prima dell'esposizione.

Questa fase ha lo scopo di eliminare ritenzioni di residui di solvente nel film, riducendone gli eventuali spessimenti. Per questa operazione vengono usate lampade a raggi infrarossi con involucro rosso, o forni ad aria calda. Per ogni tipo di Resist sono consigliati dalla casa produttrice i tempi di precottura e la relativa temperatura. Le temperature consigliate variano dai 90° a 120°C per tempi compresi fra i 10' e 20'. Temperature superiori provocano velature sulle immagini ed è difficile la rimozione del film dopo lo sviluppo.

Per temperature inferiori, nelle zone di superficie, dove ci sono spessimenti di film, si ha il distacco e conseguente perdita dell'immagine.

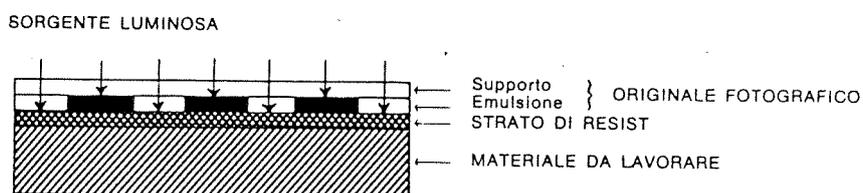
## Stampa

La riproduzione dell'immagine della matrice di stampa sulla superficie di rame sensibilizzata avviene mediante l'esposizione ad una sorgente luminosa della matrice stessa la quale funge da maschera. Le zone trasparenti della matrice lasciano passare la luce la quale produce modificazione chimiche (polinarizzazione) sulla superficie sensibilizzata dando luogo alla formazione dell'immagine, mentre le zone sensibilizzate non colpite da luce, corrispondenti a zone opache della matrice, non subiscono modificazioni chimiche. Tale procedimento avviene mediante l'esposizione per contatto della matrice di stampa con la superficie sensibilizzata con l'impiego del brumografo. Nel caso di circuiti stampati questi possono essere predisposti per la stampa su una oppure due facce. I sistemi più comunemente usati per garantire la perfetta aderenza della superficie sensibilizzata alla matrice sono quelli che fanno uso di un torchio tipo pneumatico a vuoto analogo a quello impiegato in arti grafiche. Il discostamento della matrice dalla superficie sensibilizzata provoca deformazioni della immagine dovuta alla diffusione della luce sui contorni. La causa del discostamento dipende dalla mancata planarità del pannello ramato dovuta a deformazioni di questo per svergolamento o imbarcature.

Il tipo di sorgente usata per l'esposizione è attinica e con spettro di emissione corrispondente alla zona spettrale di maggiore sensibilità del Resist. Ogni tipo di Resist infatti è caratterizzato da una propria sensibilità spettrale che è generalmente dell'ultravioletto fra 250 500 A°.

Queste sorgenti luminose possono essere del tipo puntiforme o del tipo diffuso. La sorgente puntiforme viene realizzata con lampade ad arco oppure con lampade speciali a vapori di mercurio ad alta pressione; con questo tipo di sorgente si ottengono raggi di luce provenienti da un unico punto e per tanto se la superficie da esporre è posta perpendicolarmente al fascio, ad una certa distanza, si evita la diffusione dei contorni permettendo risoluzioni dell'ordine de .

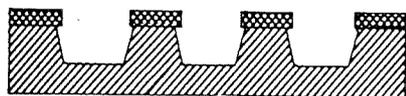
Questo tipo di luce viene impiegato nella microminiaturizzazione per ottenere la riproduzione fedele dei dettagli.



1. - Esposizione del Resist Fotosensibile



2. - Dopo lo sviluppo



3. - Dopo l'incisione

Le sorgenti a luce diffusa si realizzano con tubi fluorescenti o con speciali lampade a mercurio con questo tipo di sorgente luminosa si ottengono raggi distribuiti in molte direzioni, e per tanto questo tipo di sorgente luminosa tende a dilatare le immagini a causa della diffusione dei contorni e consente risoluzioni dimensionali fino a 20 .

