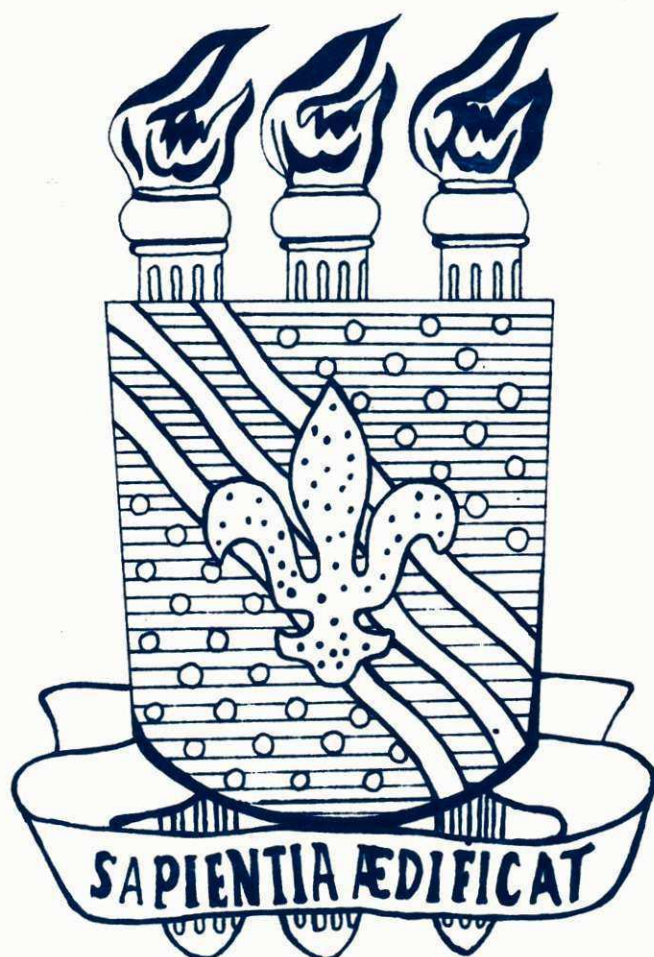


Universidade Federal da Paraíba

PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA.



CIRCUITO IMPRESSO: PROFISSIONAL, FABRICAÇÃO E
CONTROLE DE QUALIDADE

Por

MÁRCIO JORGE LUCAS DE FARIAS

MATRÍCULA Nº 8311464/4



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

RELATÓRIO FINAL
ESTÁGIO SUPERVISIONADO

TRABALHO APRESENTADO POR:

MÁRCIO JORGE LUCAS DE FARIAS

MATRÍCULA: 8311464/4

LOCAL DO ESTÁGIO: ITAUCAM - ITAUTEC COMPONENTE DA AMAZÔNIA S.A.

ORIENTADOR : Prof. Dr. GUILLERMO NAHUI PALOMINO

SUPERVISOR DA

EMPRESA : Dr. EDSON FERREIRA DA SILVA (Gerente de Produção)

NOME DO TRABALHO: CIRCUITO IMPRESSO: PROFISSIONAL, FABRICAÇÃO E
CONTROLE DE QUALIDADE.

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
FEVEREIRO/1989

ESTAGIO SUPERVISIONADO - JULGADO EM 16/02/89

NOTA 9.5 (muito bom)

EXAMINADORES

Eliseo de Jesus
Guilherme de Jesus
Luca

CAMPINA GRANDE - PARAIBA
FEVEREIRO/1989

D E C L A R A Ç Ã O

DECLARAMOS PARA OS DEVIDOS FINS E EFEITOS, QUE O SR. MÁRCIO JORGE LUCAS DE FARIAS, JÁ CUMPRIU MAIS DE 720 HORAS DE ESTAGIO NESTA EMPRESA, NO PERÍODO DE 28/09/88 à 23/01/89, OBEDECENDO O HORÁRIO DAS 8:30 ÀS 17:30 HS. DE SEGUNDA A SEXTA-FEIRA E DAS 8:00 ÀS 12:00 HS. AOS SÁBADOS, ATÉ A PRESENTE DATA.

MANAUS (AM), 23 DE JANEIRO DE 1989.

ITAÚ COMPONENTES DA AMAZÔNIA S. A. - ITAUCAM
GRUPO ITAÚTEC



AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, pela força e satisfação dada para a realização deste trabalho.

Aos meus pais e à minha família, pela compreensão, pelo estímulo e ajuda durante esta longa jornada.

Aos meus mestres, que contribuíram com o seu saber. Aos colegas e amigos que me deram forças e incentivos que foram válidos para a realização deste trabalho.

Agradeço finalmente a ITAUCAM - ITAÚ COMPONENTES DA AMAZÔNIA, por ter me dado a oportunidade e atenção necessária para a conclusão deste trabalho.

T Í T U L O

CIRCUITO IMPRESSO: PROFISSIONAL

FABRICAÇÃO E CONTROLE

DE QUALIDADE

ÍNDICE

| | Página |
|---|--------|
| APRESENTAÇÃO | 1 |
| OBJETIVO | 3 |
| 1. INTRODUÇÃO | 4 |
| 2. FLUXOGRAMA | 10 |
| 2.1 - Descrição do Fluxograma | 11 |
| 3. DOCUMENTAÇÃO DE PRODUTO | 16 |
| 4. CORTE | 18 |
| 5. FURAÇÃO | 19 |
| 5.1 - Elaboração de Fitas CNC | 19 |
| 5.2 - Máquina de Furação | 20 |
| 5.3 - Brocas | 20 |
| 6. POLIMENTO | 22 |
| 6.1 - Laboratório Químico | 23 |
| 7. 1ª METALIZAÇÃO | 24 |
| 7.1 - Objetivo | 24 |
| 7.2 - Descrição dos Tratamentos | 24 |
| 8. DRY FILM | 29 |
| 8.1 - Objetivo | 29 |
| 8.2 - Polimento | 31 |
| 8.3 - Laminação | 31 |

| | Página |
|--|--------|
| 8.4 - Exposição | 32 |
| 8.5 - Revelação | 32 |
| 9. 2ª METALIZAÇÃO | 34 |
| 9.1 - Objetivo | 34 |
| 9.2 - Descrição dos Tratamentos | 34 |
| 10. CORROSÃO | 38 |
| 11. NIQUELAÇÃO/DOURAÇÃO | 39 |
| 11.1 - Objetivo | 39 |
| 11.2 - Descrição dos Tratamentos | 39 |
| 12. REFUSÃO | 45 |
| 13. POLIMENTO | 47 |
| 14. SERIGRAFIA | 48 |
| 15. ACABAMENTO | 53 |
| 16. AUDITORIA FINAL (CONTROLE DE QUALIDADE). | 55 |
| 16.1 - Procedimentos Operacionais | 57 |
| 17. EMBALAGEM | 60 |
| 18. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 61 |
| 19. CONCLUSÕES | 62 |
| 20. BIBLIOGRAFIA | 63 |

APRESENTAÇÃO

Devido o grande desenvolvimento alcançado pela eletrônica nos últimos anos, a elevada técnica de miniaturização dos componentes, fez-se de importante, um desenvolvimento nos novos métodos de fabricação de circuito impresso, para que, com isso, fosse possível atender as exigências de miniaturização e confiabilidade cada vez mais necessárias para a produção industrial de circuito impresso.

Foi com este intuito, que se fez surgir uma fábrica de placas de circuito impresso profissional e convencional, a ITAUTEC COMPONENTES DA AMAZÔNIA S/A - ITAUCAM; localizada no distrito industrial de Manaus-AM, com equipamentos da mais alta modernização; está capacitada a produzir, dentro dos setores profissional e convencional aproximadamente 3000 m² e 5000 m² *respectivamente* correspondente, de placas de circuito impresso dentro dos padrões internacionais de qualidade.

A ITAUTEC, COMPONENTES DA AMAZÔNIA S/A - ITAUCAM, ocupa uma área de 21.000 m², com uma área construída de 6.000m², representando um investimento inicial de US\$ 6 milhões, a qual representa um marco no setor tecnológico da região.

A fabricação de circuito impresso na ITAUCAM está dividida em dois setores:

PROFISSIONAL - A base de resina epoxi, impregnada com tecido de fibra de vidro, produto FR4, com excelentes propriedades mecânicas e elétricas, baixa absorção de água, anti-chama, boa estabilidade dimensional; com aplicações voltadas pa

ra equipamentos de alta confiabilidade, por exemplo: computadores, sistemas periféricos, telecomunicações, etc.

CONVENCIONAL - Usa como produto base uma placa de resina fenólica com base de papel, produto FR2-V0, com características anti-chama UL9YV0, com aplicações em TV a cores, telecomunicações, amplificadores, etc.

Lista de símbolos utilizados

OBJETIVOS

O estágio realizado na ITAUCAM - Itaotec Componentes da Amazônia S/A, objetivou principalmente, o acompanhamento e participação de informações sobre a fabricação de circuito impresso, destacando uma integração de aplicações teóricas, com a produção de circuito impresso no setor profissional.

Também, observar o comportamento de materiais poliméricos e metálicos, inclusive aspectos como: constante dielétrica, fator de dissipação, resistência dielétrica, coeficiente de expansão térmica, absorção de umidade, resistividade; coeficiente de temperatura resistência; e ensaio sobre medições nos painéis quanto a espessura de deposição de cobre e de estanho/chumbo, através de diversos ensaios tecnológicos realizados.

1,0 - INTRODUÇÃO

O processo de "criação" de uma placa de circuito impresso deve ser gerado de forma a combinar perfeitamente as características elétricas e mecânicas do conjunto.

Para que isso ocorra é necessário que a pessoa encarregada da elaboração do lay-out tenha total conhecimento de todas as características elétricas do conjunto, incluindo listagem de componentes, com respectivos tamanho físico de cada peça e conhecimento das características mecânicas do conjunto, como por exemplo: dimensional externo da placa, tipo de montagem de componentes, processo de fabricação etc.

