

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP

Departamento de Engenharia Eletrônica

ISSN 1413-2206

BT/PEE/9609

**Determinação de Parâmetros de
Processo para Fotomáscara
"Balzers" Utilizando Gerador de
Padrões**

**Jorge Seki
Megumi Saito**

São Paulo - 1996

O presente trabalho é um resumo da dissertação de mestrado apresentada por Jorge Seki, sob orientação do Prof. Dr. Megumi Saito: "Desenvolvimento de Técnica de Confecção de Fotomáscaras/Reticulos Usando Gerador de Padrões", defendida em 27/02/96, na Escola Politécnica.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na biblioteca de Engenharia de Eletricidade da Escola Politécnica/USP.

Seki, Jorge

Determinação de parâmetros de processo para fotomáscara "Balzers" utilizando gerador de padrões / J. Seki, M. Saito. -- São Paulo : EPUSP, 1996.

14p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Eletrônica, BT/PEE/9609)

1. Fotolitografia (Microeletrônica) I. Saito, Megumi II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Eletrônica III. Título IV. Série

ISSN 1413-2206

CDD 621.381

DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE PROCESSO PARA FOTOMÁSCARA "BALZERS" UTILIZANDO GERADOR DE PADRÕES

Jorge Seki*
Megumi Saito**

RESUMO

Este trabalho visa a obtenção dos **valores dos parâmetros de processo otimizados** para a confecção de fotomáscaras de cromo (Balzers LRC45BL02Q2506-AZ1350J) utilizando Gerador de Padrões "Research Devices" modelo "Imagem 100". As variáveis de processo a serem determinadas e otimizadas são o tempo de exposição, tempo de revelação e a concentração do revelador ("Shipley" MF312). Para isto, analisamos a relação entre a revelação e exposição em função de outros parâmetros do processo, principalmente a concentração do revelador, que é a principal variável que define a qualidade final da imagem formada [1].

ABSTRACT

This work aims the obtainment of optimized process parameters values to be used in the processing of chrome photomasks (Balzers LRC45BL02Q2506-AZ1350J) using Research Devices Pattern Generator model Imagem 100. The process variables to be established and optimized are the exposure time, developing time and the developer concentration (Shipley MF312). For this purpose, we analyze the relation between developing and exposure parameters in function of other process parameters, mainly the developer concentration, wich is the most important variable in determining the final quality of formed image [1].

* bolsista de mestrado Fapesp E mail: JSEKI@LME.USP.BR

**professor-doutor LME-DEE-EPUSP E mail: MSAITO@LME.USP.BR

1.0. INTRODUÇÃO

Dentro do processamento do fotorresiste, as etapas mais importantes são a **exposição** e a **revelação**.

A revelação é a etapa onde a imagem é efetivamente formada. Esta deve apresentar **larga latitude** [2] para uma compensação tanto das variações dos parâmetros nas etapas anteriores como também das suas próprias variações [1][3] e também para permitir um controle da largura da imagem de dimensões críticas [2].

Dentro da etapa de revelação, os parâmetros mais importantes são a **concentração** do revelador e o **tempo de revelação**.

A exposição está relacionada ao equipamento de exposição e a variável **tempo de exposição** está associado a parâmetros tais como: objetiva (lente), filtro e difusor.

O Gerador de Padrões instalado no Laboratório de Microeletrônica da USP (LME) é um equipado de baixo custo, com resolução nominal de até duas micra e é dotado de um sistema óptico de exposição composto por uma lâmpada de arco de mercúrio e um conjunto de lentes objetivas com escalas de 40X; 20X; 10X; e 5X. Quanto maior a objetiva utilizada maior é a resolução obtida sobre a imagem no fotorresiste. Possui ainda um filtro selecionável passa faixa de $\lambda_c = 435.8\text{nm}$ (filtro "bp") ou um filtro passa baixa $\lambda_c \sim 410\text{nm}$ (filtro "lp") e também um filtro verde $\lambda_c = 538.9\text{nm}$ (filtro "bpv") cujas curvas espectrais são mostradas na figura 1.