Nel caso dei circuiti stampati è comunemente usato come sorgente luminosa quella di tipo diffuso ottenuta mediante tubi fluorescenti a

luce attinica: ad esempio tubi PHILIPS TLAKW...05, in quanto il grado di risoluzione ottenibile è molto superiore a quello richiesto. I tempi di esposizione vengono determinati mediante tentativi; poiché tali valori dipendono da molti fattori a titolo orientativo per tubi fluorescenti PHILIPS TLAKW 40/05, alla distanza di circa 10 cm con spessore del vetro piano di appoggio di 4 millimetri e vetro del tipo cristallo JENA i tempi di esposizione sono di circa 4 minuti.

Per quanto riguarda la luce di sicurezza usata in zona di lavoro dove vengono trattati i Resist fotosensibili non esistono norme generali, ma è necessario tenere presente lo spettro di sensibilità del Resist evitando luci con componenti spettrali vicine alla zona sensibile; ad esempio per i Resist KPR si consiglia luce gialla.

## Sviluppo dell'immagine

Lo sviluppo dello strato fotosensibile avviene mediante il lavaggio della superficie con solvente Rivelatore. Le parti solubili vengono asportate lasciando sulla superficie l'immagine chimicamente resistente.

Per ogni tipo di Resist. la casa produttrice consiglia il tipo di sviluppo da usare.

Il procedimento di sviluppo può essere effettuato con vari metodi; le tecniche più comuni sono: per immersione in bacinella, per vaporizzazione e per spruzzatura. Nel sistema per immersione si procede mediante immersione del pezzo in bacinella o vasca e agitazione del medesimo. Questo sistema è usato nei casi di piccole tirature e di piccole superfici.

Nel sistema per vaporizzazione il solvente sviluppo viene scaldato e le superfici vengono immerse nei vapori. Questo sistema è usato nelle produzioni industriali per grandi tirature. Nel sistema a spruzzo il solvente rivelatore viene spruzzato sulla superficie attraverso nebulizzatori; questo sistema di sviluppo è il più diffuso per la produzione di piccole e medie tirature.

I tempi di sviluppo sono indicati dalle case produttrici; per i tipi di Resist KPR e simili i tempi sono di 2-3 minuti; questi valori possono essere modificati tenendo conto dello spessore del film Resist.

I tempi prolungati di sviluppo non compromettono la qualità dello stampato ma anzi favoriscano, nei casi di disuniformità di spessore del film, l'asportazione di spessimenti.

Per tempi di sviluppo inferiore a quelli consigliati si ottengono immagini striate e mancanti di definizione nei contorni a causa dell'incompleta asportazione del Resist.

Inoltre l'immagine sulla superficie può comparire striata e macchiata a causa del Rivelatore esaurito; ciò si verifica quando in esso è disciolto un eccesso di resist. il quale viene a depositarsi sulla superficie in fase di sviluppo.

Per rendere più evidente l'immagine, la superficie appena sviluppata può essere colorata mediante immersione in liquido colorante e seguita subito da un lavaggio a spruzzo con acqua per asportare residui di inchiostro e solvente.

Questa operazione di colorazione serve per controllare la stampa e correggere eventuali difetti mediante ritocco.

Questo procedimento può essere usato per diversi tipi di Resist; sono normalmente esclusi quei Resist usati nella microminiaturizzazione.

Nel caso di impiego di Resist del tipo KPR, per la colorazione viene usato il KPR DYE BLACK prodotto dalla Kodak.

## Incisione Chimica

L'incisione della superficie stampata avviene mediante la corrosione chimica della parti non protette dal film resist. con l'impiego di soluzioni mordenzanti.

I prodotti chimici più usati per la preparazione delle soluzioni mordenzanti per l'incisione dei circuiti stampati in rame sono il Persolfato di ammonio e il ferro cloruro, i meno usati perché molto costosi, sono il cloruro rameico e l'acido cromatico.