Desde aos anos de 1950 que a comercialização de compostos a base de epoxi tem se tornado extensamente o material mais usado para isolação e proteção e, tem estabelecido a performance padrão junto com outros materiais, sendo às vezes mais eficazes.

Resinas epoxi são apresentadas em formas de esferas sólidas a qual submetidas a um aquecimento, tornam-se um líquido de baixa viscosidade. Do ponto de vista elétrico, elas são especialmente desejável, devido a estes fatores:

- 1 - As resinas epoxis mudam do estado líquido para o sólido com uma alteração no peso quando curada;
- 2 - Baixa contração na cura, menos que 2%;
- 3 - Excelente adesão com uma grande variedade de materiais;
- 4 - Boas propriedades elétricas;
- 5 - Compatibilidade com muitos outros materiais estabelecidos em aparelhos elétricos;

6 - Resistência a umidade e produtos químicos;

7 - Adaptabilidade para compostos com vários outros materiais para melhorar suas propriedades inerentes e encontrar aplicações específicas.

Os laminados utilizados na confecção de circuitos impressos são produtos de alta precisão, combinando características mecânicas, elétricas, ambientais e outras. Possuem três materiais básicos: os condutores, dielétricos (isolante) e adesivos.

Material condutor: é o material que será responsável pela condução da corrente elétrica no traçado do circuito. Dentre os materiais condutores destaca-se: o cobre, alumínio, aço e o cobre berílio.

O material mais utilizado como elemento condutor é o cobre, que pode ser aplicado na placa por meio de folhas ou ser eletrodepositado. A quantidade de corrente que passará pelo circuito determinará a geometria da pista (largura e espessura do cobre).

| Metal | Resistividade de ohm x dm (x10) | Coef. de temp. Resistência | Coef. de expansão térmica (x10) | Força de tração | % alongamento | Faixa de espessura (MILLS) |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|
| Cobre rolo | 1,724 | 0,00393 | 9,2 | 32.000 | 20-45 | 0,7 - 30 |
| Cobre eletrodepositado. | 1,776 | 0,00382 | 9,2 | 50.000 | 4-40 | 0,2 - 8 |
| Alumínio | 2,83 | 0,0039 | 13,5 | 16.000 | 30 | 0,25- 30 |

Material dielétrico: é o material onde são colocados os materiais condutores. Os dielétricos podem ser rígidos ou flexíveis, como por exemplo a poliamida, poliéster, nylon e tetrafluoretileno glass.

A isolação entre os circuitos e pistas determinam o tipo de material do dielétrico e sua espessura.

| Tipo | Fator de dissipação a 1 KHZ | Constante dielétrica a 1KHZ | Resistência dielétrica V/mil | Coefficiente de expansão térmica 00C x 10 ⁻⁵ | Força de tração (PSI) |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|---|-----------------------|
| Poliamida | 0,0025 | 3,5 | 7.000 | 2,0 | 25.000 |
| Poliéster | 0,005 | 3,25 | 7.000 | 1,7 | 25.000 |
| PVC | 0,93 | 4,77 | 500 | 6,3 | 5.000 |

Materiais adesivos: fazem a aderência do material condutor com o dielétrico e entre as folhas do próprio dielétrico. Existem os seguintes tipos de adesivos: termoplásticos, poliéster, epoxi e acrílico, que obedecem a dois processos distintos de colagem: processo de fusão e processo de cola com adesivo tipo termoset.

No primeiro processo, de fusão, é utilizado um filme termoplástico do tipo Fluorinated Ethilene Propylene (FEP), como elemento de aderência.

No segundo, termoset, os adesivos, geralmente epoxi e acrílico, são curados totalmente durante a colagem, ocasionando uma estabilidade dimensional, soldabilidade e o mínimo de variação das suas características com o tempo.

Características dos laminados já colocados e com material condutor.

| Laminado | Máxima temperatura contínua | Constante dielétrica 1 mil V/mil 1 KHz | Estabilidade dimensional | Fator de dissipação 1 KHz |
|--|-----------------------------|--|--------------------------|---------------------------|
| Adesivo Termoset cobre/fibra de vidro. | 125°C | 33 - 40 | 0,001 | 0,037 |
| Cobre/Poliamida | 150°C | 3,5 | 0,001 | 0,003 |
| Cobre/Poliester | 105°C | 3,2 | 0,003 | 0,0025 |
| Adesivo p/fusão cobre/poliamida | 205°C | 2,7 | 0,003 | 0,0011 |
| Cobre/TFE | 205°C | 2,0 | 0,008 | 0,0002 |

"Algumas aplicações específicas dos laminados requerem um estudo especial. Por exemplo, nos circuitos de processamento de dados e receptores de micro-ondas, que trabalham com alta frequência, pode haver problemas com a perda de informações nos sinais. Nesses casos os laminados de tetrafluoretileno (TFE) são os mais indicados devido às suas características elétricas. Exceto para aplicações onde há utilização de altas voltagens, o fator isolamento térmico do laminado passa a dar lugar à resistência mecânica e ao processo de fabricação.

Circuitos utilizados em cabeça de leitoras de discos devem possuir alta isolamento dielétrica e grande flexibilidade devido ao movimento contínuo que sofre o circuito durante a operação do equipamento. No entanto, talvez a mais severa e importante condição que o circuito terá de suportar seja o próprio processo de fabricação da placa, onde devem suportar

ataques químicos, alta temperatura e esforços mecânicos.

O projetista do circuito deve levar o sistema como um todo em consideração ao definir a placa; características mecânicas, elétricas, tipo de montagem do circuito, temperatura de uso e temperatura de solda quando da colocação dos componentes etc. No Brasil os laminados fabricados são os do tipo com adesivo termosset que utilizam as seguintes resinas: fenolite, melamina, silicone, poliéster e epoxi. A aderência dessas resinas é obtida com a aplicação de temperaturas em torno de 132 a 180°C, sendo que durante essa operação a resina passa da forma solúvel para o estágio que a torna insolúvel e inflamável. O processo de colagem utiliza uma pressão de 1000 a 2500 pounds/inch²."

CIRCUITOS RÍGIDOS:

São utilizados em casos onde há ligações elétricas complexas e densas. Dentro do grupo rígido existem dois sub-grupos: fenólicos e fibra de vidro.

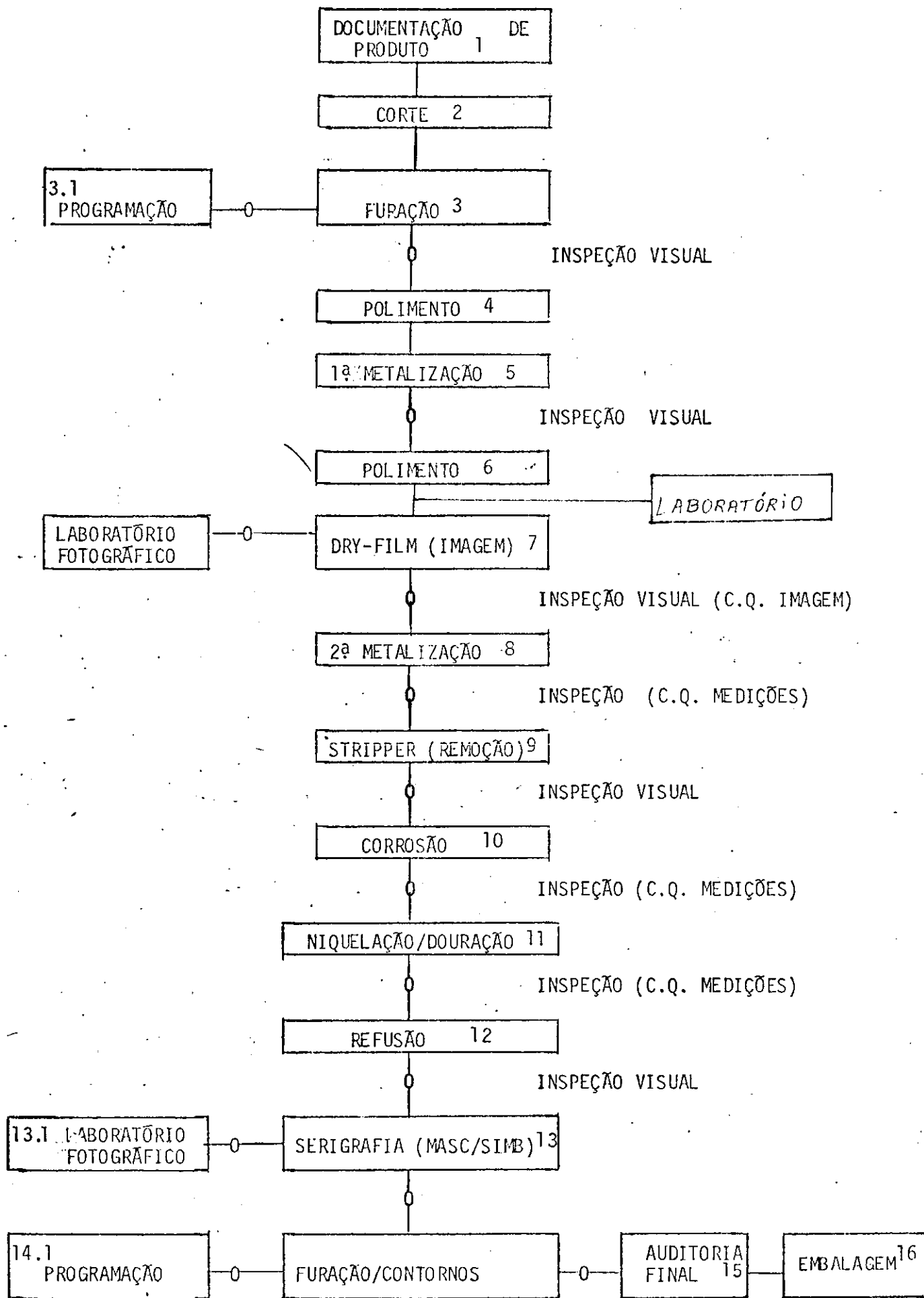
Fenólicos: são circuitos impressos feitos em base de papel prensado, com adesivos especiais, cobertos com uma folha de cobre. Devido ao material com que fabricado, este tipo de circuito impresso não possui grande estabilidade mecânica, não podendo suportar muito peso e sua temperatura máxima está em torno de 260°C por 5 segundos, sendo relativamente baixa.