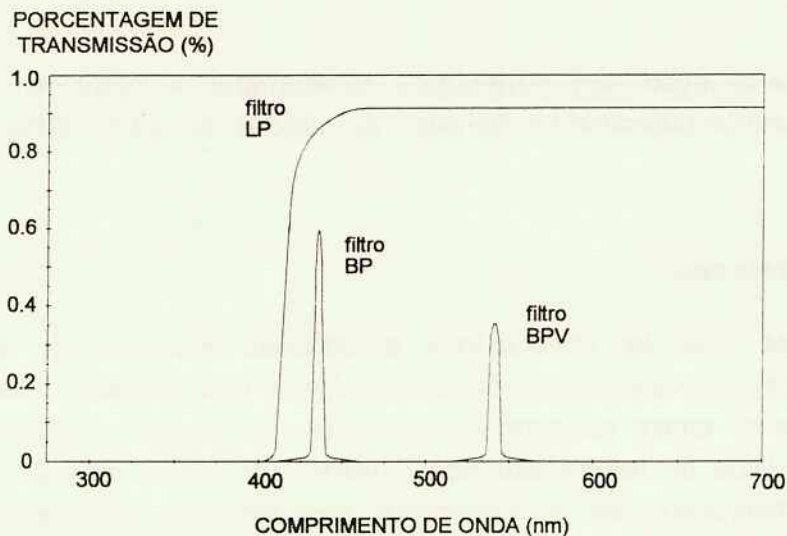


Figura 1. Filtros de interferência utilizados no Gerador de Padrões: filtro "bp", (435.8nm), filtro "lp" (passa baixa $\lambda_c \sim 410\text{nm}$) e filtro "bpv" (538.9nm). Porcentagem de transmissão em função do comprimento de onda.

Também possui conjunto de difusores (filtros de densidade neutra) os quais são nomeados como: "Light"; "Med"; e "Heavy".

Quanto maior a eficiência do difusor, maior a homogeneidade da luz projetada sobre o fotorresiste. Contudo, isto diminui a energia incidente sobre o fotorresiste.

Por fim o equipamento possui como facilidade para a edição dos leiautes o programa AutoCAD 10 convenientemente modificado para se adaptar ao sistema óptico de projeção.

A fotomáscara "Balzer" utilizada possui filme de fotorresiste positivo AZ1350J de 0.5µm de espessura e cobertura de uma camada anti-refletora. A etapa de revelação foi realizada por método convencial utilizado no LME, ou seja por imersão (processo úmido) utilizando o revelador MF312 ("Shipley"). Para realizarmos o teste da concentração do revelador, utilizamos 3 concentrações diferentes: 1:1, 1:1.5 e 1:2 (revelador:água). A temperatura ambiente durante a realização dos experimentos foi de aproximadamente 26°C. As medidas de espessura realizadas com o profilômetro "Tencor Alpha-step 100".

Pode se entender como parâmetros otimizados, aqueles que permitem obter uma geometria sobre o fotorresiste com um bom contraste e com um bom rendimento.

2.0. ESTUDO DA REVELAÇÃO

Antes de mais nada, deveremos determinar critérios para a determinação da concentração do revelador e do tempo de revelação. Para definirmos estes critérios devemos considerar que a revelação deve apresentar **larga latitude**. Também devemos considerar a **solubilidade diferencial** [2]. Esta pode ser entendida como a diferença entre taxa de remoção seletiva da área exposta e taxa de ataque do resiste nas regiões não expostas, deve ser a maior possível. Por fim, a revelação deve permitir um bom **contraste** da imagem final [1].

Para a determinação dos parâmetros relacionados à revelação, fixamos os parâmetros de exposição utilizados no Gerador de Padrões: lente 20X, filtro "lp" e difusor "light".

a) Solubilidade diferencial

Primeiramente deve ser observada a solubilidade diferencial do revelador. Na prática ocorre um ataque indesejável do filme não exposto pelo revelador, que é função da sua concentração e do tempo de permanência dentro da solução. A figura 2 mostra o comportamento do filme de fotorresiste não exposto, em função da sua permanência dentro da solução reveladora para as 3 diferentes concentrações. Foi utilizado um tempo de exposição suficiente na abertura da janela para medida do degrau. Observamos na figura 2 que, quanto maior a concentração do revelador maior é a taxa de ataque da solução reveladora sobre o fotorresiste não exposto. Também vemos que:

- não é recomendada a utilização da concentração 1:1, pois em aproximadamente 15s o fotorresiste não exposto será totalmente removido.
- com concentração 1:1.5 devemos utilizar tempos de revelação abaixo de 15s, que permite uma redução de espessura menor que 0,1µm. Notamos também que a superfície do fotorresiste torna-se rugosa dificultando as medidas com o profilômetro.
- a concentração 1:2 apresenta menor ataque às regiões não expostas. Esta concentração é recomendada para tempos de revelação longos (30 ~ 50s), pois permite uma redução de espessura menor que 0,03µm.

