

DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS DE CRESCIMENTO SELETIVO DE OURO PARA CIRCUITOS HÍBRIDO
EM FILME FINO

MÁRCIA R. FINARDI

MOACIR BARNETT

CÉLIO A. FINARDI

CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO - CPqD - TELEBRÁS
ROD. CAMPINAS MOGI MIRIM-SP340 Km 118,5 Cep 13085 CAMPINAS - SP

O trabalho apresenta a técnica de crescimento seletivo de camada de ouro sobre substratos cerâmicos metalizados a vácuo, desenvolvida na Coordenação de Área de Circuitos Híbridos do CPqD - Telebrás. Nesta técnica gera-se nos substratos metalizados guias com fotorresiste de alta resolução (AZ 4620) para crescimento de ouro eletrolítico somente nas áreas dos circuitos. Obteve-se pistas condutoras de 4 micra de espessura com excelente definição até dezenas de micra, na fabricação de circuitos híbridos em filme fino para microondas (CIM).

1. INTRODUÇÃO

O trabalho tem como objetivo apresentar a técnica de crescimento seletivo de camadas de ouro sobre substratos cerâmicos metalizados a vácuo, desenvolvida no CPqD - Telebrás para fabricação de circuitos híbridos em filme fino.

Basicamente pode-se resumir as vantagens desta técnica em relação a convencional - subtrativa, nos seguintes aspectos:

- maior facilidade de processamento
- melhor definição de geometrias
- melhor rendimento de fabricação
- minimização de custos

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Denomina-se circuitos em filme fino, os circuitos em que a películas metálicas são depositadas sobre um substrato de material isolante, por processos de metalização a vácuo, e a partir destes depósitos obtem-se elementos passivos integrantes do circuito, através de fotolitografia e ataques químicos seletivos. A combinação dos elementos passivos (resistores, indutores, capacitores e condutores) com outros componentes eletro-eletrônicos discretos ativos ou passivos no mesmo substrato, classifica-se como circuitos híbridos em filme fino.

3. SUBSTRATOS METALIZADOS

Os substratos empregados na fabricação de circuitos híbridos em filme fino são em geral de materiais cerâmicos, com a finalidade de suporte físico ou meio de propagação de ondas eletromagnéticas.

Na linha do CPqD emprega-se substratos de alumina, ferrite e quartzo metalizados a vácuo por pro-

cessos de pulverização catódica em um sistema de "sputtering" DC (Sputron II Balzers).

Os Substratos para híbridos com resistores integrados são metalizados com três camadas na seguinte sequência:

- a) nitreto de tântalo (1000 Angstroms) para formação de resistores (deposição reativa em atmosfera de nitrogênio).
- b) níquel-Cromo 80/20 (300 a 500 Angstroms) como barreira de interdifusão.
- c) ouro (1000 a 2000 Angstroms) para pistas condutoras.

4. CRESCIMENTO ELETROLÍTICO (ELETRODEPOSIÇÃO)

Os substratos metalizados apresentam a camada condutora muito fina (evitando-se grandes perdas de material de alto custo), insuficiente para a maioria das aplicações em circuitos híbridos. Para obter camadas mais espessas de ouro emprega-se um processo químico de eletrodeposição sobre o filme depositado a vácuo.

Com esta técnica obtem-se películas com espessuras entre 1 e 10 micra, dependendo do tipo de aplicação. Para redução da resistência ôhmica, emprega-se espessura da ordem de 1,5 e 2,0 micra de ouro eletrodepositado, e no caso de circuitos de alta frequência (CIM) a película deve ser da ordem de três vezes a espessura de penetração (efeito pelicular) para a menor frequência de operação dos circuitos.

A etapa de eletrodeposição dependendo do processo de fabricação, poderá ocorrer logo após a metalização, ou após a fotogração.

No caso de técnica subtrativa, engrossa-se a camada de ouro em toda a superfície do substrato, definindo-se posteriormente as áreas do circuito com a remoção dos metais na fotogração.

Na técnica de crescimento seletivo, limita-se o crescimento às áreas do circuito, através da definição das mesmas com resina fotossensível (fotorresiste) na etapa de fotogração I, continuando-se o processamento na fotogração II, para os ataques químicos necessários e definição dos resistores. (Figura 1)

Esta última técnica apresenta algumas vantagens como:

- melhor resolução nas geometrias, pois o fotorresiste atua como guia de crescimento de ouro, eliminando-se problemas de ataques laterais que ocorrem na subtrativa devido a espessura do metal condutor.

- economia de material, devido ao crescimento do ouro somente nas áreas do circuito, representado em alguns casos redução de 80% do material engrossado.

- redução do tempo de processamento principalmente na etapa de ataque químico, pois só ocorrerá a remoção de ouro metalizado.