Dentre as matérias-primas para circuito impresso, o fenolite destaca-se como sendo o mais fácil de se estampar os furos, não necessitando ser furado com brocas. Isso faz com que seja bastante utilizado em produtos de alta produção como: rádios, televisores e entretenimento em geral. A espessura pa

drão para circuito fenólico é de 1,60mm de substrato e uma onça de cobre, o que equivale a 35 μ m de espessura de folha cobreada, monofase.

Fibra de Vidro: A placa é constituída de várias camadas de fibra de vidro, intercaladas com adesivo a base de resina epoxi. Essa matéria-prima é utilizada para circuitos impressos com furos metalizados, pois possui boa estabilidade mecânica, boa rigidez e suporta temperatura máxima de 260°C por 20 segundos. Sua rigidez mecânica impede que o circuito seja estampado, devendo ser utilizadas brocas para realizar os furos.

2.0-FIUXOGRAMA DE FABRICAÇÃO DE PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO



2.1 - DESCRIÇÃO DO FLUXOGRAMA

1 - Fornece à produção, todas as características do produto final, e quais os parâmetros a serem seguidos durante a produção para que estas características sejam alcançadas.

2 - De posse da documentação de produção, verifica-se qual o tipo de laminado a ser usado (espessura da camada de cobre, simples ou dupla face). Os laminados passam por um tratamento térmico para alívio de tensões ($160^{\circ}\text{C} \pm 5$ horas).

3 - A fita gerada pela OPIC III é lida pelo computador da máquina (CNC 6), que transfere os comandos para a furadeira em SI (mod. EX200/EX300). O equipamento tem condições de furar até 4 pacotes (sandwiches) de uma vez, sendo que cada sanduiche pode ter até 3 painéis, além dos fenolites de entrada e saída.

Obs: Fenolite de entrada e de saída, são placas de fenolite de 0,5 a 0,8mm de espessura respectivamente, visam evitar o desprendimento excessivo de rebarbas do cobre e o resfriamento da broca, protegendo-a contra choque na mesa da máquina.

3.1 - Preparação dos programas de furação - gera-se uma fita de CNC em equipamento especial (OPIC III), é necessário que se tenha um desenho ou fotolito contendo todos os furos da placa.

4 - Consiste na limpeza superficial do painel (remoção de sujeiras, gorduras e óxidos), remoção de rebarbas de cobre e na limpeza interna dos furos, que é conseguida através de jatos d'água e alta pressão (800 a 1000 PSI) e secadas por

atos de ar quente no mesmo equipamento.

5 - Trata-se da deposição química de uma fina camada de cobre (35 μ m), a fim de metalizar as paredes dos furos e possibilitar a deposição eletrolítica de cobre e Sn/Pb na 2.^a metalização. Os painéis são colocados em suportes tipo cesto (grande quantidade de uma só vez).

6 - Fazer a limpeza dos óxidos que possam ter se formado no painel após a 1.^a metalização e também a formação de uma certa rugosidade na superfície, o que facilita a aderência do filme na etapa seguinte. O equipamento é semelhante ao do primeiro polimento, apenas utilizando escovas mais macias (GRID 320) e, sem utilizar a água de alta pressão (usada para limpar os furos).

7 - Compreende 3 etapas: Laminação, Exposição e Revelação:

Laminação:

É a 1.^a etapa do fotoprocasso (gravação, fotografia de imagem do circuito sobre o painel). Consiste na aplicação de um filme fotossensível sobre a placa, juntamente com uma película protetora. O filme (Riston) e a película (MYlar) são colocados simultaneamente, com aparelho semi-automático (laminador HRL-24) em ambas as faces do painel. A aplicação é feita por pressão e com rolos aquecidos, o que aliado a rugosidade do painel, garante uma perfeita aderência do filme.

Exposição:

É a etapa onde o fotolito com o desenho do circuito é sobreposto nas duas faces do painel (se dupla face for o pai

nêl) e, em seguida este conjunto é exposto à luz ultravioleta, para sensibilizar o filme (riston) nas áreas onde não ha verã deposição de metal. O fotolito especial para exposição é chamado Diazo (formado por uma fina camada de sal de diazônio corante e agente estabilizante em meio ácido, sendo sensível a luz. Esta camada está sob uma base de filme poliéster com aproximadamente 0,02cm de espessura), e é produzido na fãbrica a partir dos fotolitos fornecidos pelo cliente.

Revelação:

É a retirada do riston que não foi polimerizada (não recebeu luz U.V) durante a exposição. Este filme é retirado para que no seu lugar possa ser feita a deposição eletrolítica, definindo assim o desenho do circuito.

8 - Consiste na deposição eletrolítica de uma camada de cobre e estanho-chumbo. Esta deposição é feita onde o cobre da 1.^a metalização ficou exposto após a revelação (o Riston funciona como dielétrico, impedindo a migração de íons e conseqüentemente sua deposição).

9 - Consiste na retirada da camada de Riston polimerizado, que serviu de máscara para a 2.^a metalização.

10 - Remoção do cobre do laminado, da 1.^a e 2.^a metalização. É usado para atacar o cobre, uma solução de cloreto cuprico amoniacal (Alcalina), que o remove, deixando a fibra de vidro à mostra. Esta solução remove o cobre, mas não ataca o Sn/Pb depositado nas trilhas (pistas), ilhas e no interior dos furos. A partir daí o traçado do circuito está definido.

11 - Visa garantir uma perfeita passagem de corrente aos

conectores dos equipamentos. Remove-se a camada de Sn-Pb dos conectores, em seguida o cobre que foi descoberto recebe um tratamento e, em seguida uma camada de níquel, a fim de garantir a dureza necessária aos conectores e evitar a migração de cobre através do Ouro, o que prejudicaria a qualidade da deposição. A camada de Ouro depositada varia em torno de 1,5 μm dependendo da especificação do cliente.

12 - Promove uma melhoria da aparência da superfície, além de prevenir problemas futuros (principalmente quanto a soldabilidade). Usa o sistema de equipamento por raios infravermelhos, que é mais limpo e muito mais produtivo que o sistema à óleo, porém mais caro.

13 - É a colocação de uma máscara protetora sobre a placa, deixando à mostra apenas os conectores e as ilhas. Esta máscara, além da proteção do circuito, auxilia na soldagem dos componentes sobre a placa, permitindo que seja feito através de máquinas automáticas. A simbologia dos componentes também é colocado com sua numeração, dados do cliente, etc.

É utilizado uma tinta a base de epoxi, que depois de curada (cura por calor a 120°C durante 30-40 minutos), oferece boa resistência ao choque e dá bom acabamento a placa. Este tipo de cura responde por cerca de 90% da produção, ficando o restante por cura através de raios ultra-violeta (a pedido do cliente).

13.1 - É onde se faz a confecção de telas de serigrafia.

14 - É dado o formato final da placa e também são feitos os furos não metalizados, os rasgos de polarização e os chan-

fros nos conectores.

14.1 - Elabora o contorno pelo CNC (Comando Numérico Computadorizado).

15 - Dã o resultado final quanto a qualidade das peças, inspeção minuciosa, para evitar que peças defeituosas sejam enviadas ao cliente.

Observação geral: para todos os processos se faz necessário um acompanhamento contínuo, devendo o mesmo ser feito por uma "Ordem de Processo" (O.P.) fornecida pela documentação de produto, a qual inclui discriminação de todas as etapas e dados a serem realizados durante a fabricação do circuito impresso.

16 - As peças são embaladas e enviadas para o cliente na data pré-determinada.

3. DOCUMENTAÇÃO DE PRODUTO

3.1 - Sistema de Elaboração de Arte Final por Computador.

Com a crescente complexidade dos circuitos e necessidade de segurança na elaboração da arte final, tornou-se necessária a utilização de computadores para a elaboração de layout e de protótipos necessários à produção de circuitos impressos. Os computadores usados com esse fim são chamados CAD (Computer aided design).

A elaboração do lay-out nesses computadores obedece, basicamente, a seguinte sequência:

1 - Dá-se a entrada, por meio de um terminal, da lista e código dos componentes que o circuito terá;

2 - Como esses computadores têm arquivos onde constam o esquema elétrico e pinagem de muitos componentes, procurará identificar as características dos que foram especificados no item anterior e solicitará a entrada dos não conhecidos;

3 - Fornece ao computador as dimensões externas e posicionamento dos componentes na placa;

4 - Fornece-se as ligações que cada componente terá;

5 - A partir daí o computador passará a desenhar na tela automaticamente, as pistas do circuito. Nesta etapa a máquina já fez a separação do lado A e do lado B do circuito através de cores diferenciadas. Sendo necessário, a máquina solicita auxílio do operador para corrigir alguma ligação que constate ser impossível de realizar devido a cruzamento de pis

tas.

O computador gera também os filmes dos circuitos, máscara de solda, legenda de componentes, tudo de acordo com normas técnicas que regulamentam a confecção de protótipos. Os filmes podem ser gerados pelo método de raio laser, plater a caneta ou sistema fotográfico de queima de filme.

As coordenadas de furação e posicionamento dos componentes, servem para a elaboração da fita de furação da placa já diferenciado entre os diversos diâmetros.

4. CORTE

Com os dados fornecidos pela documentação de processo, os laminados que são fornecidos pela Perstrop do Brasil e pela General Electric na forma de Dupla e Simple face; com dimensões variáveis, que depende do modelo do cliente e da distribuição dada pela documentação. O laminado apresenta espessura de 1,6 mm; 2,4 e 0,8mm e tem uma camada de cobre variando de 0,5 - 1,0 - 2,0 onça, ou seja, 17,5 - 35 - 70 μm respectivamente.

A chapa de fibra de vidro é cortada em pedaços menores, por uma cortadeira mecânica, compatíveis com o processo e de acordo com o modelo a ser processado.

