

TÉCNICAS DE FABRICAÇÃO DE ELEMENTOS CONCEN
TRADOS POR TÉCNICAS DE BOMBARDEAMENTO A
VÁCUO.

José Luiz de Albuquerque Moraes,*
Paulo César Soares de Paula*
Megumi Saito,
Dr. José Kleber da Cunha Pinto,
Alexandre Flacker e
Tereza Mori

Laboratório de Microeletrônica,
Escola Politécnica, Universidade de
São Paulo, Caixa Postal 8174
05508 - São Paulo, SP.

Neste trabalho é abordada a utilização da tecnologia de bombardeamento a vácuo para a obtenção de elementos concentrados passivos a serem empregados em circuitos integrados monolíticos de microondas em frequências de até 12 GHz.

Microondas, Concentradores Passivos

* Este trabalho foi realizado no IME-USP e foi financiado pela TELEBRÁS através do contrato TELEBRÁS-IME 062.

* Atualmente trabalhando na NEC do Brasil S.A. (Centro de Desenvolvimento Tecnológico) - Rod. Pres. Dutra Km 218, 07000 Guarulhos, SP.

1- INTRODUÇÃO

Os circuitos integrados monolíticos de microondas vêm sendo utilizados de maneira cada vez mais expressiva nos últimos anos, devido principalmente à sua boa performance e baixo custo, quando comparados aos circuitos integrados híbridos de microondas.

Parte do sucesso no emprego desta tecnologia se deve ao uso de circuitos a elementos concentrados planares (Capacitores, Indutores, Resistores, etc.), que proporcionam grande economia de espaço na construção dos "chips".

O presente trabalho é parte de um projeto que visa a construção de circuitos integrados monolíticos de microondas sobre substrato de GaAs, para operar em frequências de até 12 GHz.

Inicialmente todas as etapas de construção destes elementos foram realizadas sobre substrato de alumina, devido ao alto custo do GaAs. Após o estabelecimento de técnicas confiáveis, os elementos estudados foram reproduzidos sobre substrato de GaAs.

Foram desenvolvidas técnicas para a fabricação de:

- 1) Capacitores MOM.
- 2) Capacitores Interdigitais.
- 3) Indutores espirais em ponte ("air bridges").

Por fim foi projetado e construído um amplificador contendo 3 indutores planares, 2 capacitores interdigitais, 2 capacitores MOM e uma resistência planar de filme-fino, sobre substrato de alumina, operando em 12 GHz. Um amplificador sobre GaAs está em desenvolvimento para operar em 9 GHz.

2- ETAPAS DE FABRICAÇÃO DE CAPACITORES MOM

Os capacitores MOM estudados possuíam a estrutura da figura 1.



O material isolante utilizado foi o Óxido de Silício (SiO_2), obtido através de CVD ("Chemical Vapour Deposition") e o metal foi o Au, obtido por "Sputtering" seguido de eletrodeposição. A fim de melhorar a aderência do Au ao substrato utilizou-se uma camada de 200 Angstroms de Ni-Cr, quando se tratava de alumina e 200 Angstroms de Titânio, no caso do Arseneto de Gálio.

O equipamento disponível para deposição de filmes a vácuo ("Sputtering") não é adequado à obtenção de filmes óxidos. Por isso utilizou-se o processo CVD, que propicia filmes com espessuras entre 2000 e 10000 Angstroms.

As etapas de processamento para obtenção de capacitores MOM são as seguintes:



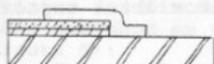
- 1) Deposição a vácuo de Ni-Cr e Au.



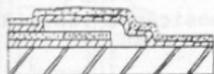
- 2) Fotogravação e etching Au/Ni-Cr.



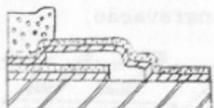
- 3) Deposição de SiO₂ CVD



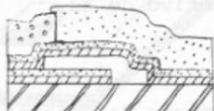
- 4) Fotogravação e etching de SiO₂.



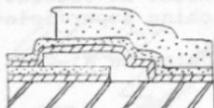
- 5) Deposição a vácuo de Ni-Cr e Au.



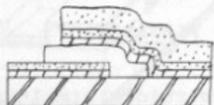
- 6) Fotogravação.



- 7) Crescimento eletrolítico seletivo de Au.



- 8) Remoção do Fotoresiste.



- 9) Etching superficial de Au/ Ni-Cr.

3- ETAPAS DE FABRICAÇÃO DE CAPACITORES INTERDIGITAIS

Os capacitores interdigitais (Figura 3) vêm sendo largamente utilizados em circuitos integrados monolíticos de microondas devido ao seu baixo custo de fabricação, quando comparado aos capacitores MOM.

Pode-se obter, com esta estrutura, valores de capacitância entre 0.2 e 1 pF, cujos efeitos parasitários estejam dentro de limites aceitáveis para a construção de circuitos, como amplificadores, em frequências da ordem de 12 GHz.

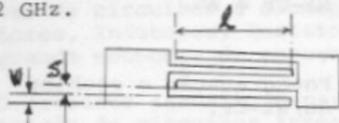
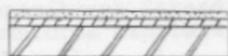


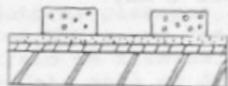
FIGURA 3

Para que um elemento de circuito possa ser considerado concentrado, a sua maior dimensão deve ser inferior a 1/10 do comprimento de onda na estrutura utilizada. Por este motivo, capacitores interdigitais com dedos da ordem de 10 micra são bastante utilizados em frequências da banda X [1]. No nosso caso, conseguimos obter capacitores com $w=s=5$ micra (vide figura 3).