- maior rendimento de fabricação, pois não ocorrem os tempos longos de remoção química, evita-se defeitos nas pistas condutoras.

- facilidade na confecção do lay-out do circuito, não sendo necessário considerar os efeitos de corrosão no dimensionamento do mesmo.

5. CRESCIMENTO SELETIVO

Apresenta-se inicialmente uma seqüência comparativa das técnicas de fabricação de circuitos híbridos em filme fino (Figura 1), descrevendo-se em seguida as etapas de processamento para formação de condutores até 4 micra de espessura de ouro pela técnica de crescimento seletivo.

5.1. FOTOGRAVAÇÃO I

Na primeira fotografação aplica-se fotorresiste positivo sobre substratos metalizados à vácuo, expondo-se a ultra-violeta com a fotomáscara de condutores para definição das guias de engrossamento de ouro.

O fotorresiste escolhido além de compatível com as etapas subsequentes de processamento, deve possibilitar a obtenção de camadas com espessuras sempre maior que a de ouro a ser eletrodepositada.

Neste processo selecionou-se o fotorresiste AZ 4620 (American Hoescht) aplicado em um espalhador centrífugo a 5000 rpm durante 50 segundos, obtendo-se camadas com $4,7 \pm 0,3$ micra. As exposições foram realizadas em luz ultra-violeta de $\lambda = 400\text{nm}$ durante 15 segundos, empregando-se na revelação Developer AZ 400k diluído.

5.2. ENGROSSAMENTO ELETROLÍTICO

Para o crescimento de ouro nas regiões delineadas pelo fotorresiste (Figura 2), emprega-se duas soluções eletrolíticas de alta pureza a base de cianeto duplo de potássio e ouro fornecidos pela Henkel do Brasil.

A primeira solução de ouro Aurobond TN é empregada como toque (striking) antes do engrossamento, assegurando boa aderência da camada final. A solução Pur A Gold 401 do tipo neutra produz os depósitos espessos com pureza de 99,99%, combinando propriedades de excelente soldabilidade e alta resistência à corrosão.

5.3. ATAQUE QUÍMICO I

Após a eletrodeposição o fotorresiste é removido

do substrato com acetona a quente, seguida de uma limpeza a base de ácido sulfúrico e lavagem em água deionizada corrente.

No primeiro ataque químico remove-se a camada de ouro metalizado e do material de barreira com soluções micro-etch seletiva. Na corrosão rápida de ouro empregou-se uma solução cianídrica comercial Oxytron NX da Henkel do Brasil e na remoção de níquel-cromo, solução de nitrato cérico amoniacal com ácido acético e água destilada.

Após estas etapas obtém-se o substrato com as pistas de ouro engrossadas e com o filme resistivo. Deve-se observar que além do tempo de remoção de ouro ser pequeno (da ordem de 10 vezes menor que na técnica subtrativa), não há necessidade de proteger o ouro nos substratos com plano terra (verso da lâmina), pois ocorrerá uma pequena corrosão superficial nesta camada equivalente a espessura do filme metalizado.

5.4. FOTOGRAVAÇÃO II

Esta fotografação é empregada para definição das áreas resistivas do circuito, mascarando-se o filme de nitreto de tântalo na região dos resistores.

Neste processo aplica-se fotorresiste positivo AZ 1350 J nos substratos a 3000 rpm durante 20 segundos, obtendo-se espessura de 1,2 micra.

Após a exposição a luz ultra-violeta ($\lambda = 400\text{nm}$) com a fotomáscara de resistores, revela-se a resina com Developer AZ 351 diluído.

5.5. ATAQUE QUÍMICO II

Na corrosão do filme de nitreto de tântalo, empregou-se uma solução a base de ácido fluorídrico, ácido nítrico e água destilada, removendo-se em seguida o fotorresiste em acetona quente e procedendo-se a uma limpeza com ácido sulfúrico e lavagem em água deionizada corrente.

6. RESULTADOS

Com este processo pode-se definir estruturas com larguras de 15 micra, com ótima resolução nas guias de fotorresiste AZ 4620 e excelente reprodutibilidade. Esta técnica apresentou uma série de vantagens, principalmente na fabricação de componentes com estruturas interdigitais (p.ex. acopladores de Lange).

Realizaram-se testes quantitativos de aderência em substratos com camada de ouro crescida seletivamente, obtendo-se valores da ordem de 500 psi (valor mínimo aceitável de aderência 100 psi), sem ocorrer deslocamento da camada depositada.