Após o corte os painéis são levados para a estufa para que ocorra o alívio de tensões dos laminados (painéis); os quais permanecem por 5 horas a uma temperatura de 160°C . Os laminados são colocados em número de 25 sobre uma chapa de alumínio com aproximadamente 0,6 kg e 3mm de espessura.

5. FURAÇÃO

A furação deve ser feita com brocas especiais, próprias para o circuito impresso. Quando se trabalha sobre placas complexas, com pouca ilha de cobre nos furos e alta densidade de furação deve-se utilizar máquinas computadorizadas, programadas por meio de fita perfurada e gerada em equipamento próprio.

5.1 - Elaboração de fitas CNC.

As fitas CNC são elaboradas a partir de valores das coordenadas X e Y fornecidas através de teclado à máquina. Outra opção seria gravar um disquete com a programação. Não se dispondo da listagem pode se utilizar de um fotolito onde são marcados, através do desenho da furação, todos os furos de um mesmo diâmetro que interligados formam um caminho diferente para cada diâmetro. A máquina tem um sistema óptico que permite ao operador visualizar a posição por meio de um dispositivo eletrônico. Essa posição é fornecida ao computador que gera uma fita que contém todas as coordenadas de furação e os comandos da máquina para controlar o processo. A fita pode ser gerada seguindo os códigos EIA ou ASCII.

Os dados contidos na fita ou disquete devem conter as seguintes informações que serão computadas pela máquina de furação: Posicionamento dos furos (X e Y) - obtidos pela programadora óptica, velocidade de penetração e rotação de broca, de acordo com o diâmetro da broca.

5.2 - Máquina de Furação.

São máquinas computadorizadas, desenvolvidas especialmente para a furação de placas de circuito impresso. Possuem um computador tipo CNC (Computer Numeric Control) que controla todos os parâmetros de furação da máquina e serve como interface entre o operador e o sistema. Cada máquina possui a capacidade de furar com 4 - 5 cabeçotes; o computador controla, através de sinais eletrônicos, a rotação, velocidade de descida/subida e o posicionamento do motor.

A máquina possui a capacidade de executar até 500 penetrações por minuto, desde que a broca suporte e a qualidade do furo exija. A mesa de trabalho onde são colocados os pacotes de furação do circuito, possui um alinhamento perfeito e apoia-se numa base de granito totalmente plana. A mesa de marca EXCELLON, possui motores Spindler fixos numa barra de granito e a mesa deslocá-se em dois sentidos (X e Y), sendo que nesta máquina que é a mais sofisticada, encontra-se a facilidade de trocar automaticamente as brocas de furação.

5.3 - Brocas.

Devem ser fabricadas com material extremamente rígido e resistente que suporte sem quebra ou desgaste, o ritmo de operação da máquina de furação. Geralmente são fabricadas a partir de uma liga de carbureto de tungstênio que suporta altas temperaturas, isso evita a queima da parede do laminado. O diâmetro das brocas variam 0,1 - 6,3 mm.

Na furação, os painéis são montados uns sobre os outros, formando um pacote que deve ter na sua parte superior um mate

rial que absorva o impacto da broca, e na inferior uma chapa que tem a finalidade de evitar rebarbas na furação da última placa. Essas são fixadas entre si por meio de pinos.

6. POLIMENTO

Terminada a furação, os painéis devem ser preparados para o processo galvânico com uma limpeza e polimento que deverão retirar possíveis rebarbas existentes nos furos. Essa operação permite uma maior aderência dos banhos químicos na placa. O polimento é feito em máquinas especiais que utilizam escovas abrasivas de grids altos, evitando assim, uma retirada excessiva de cobre que está depositada na placa.

Existem para esse fim, dois tipos de escovas: escova de material abrasivo, tipo utilizado em circuitos monofase para polir a superfície de cobre antes das impressões de tintas Etch Resist, Solder Mask. Essas escovas são fabricadas pela 3M e são do tipo Scotch-Brite. Não são recomendadas, devido a sua constituição, para polimentos delicados em peças já furadas do tipo furo metalizado.

Escovas de nylon abrasivo: são as elaboradas a partir de fibras de nylon abrasivo. Os vários tipos de nylon abrasivo que são utilizados na sua confecção a tornam mais delicada ou áspera, determinando assim para que tipo de polimento poderá ser usada.

Exemplo:

Grid 180 é recomendada para polimento grosso do cobre.

Grid 320 é recomendada para polimento fino de cobre.

Grid 500 é recomendada para polimento de superfície sol
dada.

6.1 - Laboratório Químico

O laboratório atua como um supervisor e controlador da produção, em algumas etapas como: análise química de cada lote de produtos recebidos.

A atuação maior do laboratório, é na Galvânica onde compreende-se a 1ª e 2ª Metalização, com um controle direto nos banhos, como análises e ajuste dos parâmetros quando os mesmos estão fora de especificação.

Quando um dos banhos eletrolíticos apresentam contaminação metálica, deve-se colocar no respectivo banho, uma chapa seletiva que tem a função de remover a contaminação do banho.

Num todo, a ocupação maior por parte do laboratório, é dispensado, devido os banhos já virem pronto do fornecedor.

7. 1ª METALIZAÇÃO

7.1 - Objetivo

Depositar uma camada de cobre na superfície e nos furos do painel de 1,8 - 2,5 μm , devendo para isso, o painel sofrer os seguintes tratamentos.

7.2 - Descrição dos Tratamentos

1º Tratamento: Desengraxante Alcalino

Este banho tem como função retirar resíduos de óleo, gorduras e graxas que estejam eventualmente agregados no painel e, condicionar a resina epoxi para os próximos tratamentos.

As placas neste banho devem permanecer de 5 - 6 minutos, à temperatura de 70 - 75°C. O banho é composto pelos seguintes produtos:

Curolite X - 84 hiperconcentrado 5 ml

Água deionizada para 1 litro.

2º Tratamento: Desengraxante Ácido

Condiciona a fibra de vidro para posterior ativação e deposição do cobre, é um complemento do 1º tratamento, onde a gancheira deve permanecer aproximadamente 2 minutos, à uma temperatura de 50°C, sendo o banho diferenciado do 1º pela presença de ácido sulfúrico.

3º Tratamento: Micro Corrosor

Tem como função limpar a superfície de cobre e atacá-la levemente ativando-a para a deposição química, não sendo um ataque severo, obtendo com isso uma superfície levemente áspera.

A gancheira deve permanecer neste banho de 1,5 - 2,0 minutos, à temperatura de 18 - 25°C. Encontram-se no banho os seguintes compostos:

Microincide 1207 200 ml/l

Água deionizada 35% 1000 ml/l.

4º Tratamento: Ativação

É composto de 3 etapas:

1) Condicionador (pré-catalizador) - é a base de cloreto de sódio e ácido clorídrico e, tem como função anteceder ao catalizador dando início a ativação da superfície para deposição química do cobre. As placas no banho devem permanecer aproximadamente 4 minutos à temperatura de 25 - 30°C. Sua composição química é a seguinte:

Uniphase MLX - A (Sal) - 200g/l

Ácido clorídrico 37% puro - 20ml/l.

2) Ativador (catalizador) - tem como função básica, ativar por completo a superfície e os furos do painel, depositando o paládio que irá se depositar sobre o painel.

Os painéis devem permanecer no banho aproximadamente

te a temperatura de 25 - 30°C. O banho é formado pelos seguintes compostos:

Uniphase MLX - A (sal) - 960 mL/L
 Uniphase MLX - B - 40 mL/L.

Para se ter um controle de ativação do banho é necessário que se tenha os seguintes parâmetros:

Concentração de Paladium - 65 - 90%
 pH - 0,01 - 0,1
 Densidade - 1,120 - 1,440g/cm³.

- 3) Acelerador - O paládio que está aderido no painel na forma iônica, nesse banho será reduzido o paládio metal, com isso, acelerando a velocidade de deposição.

Os painéis permanecem no banho aproximadamente 4 minutos, o qual está a 25 - 30°C. A composição do banho é a seguinte:

Drag Stop MLX 84 - 100 mL/L
 Água deionizada completar p/1 litro.

O parâmetro para controle do banho é:

Normalidade Ácida - 1,2 - 1,3.

5º Tratamento: Cobre Químico

Tem por finalidade depositar sobre o painel uma camada de 1,8 - 2,5 µm de cobre. O que acontece é uma reação de oxidação-redução entre o sulfato de cobre e o formaldeído que compõe o banho, servindo o paládio metálico depositado anteriormente para atuar como catalizador.

Os painéis devem permanecer aproximadamente 50 - 60 minutos à temperatura de $36^{\circ}\text{C} + 2$. O banho é formado pelos seguintes produtos:

Cuprothick 84 - F em volume - 145 litros

Cuprothick 84 - A em volume - 58 litros

Cuprothick 84 - B em volume - 58 litros

Soda caústica 300 g/l 2% em volume - 29 litros

Formol anídrico 320 g/l - para manter o banho sempre ativo

Cobre em A 100g - Para manter o banho sempre ativo.

Os parâmetros para controle de banho são:

Concentração de NaOH - 12 - 14g/l

Concentração de Cobre - 3,8 - 4,0g/l

Concentração de Formol - 3,8 - 4,0g/l.

Obs: O tempo de permanência dos painéis no banho, é determinado por uma placa suporte de $2,5 \text{ pol}^2$ do material base do laminado que acompanha a gancheira. Após 30 minutos no banho de cobre a placa é retirada e enviada ao laboratório, onde se faz a pesagem, determinando para a espessura requisitada, o tempo necessário.

6º Tratamento: Neutralização

Tem como finalidade neutralizar a superfície e os furos dos painéis provenientes do banho de cobre químico, evitando uma possível reação que possa acontecer com outros produtos prejudicando a impregnação do Riston.

Os painéis devem permanecer aproximadamente 1 minuto à temperatura ambiente. O neutralizador é a base de:

Ácido Sulfúrico - 50 ml/l

Água deionizada completar para 1 litro.

7º Tratamento: Antioxidante

Origina uma película de filme que tem por função evitar a oxidação dos painéis rapidamente.