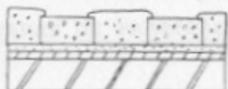
As etapas de processamento destes capacitores são as seguintes:



- 1) Deposição a vácuo de Ni-Cr e Au.



- 2) Fotogração.



- 3) Crescimento eletrolítico seletivo de Au.



- 4) -Remoção do fotoresiste
-Etching superficial de Au.
-Etching de Ni-Cr.

4- ETAPAS DE FABRICAÇÃO DE INDUTORES PLANARES

Estes elementos (Figura 5) são construídos simultanea-

mente aos capacitores interdigitais, sendo portanto as suas etapas de fabricação idênticas àqueles.



FIGURA 5

5- ETAPAS DE FABRICAÇÃO DE INDUTORES ESPIRAIS EM PONTE

Possuem tipicamente a estrutura mostrada na figura 6 e diferem do indutor da fig. 5b apenas na ponte, que tem a função de prover um contato elétrico sem a necessidade de fios de solda. Seu uso é mais difundido em circuitos monolíticos, onde a utilização de fios de solda não é recomendável.

As etapas de fabricação de indutores espirais em ponte são as seguintes (a fim de facilitar a compreensão, serão mostrados desenhos em três dimensões do detalhe mostrado na figura 6):

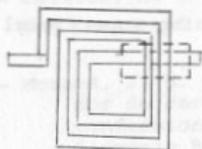
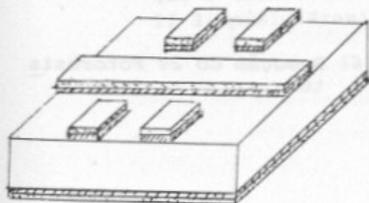
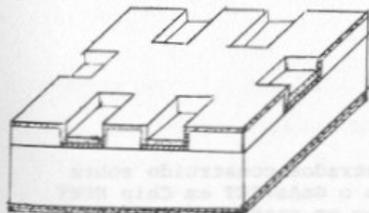


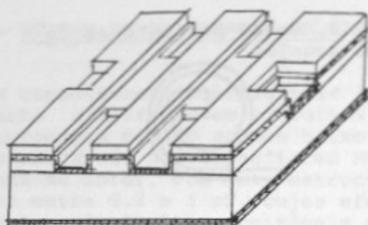
FIGURA 6



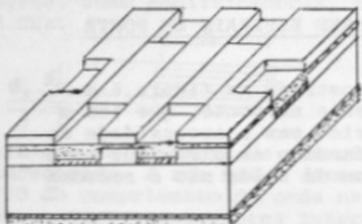
- 1) Deposição a vácuo de Ti e Au.
Fotogravação.
Etching de Au/Ti.
Remoção do Fotoresistete.



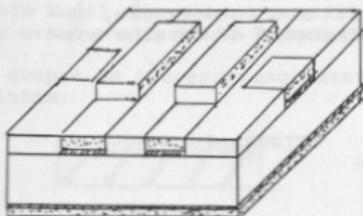
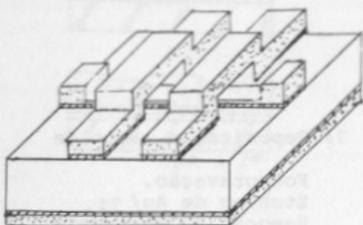
- 2) Fotogravação.
Deposição a vácuo de Au.



3) Fotogração



4) Crescimento eletrolítico seletivo de Au.

5) Remoção do 3º fotoresis-
te.
Etching superficial de
Au6) Remoção do 2º Fotoresis-
te.

6- CONCLUSÕES

O amplificador a elementos concentrados construído sobre substrato de alumina, utilizando o GaAs-FET em Chip HPET 1000 da Hewlett Packard, forneceu um ganho de Potência de

10.7 dB em 12 GHz (Ganho teórico de 11.3 dB), numa banda de 1 dB de 500 MHz. Os resultados experimentais foram considerados suficientemente próximos dos teóricos, para podermos afirmar que os elementos concentrados construídos se encontram dentro das especificações técnicas do projeto elétrico. Tal conclusão pode ser também tirada a partir da caracterização elétrica realizada antes do projeto do amplificador anteriormente citado [2].

A partir dos resultados a serem obtidos do amplificador semi- monolítico sobre GaAs , que está em fase de testes poder-se-a concluir definitivamente da possibilidade de construção de circuitos integrados com a tecnologia que já nos é disponível [3].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1]- Caulton, M. - "Lumped Elements in Microwave Integrated Circuits" - Advances in Microwaves, A. Press vol 8
- [2]- Moraes, J. L. de A. e Pinto, J. K. da C. Dr - "Métodos de caracterização de Elementos Concentrados confeccionados com técnicas de filmes-finos". Simpósio Brasileiro de Microeletrônica - 1983.
- [3]- Saito, M. e Pinto, J. K. da C. Dr - "Projeto, Construção e Caracterização de GaAs-FET" II Simpósio Brasileiro de Microeletrônica - 1982.