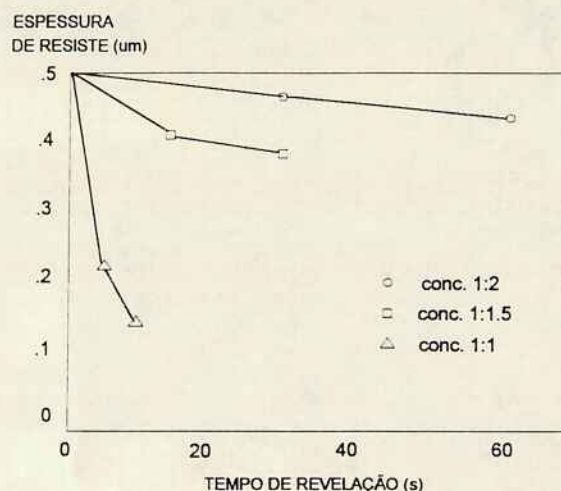


Figura 2. Ataque do revelador sobre o fotorresiste AZ1350 não exposto em função do tempo de revelação, tendo como parâmetro diferentes concentrações do revelador.

A concentração do revelador que permite o melhor ataque diferencial é o revelador diluído 1:2.

Concluimos que deve-se tomar cuidado com a concentração do revelador, pois caso se utilize um revelador de alta concentração a taxa de solubilidade diferencial é muito pequena. Deve-se, neste caso, utilizar filmes de fotorresiste mais espessos, mas teremos com isto a perda da resolução.

Estrutura de Teste Utilizada

Para obtenção de valores de tempo de exposição/revelação para uma geometria sub ou sobre-exposta foi utilizada uma estrutura em forma de "zíper", como mostrado nas figuras 3 e 4. Isto porque a medida de largura de linha é complicada de se realizar no laboratório. Da exposição desta estrutura obtém-se uma medida, pela simples visualização no microscópio, dos valores dos tempos de exposição/revelação correspondentes à geometria obtida. Em cada linha o tempo de exposição utilizado é crescente e para cada quadrado da linha de baixo, o valor do tempo de exposição é o mesmo do quadrado da linha superior que o toca.

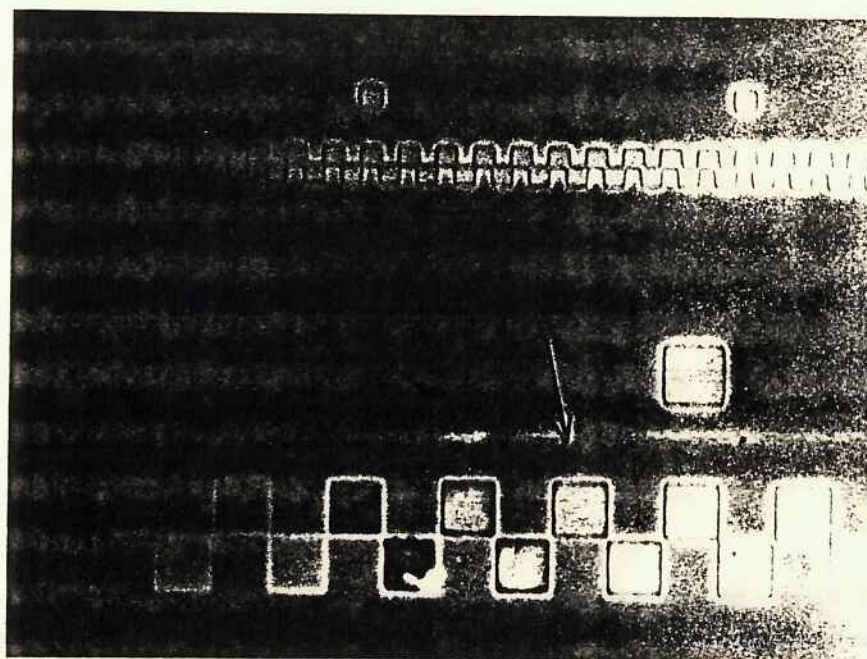


Figura 3. Quadrados com tempo de exposição crescente. Tempo de revelação e outros parâmetros de revelação/exposição fixos. A seta indica o quadrado que pode ser considerado como sub-exposto.