Os painéis permanecem cerca de 1 minuto à temperatura ambiente. Este banho é, e deve ser isento de floculações. O banho é formado à base de:

Antiox . MLX - 0,25% 20 ml/l

Água deionizada - completar para 1 litro.

8º Tratamento: Secagem

Tem como função fazer a secagem dos painéis para a próxima fase do processo, utilizando-se de um fluxo de ar quente à 40°C, durante aproximadamente 3 minutos.

Obs: Após cada tratamento os painéis são submetidos a uma dupla lavagem com água corrente *desmineralizada 5 minutos, à temperatura ambiente.

* Para evitar que ocorra uma contaminação dos tratamentos subsequentes. Os painéis devem permanecer nos banhos aproximadamente.

8. DRY FILM

8.1 - Objetivo

Tem por objetivo fazer a gravação da imagem dos circuitos, usando para isso um filme semi-aquoso (fotoresist), e um filme a base de sal de diazônio (diazó).

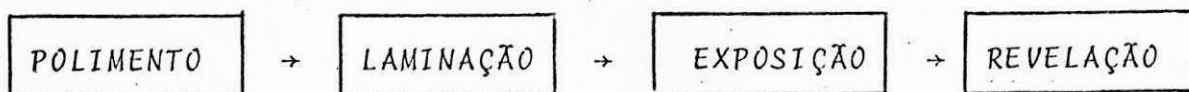
O filme semi-aquoso (fotoresist - riston) é a base de Poli (vinilcianomato) o qual origina-se a partir do mecanismo de dimerização do ácido cianâmico com o ácido truxílico (Trans, Trans - 2,4 - difenil - 1,3 - ciclobutano-di-ácido-carboxílico).

Fotoresist é uma combinação de um ou mais monômeros fotoiniciadores com radicais livres, plastificantes, corantes, promotores de aderência e um ligante cuja função é manter todos estes componentes unidos. Quando uma camada de fotoresist é aplicada a superfície do painel, os ingredientes são dispersados uniformemente, sendo que o ligante serve como estrutura para formar o filme. Quando este fotoresist é exposto a radiação ultra-violeta os fotoiniciadores geram radicais livres. O radical livre desencadeia a reação. Os radicais livres se unem aos monômeros para formar um radical livre maior. Estes novos radicais se unem a outros monômeros para formar radicais ainda maiores. Esses radicais maiores se unem a uns aos outros para formar um reticulado de radicais livres polimerizados, todos girando ao redor do polímero ligante. Enquanto o fotoresist é exposto a luz ultra-violeta, os fotoiniciadores estão sendo ativados. Os radicais livres interligados induzidos

pela luz ultra-violeta, continuam a se formar mesmo alguns minutos ap^os os pain^eis serem retirados da presen^{ça} da luz ultra-violeta. Quando os radicais livres se extinguem, a maioria dos mon^omeros dispon^íveis se polimerizam firmemente no reticulado. O que era um filme gelatinoso, facilmente retirado pelo revelador, agora est^á firme, dur^ável e quimicamente resistente.

Preparação de diazo:

O filme diazo é uma camada muito fina de sal de diaz^onio corante e agente estabilizante em meio ácido, sendo sens^ível a luz. Esta camada est^á colocada sob uma base de filme poliester de 7 Mil (7×10^{-3} polegadas) de espessura. Quando o filme é exposto a radiação ultra-violeta o sal de diaz^onio se decomp^oe nas áreas que n^ão tem imagens. Passando o filme em um neutralizador alcalino, como vapores de am^onia, o estabilizador se desativa permitindo a r^ápida reaç^ão do sal de diaz^onio e o corante vai produzir uma imagem colorida que absorve luz nas áreas n^ão expostas. Assim, o filme é positivo onde as áreas expostas ficam claras e as n^ão expostas ficam marrom alaranjadas. O filme diazo pode ser estocado em caixa fechada por 6 meses na temperatura de 21^oC ou menos, em uma unidade relativa de 50% ou menos.



8.2 - Polimento

É definido basicamente como uma limpeza feita pelo processo abrasivo que se utiliza de um rolo abrasivo (escova de nylon) com granulação elevada (GRID 320), para retirar as impurezas da camada de cobre e, ao mesmo tempo, polir a superfície preparando-a para a deposição do vistor.

Os problemas mais comuns na etapa de polimento são:

- Polimento não uniforme na placa - Como solução se tem: alimentação incorreta fazendo com que as escovas fiquem mais gastas em certas áreas; escovas não estão lixando adequadamente; água de lavagem insuficiente fazendo com que a escova esquente demasiadamente.

- Remoção do cobre não eletrolítico da superfície e em torno dos furos - A principal causa disto é o escovamento muito agressivo, deve-se diminuir a pressão das escovas.

8.3 - Laminação

Tem como finalidade aplicar uma película de filme fotosensível (fotoresist); usando calor e pressão, na superfície da placa. A laminadora (HRL 24 DUPOINT) é composta de rolos aquecidos.

O filme fotoresist é protegido por duas películas de filme plástico: uma de polietileno que é removido (da parte interna) e enrolado nos rolos, e outro de poliéster (Mylar) na parte externa, que juntamente com o filme vão se aderindo ao painel, conforme a passagem pelos rolos aquecidos. O excesso de filme é cortado e os painéis são colocados em suportes

por um período de 15 minutos até se obter estabilidade dimensional. Os parâmetros para o processo de laminação são:

Velocidade da esteira = 1m/min

Temperatura dos rolos = $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$

Pressão do ar comprimido no manômetro = 30 PSI.

8.4 - Exposição

Para a exposição, os fotolitos são centralizados e fixados nos dois lados do painel. O conjunto é então colocado na expositora que deve ter as seguintes características:

Mesa de Vácuo - para prender o fotolito em toda a sua extensão sobre o painel, evitando ondulações e deformações no traçado.

Fonte de Luz - na faixa de 320 a 430 nm para sensibilizar o filme por meio de uma polimerização que o torna químicamente resistente. Usa-se um conjunto de lâmpadas superior e inferior de 5000W, produzindo de 55 a 130 mj/cm^2 de energia. Após a exposição, deve-se aguardar cerca de 15 minutos, para a estabilização do fotoresist.

8.5 - Revelação

Esse processo começa com a retirada da cobertura de poliester (Mylar) que está sobre o filme. Essa retirada sô deve ser feita até a hora em que a revelação for realmente ser processada. A revelação é feita em equipamento de spray com transportador. É necessário uma agitação vigorosa. A tempera-

tura, a pressão do spray e as condições de revelação afetam no tempo e na qualidade de revelação.

O revelador possui a seguinte composição química, para que ocorra uma remoção completa do filme não polimerizado:

| | | |
|-----------------|---|--------|
| Butil-di-Glicol | - | 20% |
| Monoetanolamina | - | 8% |
| Octanol | - | 2 ml/l |
| Água deionizada | - | 72% |

Os parâmetros para controle do revelador são:

| | | |
|-----------------------|---|--------------------|
| Temperatura | : | 36 ± 2°C |
| Pressão dos jatos | : | 20 - 35 PSI |
| Velocidade da esteira | : | 180 - 200 no dial. |

9. 2ª METALIZAÇÃO

9.1 - Objetivo

Se resume na complementação da camada de cobre para $30 \pm 5 \mu\text{m}$ e, na deposição de uma camada de Sn-Pb de $12 \pm 3 \mu\text{m}$, que dará características de soldabilidade à placa, evitando também, a oxidação do cobre. Compreende uma série de tratamentos, os quais são essenciais para que ocorra uma perfeita deposição, dentre tem-se:

9.2 - Descrição dos Tratamentos

1º Tratamento: Desengraxante ácido

Responsável pela limpeza do cobre da deposição eletrolítica para garantir a aderência desta camada. Tal desengraxante tem a característica de não atacar a proteção dos filmes fotossensíveis.

As placas neste banho permanecem de 3 a 5 minutos a uma temperatura de 60°C . A montagem do banho compreende os seguintes produtos:

| | | | |
|-------------------|--------|-------|------|
| Ácido Sulfúrico | - 100 | - 200 | ml/l |
| Limpador Ácido FR | - 25 | - 50 | ml/l |
| Securiganth SR | - 5,0l | | |
| Água Deionizada | - 300l | | |

Obs: Completar para 500l com água deionizada.

2º Tratamento: Microetch

Ativa a superfície de cobre para deposição eletrolítica, não ataca muito a superfície devido a camada de cobre nos furos ser somente $2,5 \mu\text{m}$.

As gancheiras neste banho devem permanecer de 1/3 - 1/2

minutos, a uma temperatura de 25 - 28^oC. A montagem do banho compreende os seguintes produtos:

| | | |
|------------------------|---|-------------------------|
| Ácido Fosfórico | - | 50 ml/l |
| Peróxido de Hidrogênio | - | 20 ml/l |
| Estabilizador FK | - | 30 ml/l |
| Água desmineralizada | - | completar para 1 litro. |

3º Tratamento: Condicionador Ácido

Completa ativação da superfície de cobre para a deposição eletrolítica de cobre. No banho as placas permanecem de 1 - 2 minutos à temperatura ambiente. O banho compreende os seguintes produtos:

| | | |
|-----------------------|---|-------------------------|
| Ácido Sulfúrico | - | 50 ml |
| Água desmineralizada, | - | completar para 1 litro. |

4º Tratamento: Cobre eletrolítico

Fazer a deposição eletrolítica na superfície e nos furos do painel, aproximadamente uns 30 ± 5 µm de cobre. Usando um sistema de aerosão para que ocorra uma deposição homogênea. As gancheiras permanecem no banho de 40 - 50 minutos à temperatura ambiente e a uma densidade de corrente que varia de 2,3 - 3,0 A/dm². O banho é composto pelos seguintes produtos:

| | | |
|---------------------|---|-----------|
| Sulfato de cobre | - | 60 g/l |
| Ácido Sulfúrico 5% | - | 97,8 ml/l |
| Cloreto de Sódio | - | 100 mg/l |
| Aditivo Cupracid Gs | - | 10 ml/l. |

5º Tratamento: Condicionador HBF_4 10%

Tem como função ativar a superfície de cobre para uma posterior deposição eletrolítica de Sn-Pb na superfície e nos furos. As gancheiras devem permanecer no banho 2 minutos à temperatura ambiente. O banho é formado pelos produtos:

Ácido Fluobórico 10% - 100 ml/l

Água desmineralizada, completar para 1 litro.