L'uso del persolfato di ammonio è oggi il più diffuso per il basso costo nel confronto degli altri prodotti, e per la bassa corrosività nei riguardi degli impianti, per la facilità di neutralizzare la soluzione usata e per i brevi tempi di corrosione richiesti. L'industria chimica Degussa ha messo a punto un procedimento basato sull'uso di una soluzione di Persolfato d'ammonio con aggiunta di una soluzione catalizzatrice che accelera la corrosione del rame. La soluzione catalizzatrice è costituita da bicloruro di mercurio; questo si deposita inizialmente sul rame aumentando la differenza di potenziale fra le due zone. rame-mercurio e riducendo così il tempo di corrosione.

Il rame che può essere disciolto nella soluzione di Persolfato ammonio è di circa 30 - 35 g./litro. La temperatura di lavoro è compresa fra 43 - 54 gradi.

La soluzione mordenzante si ottiene sciogliendo 250 g di Ammonio persolfato in 1 litro d'acqua. Soluzione catalizzatrice concentrata si ottiene sciogliendo in 1 litro di acqua 6,80 g. di Bicloruro di mercurio. Per ogni litro di soluzione mordenzante viene aggiunto 1 cm<sup>3</sup> di soluzione catalizzatrice.

L'uso del ferro cloruro per la preparazione della soluzione mordenzante del rame oggi, è poco diffuso per l'alto costo del prodotto, perché è molto corrosivo e danneggia facilmente l'impianti e per la difficoltà di netraulizzare i bagni esauriti.

La soluzione viene preparata sciogliendo 330 grammi di ferro cloruro in un litro di acqua e il bagno deve essere mantenuto ad una temperatura di circa 45 gradi.

Il rame che può essere disciolto in un litro di soluzione è circa 25 grammi.

I tempi di corrosione, a parità di spessore, risultano più lunghi rispetto al Persolfato di ammonio.

La scelta fra le varie tecniche usate nell'incisione dei circuiti stampati è legata al grado di risoluzione che si vuole ottenere. Nel caso di circuiti con piste spesse e ben distanziate fra loro può essere usato il sistema a immersione in bacinella agitando la soluzione; con questo metodo è difficile ottenere uniformità di corrosione.

Nei casi di circuiti con piste e spaziature sottili è necessario controllare l'effetto della sotto incisione, perché nella fase di mordenzatura non vengono corrose solo le superficie da asportare ma vengono intaccate anche le pareti dei conduttori, di conseguenza si ottengono piste con alterazioni dimensionali dovute a restringimenti della larghezza di queste, ad irregolarità dei bordi dovute a frastagliature e in taluni casi si può arrivare all'interruzione della pista. Per evitare in parte tali difetti è necessario avere un sistema che permetta di incidere con uniformità la superficie del circuito. A tale scopo ci sono macchine per incidere completamente automatiche usate nell'industria e macchine più semplici con vasca di incisione a pareti

trasparenti in modo da rendere possibili il controllo visivo dall'esterno. Nella camera d'incisione il liquido mordenzante viene nebulizzato e spruzzato uniformemente sulla superficie da incidere, ciò consente di rimuovere continuamente le scorie dovute alla reazione del bagno di attacco in modo che la superficie sia sempre esposta alla soluzione di incisione e di ridurre i tempi di incisione.

Questi sistemi offrono il vantaggio di ridurre al minimo la sotto-incisione per la loro uniformità d'incisione.

Nel caso di circuiti microminiaturizzati e di circuiti stampati con piste dell'ordine di qualche decimo di millimetro, la sottoincisione può essere ridotta impiegando laminati con spessori di rame sottili, dell'ordine di  $10 - 15 \mu$  anziché  $35 \mu$ .

#### Rimozione dell'immagine di Resist

La rimozione dell'immagine resist dopo l'incisione viene effettuato mediante lavaggio della superficie con solventi appropriati che vengono consigliati dalle case produttrici di resist. Nel caso di Resist del tipo KPR può essere usato cloruro di netilene.

## BIBLIOGRAFIA

E. Bertorella , Galvanotecnica - Introduzione alla fotofabbricazione  
Kodak. Nota Bollettino Tecnico Degussa.