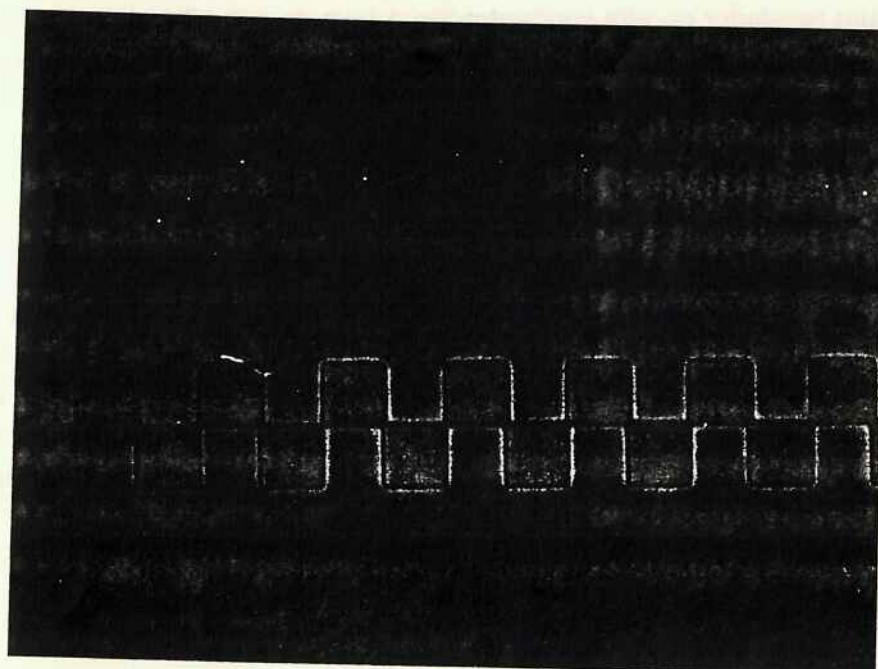


Figura 4. Quadrados com tempo de exposição crescente. Tempo de revelação e outros parâmetros de revelação/exposição fixos. A seta indica o quadrado que pode ser considerado como sobre-exposto.

b) Latitude do Processo de Revelação

Vimos que a etapa de revelação deve permitir uma larga latitude para termos uma "facilidade de reprodução" ou de formação de imagem, principalmente em dimensões críticas [1][2][3]. Para termos uma idéia da latitude de revelação devemos ter uma **relação do tempo de revelação em função do tempo de exposição**. A figura 5 apresenta as curvas que mostram esta relação tendo como parâmetro a concentração do revelador. Estas curvas possuem uma faixa de largura finita que permite definir a latitude de processo. Para obtermos estas curvas utilizamos a estrutura em "zíper", onde podemos observar os quadrados com sub-exposição e com sobre-exposição e seus respectivos tempos de revelação/exposição.

No gráfico da figura 5-a foi utilizada uma concentração 1:2 (rev.:água), enquanto que a curva da figura 5-b foi utilizada uma concentração (1:1.5).

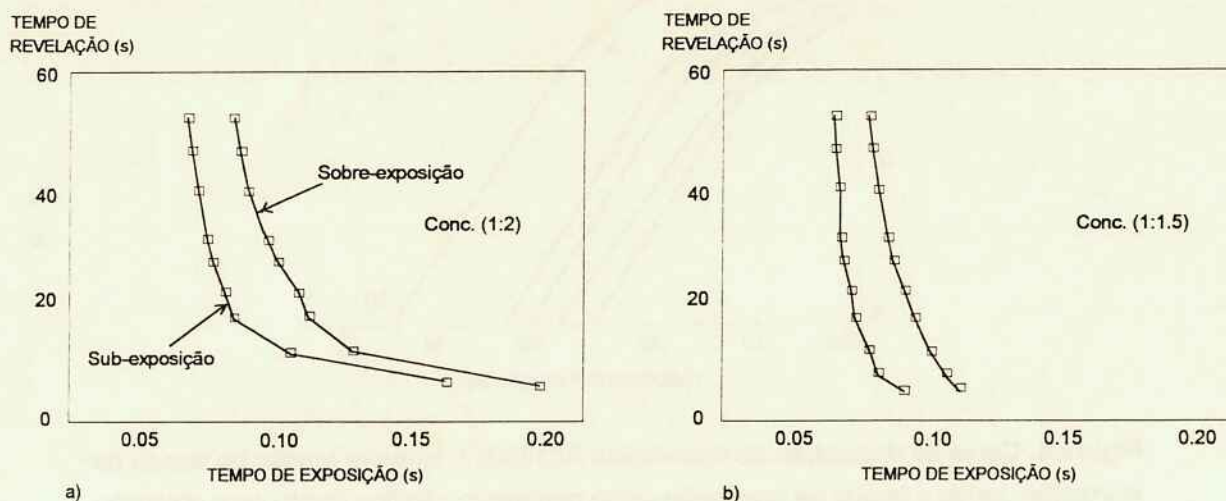


Figura 5. Gráfico do tempo de revelação em função do tempo de exposição.
a)Concentração 1:2 (rev.:água). b)Concentração 1:1.5 (rev.:água). Dimensão das geometrias utilizadas: $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$.