6º Tratamento: Sn/Pb eletrolítico

Depositar eletroliticamente uma camada de $12 \pm 3 \mu\text{m}$ de Sn/Pb nos furos e na superfície do painel. As gancheiras permanecem no banho aproximadamente 12 minutos à temperatura de $25 - 30^\circ\text{C}$, e a densidade de corrente que varia de $1,5 - 2,0 \text{ A/dm}^2$. O banho é composto pelos seguintes produtos:

Platina sal condutor - 9,75 g/l

Solução de Fluoborato de Sn 50% - 73,8 ml/l

Solução de Fluoborato de Pb 50% - 29,7 ml/l

Solução de Ácido Fluobórico 50% - 164,2 ml/l

Platina Stater - 40 ml/l

Água deionizada, completar para 1 litro.

Obs: A liga Sn/Pb é composta por 60% de Sn e 40% de Pb. O tanque do banho tem um volume de 2700l, nos 4 tanques. Dando um total de 675 litros por tanque.

7º Tratamento: Secagem

Os painéis entram no tanque secador, e daí saem secos para a próxima etapa, sendo os mesmos submetidos a uma tempe-

ratura de 60 - 70°C durante 5 minutos.

89 Tratamento: STRIPPER (Remoção do filme fotossensível)

Retira a camada de filme fotossensível polimerizado que envolve o painel nas áreas que deverão ser corroídas na próxima etapa. A solução corrosora é mantida a uma temperatura de 58 - 60°C; e as placas a ela submetida devem passar de 5 - 7 minutos; a solução tem um pH de 9,7 - 13,1. A solução é formada pelos seguintes produtos:

| | | | |
|---------------------|-----|---|------------|
| Butil - di - Glicol | 20% | - | 200 litros |
| Monoetamina | 8% | - | 80 litros |
| Água | 72% | - | 720 litros |
| *Antiespumante GRD | | - | 2 litros. |

* No caso de ocorrer muita espuma é que se deve adicionar.

Os parâmetros reguláveis constantemente são:

| | | |
|----------------------------|---|-----------|
| - Velocidade da esteira(s) | = | 380 - 500 |
| - Temperatura (°C) | = | 58 - 60 |
| - Pressão das bombas (bar) | = | 3,3 - 3,7 |
| - pH | = | 11 ± 1 |

Obs: Geral.

Após cada banho os painéis são colocados em tanques com água corrente, para que seja feita a limpeza, evitando assim que ocorra contaminação do banho posterior.

10. CORROSÃO

A corrosão é a remoção de cobre do painel não coberto com Sn/Pb. Nessa etapa as placas com o circuito impresso são submetidas a jatos de solução química que provoca somente a corrosão do cobre. A solução é a base de persulfato de amônia e ácido sulfúrico. Deve-se ter um controle rígido de todas as condições que implicam na corrosão como: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), concentração de cobre (g/ℓ), pH e concentração de solução, para evitar que ocorra o sucateamento de circuitos. Depois da corrosão do cobre as placas são lavadas, neutralizadas e secas antes de ir a etapa seguinte.

Composição do banho:

| | | | | |
|-------------------------|---|------|---|---------------|
| Micro Incisor Tecpro PC | - | 511 | - | Corrosão |
| Micro Incisor Tecpro PC | - | 511F | - | Formação |
| Micro Incisor Tecpro PC | - | 511R | - | Reforço |
| Oxitron PC 413 | - | | - | Neutralizador |

Parâmetros para o Processo:

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------------------------|------------------------|
| Temperatura | - | 48 - 52 $^{\circ}\text{C}$ | |
| Velocidade da esteira (p/placa 10z) | = | 80 - 100(s) | na escala dial |
| pH | = | 8,8 - 9,3 | |
| Densidade | = | 1,170- 1,210 | g/cm^3 |
| Teor de cobre | = | 140- 160 | g/ℓ |
| Teor de cloro | = | 180 | g/ℓ . |

11. NIQUELAÇÃO/DOURAÇÃO

11.1- Objetivo

Com o objetivo de facilitar a instalação e remoção de equipamento eletrônico, é que se fez necessário manter os contatos das placas de Circuito Impresso livres de oxidação e corrosão e ser bem resistentes, isto é conseguido com uma deposição de uma camada de $1,5 \mu\text{m} + 0,3$ de ouro sobre um depósito de níquel.

Devido a sua elevada condutividade elétrica, resistência ao desgaste, e não se oxidar, é que o ouro é usado sobre um depósito de níquel, para se fazer a douração dos dentes de contato, sendo o níquel o responsável pela não migração do cobre no ouro, o que acarretaria prejuízo a resistividade elétrica do ouro, devido o mesmo ser mais duro que o cobre / ouro, aumentando com isso a resistência dos dentes de contato.

11.2- Descrição dos Tratamentos

As etapas de douração dos contatos são as seguintes:

1ª Etapa: Desplacantes do Sn/Pb

A liga de Sn/Pb depositada anteriormente é removida dos conectores, sendo o restante protegido por fita adesiva, deixando a superfície de cobre aparente nesses pontos. Os painéis permanecem nesta etapa aproximadamente 3 minutos

temperatura ambiente.

Esta etapa, é formada por dois tanques separados entre si por um tanque de água.

Composição:

Tanque 1: 20 litros de Enstrip TL 142

Tanque 2: 24 litros de Enstrip Post 146.

2ª Etapa: Microcorrosor

Faz um pequeno ataque a superfície do cobre aparente, para eliminar oxidações e deixar a superfície preparada; 2 minutos no banho, à temperatura ambiente.

Composição:

Persulfato de Amônia - 100 g/l

Ácido Sulfúrico - 100 ml/l

O parâmetro para controle do banho é:

Concentração de H_2SO_4 = 90 - 110 ml/l.

3ª Etapa: Condicionador Ácido 15%

Serve para completar a microcorrosão e remover o resto de cobre que tenha sido atacado pelo microetch que esteja aderido ao painel; o painel deve permanecer no banho 1 minuto à temperatura ambiente.

Composição:

Ácido Sulfúrico 15% = 150 ml/l.

4.^a Etapa: Níquel Eletrolítico

Depositar uma camada de $6 \pm 2 \mu\text{m}$ de níquel, para que a mesma venha a formar uma camada uniforme para a deposição de ouro, evitando assim que o cobre migre sobre o ouro. E além de sua dureza que faz com que aumente a resistência do depósito e a vida útil da placa. Os painéis devem permanecer no banho aproximadamente 7 minutos à temperatura de 60°C .

Composição:

| | | |
|-------------------|-------|----------|
| Sulfato de Níquel | - | 350 g/l |
| Cloreto de Níquel | - | 5 g/l |
| Ácido Bórico | - | 40 g/l |
| Aditivo NS - 3 | - 2 - | 10 ml/l. |

Os parâmetros para controle do banho são:

| | | |
|---|---|--------------|
| Concentração do Nível | - | 55 - 65 g/l |
| Concentração de H_3BO_3 | - | 42 - 48 g/l |
| Concentração de cloreto de Níquel | = | 55 - 65 g/l. |

Obs.: O controle na amperagem do banho depende da área de deposição.

5.^a Etapa: Condicionador Ácido 15%

Evita que ocorra uma passivação da camada de níquel e, ativá-la para uma posterior deposição do ouro. O tempo de permanência no banho é de 1 minuto, à temperatura ambiente.

Composição:

| | | |
|-----------------------------|---|-----------|
| H_2SO_4 15% | - | 150 ml/l. |
|-----------------------------|---|-----------|

6ª Etapa: Ouro Eletrolítico

Eletrodepositar aproximadamente uma camada de $1,5\mu\text{m}$ de ouro, que devido as suas características elétricas e por não oxidar-se, torna-se o depósito ideal para os conectores das Placas de Circuito Impresso.

É composto de 3 etapas para a completa deposição:

6.1a. Etapa: Ouro Flash

A permanência dos painéis neste banho é de 30 segundos a temperatura de $38 - 40^{\circ}\text{C}$; tem como função primordial preparar a superfície, depositando uma fina camada de ouro.

Composição:

Solução Auruna 539 LC (pronto para uso) - 20 litros

Teor de Su = $2,0 \text{ g/l}$

Os parâmetros para controle de banho são:

pH = $4,0 - 4,4$

Concentração de Au = $1,5 - 2,5 \text{ g/l}$

6.2a. Etapa: Ouro camada I

Tem por objetivo fazer a complementação da camada de ouro sobre o painel, tornando a sua superfície estável. Os painéis devem permanecer no banho cerca de 210 segundos, a temperatura variando entre $40 - 45^{\circ}\text{C}$.

Composição:

Solução auruna 539 (pronto p/uso) - 29 litros

Teor de Au = 2,0 g/l

Os parâmetros para controle são:

pH = 4,4 - 4,4

Concentração de Au = 8,0 - 9,0 g/l.

6.3a. Etapa: Ouro camada II

Tem por objetivo fazer a complementação da camada de ouro sobre o painel, tornando a sua superfície estável. Os painéis devem permanecer no banho cerca de 210 segundos, a temperatura variando entre 40 - 45°C.

Composição:

Solução auruna 539 (pronto p/uso) - 20 litros

Teor de Au = 9,0 g/l.

Os parâmetros para controle são:

pH = 4,0 - 4,4

Concentração de Au = 8,0 - 9,0 g/l.

Obs.: O controle de amperagem das etapas, é feito dependendo da área de deposição dos painéis.

6.4a. Etapa: Água de lavagem

Usada para lavar os conectores após a douração, essa água é levada para que seja feita a recuperação de ouro que tenha vindo por arrasto, no laboratório. O tempo de permanência dos painéis no banho é de 1 minuto, à temperatura ambiente.