Para avaliar-se qualitativamente a soldagem de componentes e microssoldagem em circuitos fabricados por esta técnica, confeccionaram-se microlinhas de transmissão de 50 ohms com bloqueio DC através de um capacitor wafer de 20 pF. Os contatos inferiores dos capacitores foram fixados na pista de ouro com pasta de solda SB 62, e os contatos superiores foram interligados as microlinhas por microssoldas (técnica termossônica) com fios de ouro de 25,4 micra. Estas estruturas foram caracterizadas em frequência (2 a 8 Ghz)

apresentando perdas da ordem de 0,1 dB/cm, valores experimentais próximos dos esperados teoricamente.

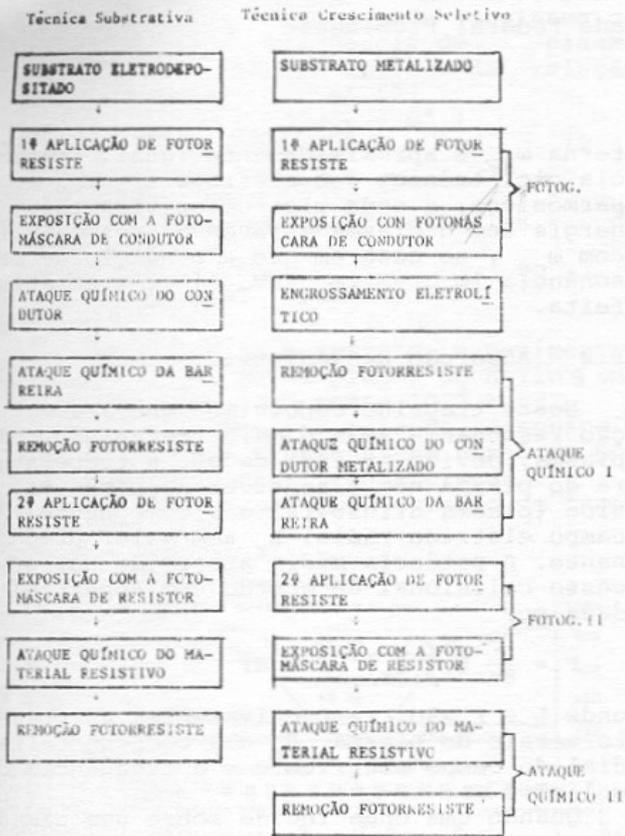


FIGURA 1 - Técnicas de processamento subtrativa e crescimento seletivo.

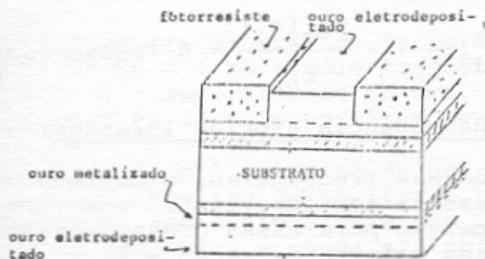


FIGURA 2 - Configuração de um substrato metalizado com camada de ouro crescida seletivamente. Com este processo obteve-se película de ouro com 4 micra de espessura, com uma taxa de crescimento de 0,13 micron/min.

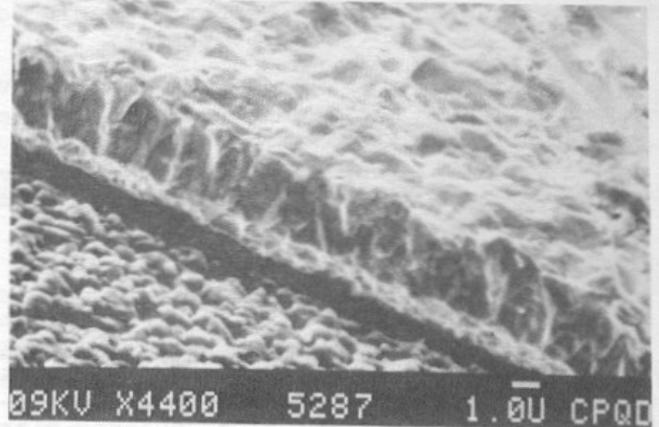


FOTO I - Detalhe de pista condutora obtida pelo processo de crescimento seletivo. (Ampliação 4.400 X)

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a colaboração de Alexander Flacker, Maria Filomena C. J. dos Santos, Maria Helena O. Silva, Rogério R. Peixoto e Silvio C. Ordine, do Grupamento de Processos em Filme Fino do CPQD da Telebrás, no desenvolvimento deste trabalho.

8. BIBLIOGRAFIA

- 8.1. M. Caulton - Film Technology in Microwave Integrated Circuits - Proceedings of the IEEE October 1971;
- 8.2. L.I. Maissel, R. Glang - Handbook of Thin Film, Mc Graw - Hill, 1970
- 8.3. 1986 Master Buying Guide - Semiconductor International.