- Após cada etapa, a gancheira passa por um banho com água desmineralizada durante 30 segundos, à temperatura ambiente.

7ª Etapa: Água quente.

Tem como função, dar um acabamento melhor na superfície do conector, os painéis devem permanecer aproximadamente 3 minutos a 60°C.

12. REFUSÃO

É um processo que funde o Sn/Pb codepositado, dando origem a uma liga chamada solda. A superfície de Sn/Pb antes da refusão tem poucas propriedades de solda e não possui requisitos quanto a sua estética. Existem vários motivos para se refundir o Sn/Pb.

- 1 - A aparência do circuito impresso é grandemente melhorada, e o metal mais espesso;
- 2 - O Sn/Pb depositado promove a soldabilidade do C.I.;
- 3 - A futura soldagem protege a soldabilidade do C.I.;
- 4 - Rachaduras de solda são reduzidas, devido a fluência do Sn/Pb sobre a superfície do condutor.

Através do diagrama de fase do Sn - Pb, é possível o que acontece com o ponto de fusão da liga eutética, quando a razão Sn - Pb varia.

É usado álcool isopropílico 70% para retirar os resíduos de fluxo nas placas.

A refusão a infravermelho é equipada com câmaras de aquecimento extensas, possuindo perfis estáveis de aquecimento, sendo também usado um sistema de câmara de resfriamento, limpeza e secagem como acessórios. Como se tem uma refusão automática, os parâmetros para controle serão:

Fluxagem: velocidade da esteira = 2,5 FPM, a substância usada para a fluxagem é o álcool isopropílico 70%.

Pré-aquecimento: velocidade da esteira = 5,6 FPM
temperatura do 1º pré-aquecimento = 120 °C
temperatura do pré-aquecimento = 207 °C.

Refusão: usa um conjunto de 12 lâmpadas, 6 superiores e 6 inferiores, sendo cada uma com 500W de potência.

Voltagem superior = 201 V
Voltagem inferior = 201 V
Velocidade da esteira = 5,6 FPM

Resfriamento:

Velocidade da esteira = 6,5 FPM
Temperatura na câmara = 154 °C

Lavar e Secas:

Velocidade da esteira = 6,5 FPM.

13. POLIMENTO ANTES DA SERIGRAFIA

Com a refusão do painel termina o processo propriamente dito de fabricação do circuito impresso, restando apenas a impressão da máscara anti-solda e a simbologia. Porém, antes do painel ir para a serigrafia é necessário fazer um polimento da superfície do estanho-chumbo. Esse polimento tem a função de deixar a superfície do Sn/Pb mais rugosa e com isso, aumentar a aderência da máscara à superfície refundida.

O polimento nesta etapa é idêntico aos demais, apenas mudando a escova para uma de GRID 500 (polimento de superfície soldada), e os parâmetros como:

| | |
|-----------------------|-----------------------------|
| Velocidade da esteira | = 7 - 8 na escala dial; |
| Pressão da escova | = risco de 6 - 8 mm; |
| Pressão da água | = 20 - 30 PSI |
| Oscilação | = 9 -100 na escala do dial. |

14. SERIGRAFIA

Nesta etapa do processo o circuito da placa já se encontra gravado no substrato. Faltam agora as impressões finais da máscara anti-solda e notações serigráficas (simbologia).

A máscara anti-solda, também chamada "solder-resist" é uma cobertura que se aplica serigraficamente sobre o traçado de cobre ou estanho - chumbo, determinando as áreas onde se não efetuadas as soldas. Esta cobertura deve ser relativamente espessa, para que no momento da solda não sejam provocadas aberturas que ocasionariam a presença de solda em locais não desejados. Essa cobertura deve suportar altas temperaturas.

Idealmente, após qualquer operação de solda, a solda adere somente ao furo metalizado com estanho-chumbo, e o componente situado no furo, na realidade, sem máscara anti-solda, a solda não somente penetrará no substrato dielétrico (fibra de vidro e o material plástico pelo qual a placa é fabricada), como também se estenderá através do substrato e causará curto-circuito entre os condutores. Com a aplicação de uma máscara de solda resistente, a possibilidade da liga de solda aderir na superfície da placa é grandemente reduzida.

Atualmente a máscara anti-solda necessita ser aplicada somente no lado da solda (que é o lado que estará em contato com a onda de solda). A máscara anti-solda também atua como uma barreira para prevenir danos no circuito devido a arranhões. Isto também pode prevenir curto-circuito devido a sujeiras que contaminam a superfície. Circuitos impressos que

podem funcionar em condições ambientais de alta umidade são melhores protegidos com a ajuda de máscara anti-solda.

O tipo de máscara anti-solda usada é a que é formada por duas partes epoxi e uma de catalizador; parte epoxi é formada do seguinte composto: XZ15 YK64-618 2/88 que contém : 2 Butoxietanol e Resina epoxi; e o catalizador é o XZ17 que contém: 2 etoxietanol. É utilizado como diluente de tinta o solvente acetona-álcool.

Máscaras com duas partes em epoxi devem ser pesadas e mexidas vigorosamente antes delas serem impressas sobre a placa. Alguma falha na pesagem dos componentes apropriados ou na mistura completa deles pode resultar em faixas com descoloração da máscara, e baixa aderência durante a soldagem.

Os painéis devem ser checados de contaminações, polimento forte para dar rugosidade na superfície da solda, e colocadas em suportes com a mesma orientação, para minimizar a impressão em lado errado do painel.

Máscara anti-solda devem ser removidas com hidrocarbonetos clorados ou com hidrocarbonetos inflamáveis como removedores de máscara à base de Tolueno.

A legenda, ou nomenclatura, é impressa sobre muitos circuitos impressos para identificar áreas do circuito para carregamento e propósitos de testes. A tinta usada para aplicar o filme é usualmente duas partes epoxi, a qual é curada em estufa. Quando as tintas são mexidas, elas são deixadas em repouso durante 30-60 minutos; isto dá ao catalizador e a resina tempo para misturar por uma reação de cura apropriada. Desde que a legenda seja permanente, uma vez ela curada, painéis com legenda impressa devem ser checados para legibilidade e

complementação da imagem impressa. A cura é feita em estufa mufla STANDART MOD. SLE a 150°C , sendo 30 minutos para a máscara e 15 minutos para a simbologia.

As telas serigráficas são componentes vitais no processo de impressão de tintas e coberturas pois definem a espessura da camada de tinta e a precisão serigráfica do circuito. A qualidade da tela está em função de: Estabilidade dimensional do quadro → Deve resistir à torção, empenamento, dilatação, absorção, umidade, etc. Os quadros de aço utilizados na preparação das telas possuem menor dilatação, que se situa em torno de 0,05 a 0,07mm lineares para um aumento de temperatura da ordem de 5°C . Os itens mais importantes nos quadros metálicos são seu perfil e a espessura da parede.

Tipo de fio utilizado:

Utiliza-se telas com fio de poliéster ou aço. Os de aço possuem melhor definição de traçado, sendo por isso os mais indicados para microcircuitos. Têm a desvantagem de poderem deformar (amassar) devido ao mal manuseio. O poliéster oferece excelente estabilidade dimensional, além da durabilidade e uniformidade e boa passagem da tinta pelos fios.

O tensionamento dos fios é um fator que se relaciona com a estabilidade dimensional, depósito de tinta e a vida útil da tela. As garras que prendem a tela são esticadas por meios de pistões pneumáticos e são tensionados em cada direção separadamente. Utilizam-se na confecção de telas serigráficas, basicamente três tipos de poliéster: de 120 fios, 54 fios e de 80 fios. Quanto maior for o número de fios, menos tinta passará pelo poliéster. Na confecção de peças de grande complexida

de, recomenda-se a utilização de poliéster com maior número de fios, o que permitirá melhor definição do traçado. A fixação do poliéster no quadro de alumínio, é feito com a aplicação de um adesivo, de uma resistência muito elevada; o KIWOBOND 930, levando 3 horas para completar a adesão perfeita.

A transferência da arte final (fotolito) do circuito para a tela é feita com o uso de emulsão (Five Star), que se aplica sobre o poliéster. Depois dessa aplicação, coloca-se o fotolito sobre a tela e insere-se uma luz de alta potência sobre ele, fazendo dessa forma a queima da emulsão. O traçado do circuito ficará assim registrado na tela. Com a tela pronta poderá ser iniciado o processo de fabricação do circuito. Ela é colocada sobre uma mesa de impressão (automática), devendo ficar a uma distância de 5mm em relação à peça, evitando assim a deformação da imagem na placa no momento da impressão. A passagem da tinta é feita através de rolos de impressão, que tem dureza controlada. Quanto mais macio o rolo (50-55 HORE), maior a passagem de tinta e menor a definição do traçado. Os rolos mais duros estão entre 75 e 80 HORE. É o rolo que define a quantidade de tinta e a pressão que será exercida sobre a peça. Além desse fator, a velocidade de impressão do rolo, a viscosidade da tinta etc; também influenciam na impressão.

A definição serigráfica os painéis são enviados as estufas para que seja feita a cura em estufa mufla STANDART MOD. SLE, sendo 30 minutos para a máscara anti-solda e 15 minutos para a simbologia; ambos os lados submetidos a uma temperatura de 150°C. A secagem é feita em alta temperatura, para que

o calor propicie a ligação entre as moléculas, eliminando o solvente e permitindo uma melhor aderência.

15. ACABAMENTO (FURAÇÃO CONTORNO)

É a última etapa do processo de fabricação de placas e visa dar o formato definitivo exigido pelo cliente, além dos pontos de fixação com a estrutura do equipamento em que será usado.

As principais operações executadas no acabamento são:

- Contornos: Manual ou C.N.C.
- Chanfros
- Rasgos de polarização
- Furos não metalizados: Manual ou C.N.C.

Contorno:

Pode ser feito de forma ou em equipamento CNC (o mesmo utilizado para furação, só que com ferramentas diferentes).

Chanfros:

São necessários para que haja um fácil encaixe dos conectores aos equipamentos. Normalmente estes chanfros são cerca de 5mm x 45⁰, podendo ser diferente a pedido do cliente. Os chanfros são sempre feitos em máquina manual.

Rasgos de polarização:

Também são utilizados em placas que possuem conectores, a fim de garantir a colocação da placa de forma correta, evitando danos ao equipamento ou à placa. São feitos com uma

serra circular própria para placas, com uma mesa ou um guia.
A espessura do rasgo é dado pela espessura da serra.

Furos não-metâlicos:

São os furos utilizados para a fixação da placa, ou para fazer algum tipo de isolamento sendo frequentemente soli citado pelo cliente.

16. AUDITORIA FINAL (CONTROLE DE QUALIDADE)

O Controle de Qualidade (C.Q.) tem por responsabilidade fiscalizar indiretamente o processo de fabricação das placas de circuito impresso, isto é, controla o resultado atingido após cada etapa de fabricação, baseando-se em normas internacionais de qualidade e parâmetros de processo estabelecidos para atingir a qualidade exigida de uma placa de circuito impresso.

As normas existentes para placas de circuito impresso são: I.P.C., A.B.N.T. e MIL STD. Enquanto os parâmetros são estabelecidos pela Engenharia de Processo.

As placas de circuito impresso, durante o seu processo de fabricação, são submetidas a testes com a finalidade de se verificar a conformidade de determinada característica com relação ao especificado. Além disso, são realizados ensaios para se verificar o comportamento geral da placa impressa perante condições severas, como altas temperaturas, umidade, etc.

Os testes e ensaios realizados durante a fabricação são:

- Corte metalográfico - 1ª Metalização (furos metalizados);
- Corte metalográfico - após corrosão (pistas e furos metalizados);
- Corte metalográfico - após refusão (pistas e furos metalizados);
- Corte metalográfico - após soldagem (furos metalizados);

- Medições: camada de Sn/Pb; camada de cobre, camada de níquel e camada de ouro;
- Aderência da metalização do traçado condutor;
- Porosidade do ouro;
- Empenamento e torção da placa;
- Soldabilidade dos furos metalizados;
- Aderência da máscara de solda;
- Cama de pregos.

O Controle de Qualidade é exercido antes, durante e depois do processo.

Antes - consiste em controlar a qualidade das matérias-primas recebidas dos fornecedores.

Durante - O C.Q. durante o processo de fabricação, divide-se em duas partes: Inspeções e Auditoria.

Inspeções:

São feitas inspeções após cada etapa de fabricação em 100% das peças.

Auditoria:

Checa a qualidade da peça pronta em todas as partes possíveis de controle.

Depois - Confiabilidade, atua no sentido de tentar prevenir o desempenho do produto nas mãos do cliente.

São feitos relatórios diários de defeitos que no final de cada mês, servirá para elaborar um relatório mensal de feitos/setores que permitirão acompanhar o desempenho de cada área em termos de qualidade de fabricação. Os vários tipos

de defeitos, são codificados para facilitar a elaboração desses relatórios.

16.1- Procedimentos Operacionais

Título: Inspeção de documentação.

Objetivo:

Verificação dos documentos enviados pelo cliente.

Procedimento básico:

Verificar a distância entre as faces, sobrepondo o lado de solda sobre o lado de componentes; se não existem pistas serrilhadas, semi-interrompidas e interrompidas; verificar fetolito de máscara, falta de isolação ou isolações ã mais e ãreas isoladas; verificar fotolito de simbologia, definição das letras, símbolos e distorções com o fotolito do lado de componentes; especificar todos os tipos de retrabalhos a serem feitos, espaçamento entre trilhas/ilhas, se não existem pistas finas inferiores ã 0,20mm com lupa graduada.

Título: Inspeção de diazos de produção

Objetivo:

Verificação da condição geral do filme.

Procedimento básico:

Verificar condições gerais do filme; se não existem protuberâncias indesejáveis; se não há pistas semi-interrompidas,

interrompidas, curtos, verificar cópia comparando-a com a original do cliente; se não existem resíduos indesejáveis.

Título: Inspeção Fotoprocesso (Dry Film).

Objetivo:

Verificação da foto exposição e revelação.

Procedimento básico:

Verificar centralização do filme (diazó) na placa; eliminar pistas semi-interrompida, interrompida, curtos e rebarbas no furo; testar aderência do riston pressionando uma fita adesiva com rolo e puxá-la no sentido de baixo para cima; se não há nuvem de riston; se todos os furos estão metalizados ; se não há riscos profundos no laminado.

Título: Inspeção Pós-Refusão dos circuitos e refusão.

Objetivo:

Verificação.

Procedimento básico:

Verificar continuidade das trilhas, se não existem protuberância indesejáveis; se não há falta/falha de metalização na superfície e furos; se não há desmolhagem diminuindo o diâmetro dos furos; se não existem oxidações na superfície e furos; verificar conector se houver; se não há pistas finas.

Título: Inspeção Final

Objetivo:

Verificação do produto final.

Procedimento básico:

Verificar aspecto visual da impressão da máscara anti-solda; se não há resíduos sob a máscara que possam prejudicar o funcionamento da placa; se não há tinta sobre ilhas (ponto de solda); se não existe condutor exposto; testar aderência da máscara e simbologia com uma fita adesiva, pressionando-a com rolo e puxando-a no sentido de baixo para cima; se a simbologia está impressa do lado certo; se os símbolos e números estão legíveis; empenamento numa mesa totalmente plana.

Para fins de recebimento de placas de circuito impresso, os testes geralmente são direcionados para as condições específicas de uso, ficando a cargo do usuário determinar quais testes julga terem maior ou menor importância, de acordo com as condições de operação da placa.

17. EMBALAGEM

As placas são fornecidas em embalagem de filme plástico flexível transparente, termo - encolhível e condicionados em caixas de papelão duro que suportam perfeitamente o peso de seu conteúdo.

Cada embalagem contém a identificação do conteúdo, além do código de modelo, quantidade, peso total do volume e data de embalagem.

As placas são dispostas nas caixas em um leito envolvente de rebarbas de papel a fim de amortecer eventuais choques mecânicos decorrentes do transporte ou armazenagem.

As placas de circuito impresso de fabricação ITAUCAM, são garantidas por 6 meses; quanto a oxidação e eficiência de solda, desde que as condições de armazenamento e manipulação sejam respeitadas.

18. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em uma análise geral, em relação ao estágio realizado, é notado uma falta de programação maior por parte da empresa com o estagiário.

O estágio compreendeu, mais em acompanhamento da produção, tendo em vista, o objetivo da empresa em preparar um profissional de nível superior, por um longo tempo, para desempenhar uma função de Supervisor de Produção, junto à engenharia de processo. Com isto, ficou inviável o desenvolvimento de um trabalho particular.

Devido a isto, apresento na íntegra todo o fluxograma e algumas analogias teóricas sobre a produção de circuito impresso.

19. CONCLUSÕES

O estágio realizado na ITAUCAM - Itautec Componentes da Amazônia, foi muito proveitoso, beneficiando o estagiário, e dando uma oportunidade de participar e acompanhar da produção de circuito impresso, bem como pôr em prática os conhecimentos adquiridos na Universidade, fornecendo mais uma parcela de amadurecimento e aprimoramento na formação técnica profissional.

Para os ensaios, foram confeccionadas amostras de diferentes etapas do processo de fabricação, como através de corte metalográfico, soldabilidade manual, ensaio através de aparelhos para determinação da espessura de camadas como: Sn/Pb, cobre, níquel e ouro; utilizando equipamentos como: Microderm (Mod. 800), que se utiliza raios beta para determinar a espessura da camada de metais eletrodepositados (em um); Caviderm (Mod. CD7), mede a resistência (em um) do cilindro de cobre que é o furo metalizado; Nickelderm (Mod. N80), mede pelo efeito Hall. Mede devido a propriedade magnética do níquel com precisão de 15%. São estes ensaios os responsáveis pelo bom desempenho da produção.

Apesar de serem considerados materiais de difícil fabricação, os circuitos impressos necessitam de uma real atenção por parte de todos que o produzem, para que só assim se consiga obter uma alta produtividade, com um baixo índice de rejeito.

20 . BIBLIOGRAFIA

- . ANTUNES, Ulisses. CIRCUITO IMPRESSO: PROJETO, FABRICAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE - CETEC - Centro Técnico e Cultural.
- . BAENA, Sidney. PERFIL PRODUTIVO DE CIRCUITO IMPRESSO - ITAU CAM.
- . JOHN, K., PERRIN, G.G. Jr, SIMOLIUNAS S. e TOMSON A. LIQUID. PHOTORESISTS FOR FINE LINE IMAGING - PC FAB, December / 1987.
- . METAL PARTS AND STAMPINGS, FABRICATED - COPPER-ELECTRONICS DESK MANUAL. 1985/86.
- . POTTING AND ENCAPSULATING COMPOUNDS - EPOXY COMPOUNDS - MICROELECTRONIC MANUFACTURING AND TESTING. DESK MANUAL . 1985.
- . ART BURKHART, HYSOL ELECTRONIC CHEMICALS, INDUSTRY, CA - THE THIRD - GENERATION EPOXIES - CIRCUITS MANUFACTURING - February - 1988. pgs. 43-45.
- . LYLE, R. WALLIG, DUPONT Co., WILMINGTON, DECOMING SOON: THE IDEAL LAMINATE - CIRCUITS MANUFACTURING - January/1988 , pgs. 25-27.

- . BRIAN F. JOBSON, MARKETING MANAGER - ETCHING AND GRAPHICS ,
MACDERMID, Inc., WATERBURY, CONN - PROCESSING STEPS ,
APPLICATIONS FOR POSITIVE DRY FILM PHOTORESISTS -ELECTRI -
ONICS - October/1985, pgs. 38-41.
- . P.W. HIRTH, H. SPECKHARDT e K. STALLMANN - Falhas em peças
galvanizadas e como encontrar soluções. Revista Tratamen
to de Superfície - GALVANOPLASTIA/1980. pgs. 22-23.