Em cada uma destas figuras, a curva à esquerda representa o tempo mínimo para a abertura de uma janela de $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ (sub-exposição), enquanto a curva da direita representa a mesma janela de $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ com uma pequena sobre-exposição.

Vemos que maiores tempos de exposição apresentam maiores latitudes de processo. Tempos de revelação abaixo destes valores tomam o processo crítico, pois não teremos um bom controle sobre a largura de linha. Uma pequena variação no tempo de revelação altera totalmente as doses, ou os tempos de exposição necessários para a total sensibilização do resiste.

Para obtermos uma boa latitude para as duas concentrações concluímos que:

- para a concentração 1:2 devemos trabalhar com um tempo de revelação acima de 20s.
- para a concentração 1:1.5 devemos trabalhar com um tempo de revelação acima de 10s.

Tempos de revelação longos permitem um controle sobre a largura de linha, devido a uma pequena alteração no tempo de revelação não alterar os tempos de exposição ótimos².

d)Contraste

A figura 6 mostra a curva de dissolução obtida experimentalmente para o fotorresiste AZ1350J 0.5 μ m para 5 diferentes condições de revelação e exposição.

Os parâmetros: tempo de revelação e concentração utilizados para a obtenção desta curva são mostrados na tabela 1.

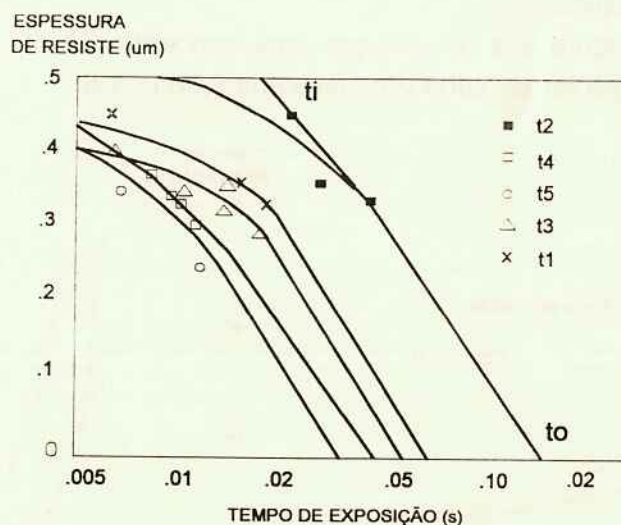


Figura 6. Curva de dissolução do fotorresiste AZ1350J 0.5 μ m em função do tempo de exposição, tendo o tempo de revelação como parâmetro. Gráfico usado para obtenção do contraste e a sensibilidade do fotorresiste.

Tabela 1. Tempos de revelação e concentração utilizados no gráfico da figura 6.

curva	tempo de revelação (s)	concentração (rev:água)	sensibilidade (s)	γ
t1	30	1:2	0.07	1.2
t2	5	1:2	0.14	1.2
t3	60	1:2	0.06	1.2
t4	15	1:1.5	0.045	1.0
t5	30	1:1.5	0.035	1.1

Os valores dos contrastes γ calculados utilizando a expressão (1) para as curvas obtidas e mostradas na figura 6 estão resumidos na tabela 1 [1][4].

$$\gamma_p = [\log(D_p^i / D_p^0)]^{-1} \quad (1)$$

onde:

D_p^0 : relativo ao tempo de exposição t_0 .

D_p^i : relativo ao tempo de exposição t_i .

Com estes valores concluímos que:

- com diluição 1:2 obtemos contraste ligeiramente melhor;
- quanto menor a concentração do revelador, menor é a sensibilidade do resiste.

e) Discussões

Para nossas aplicações específicas de exposição e revelação chegamos às seguintes conclusões experimentais:

- revelador com diluição 1:2: O uso de um tempo de revelação de **30s** permite obter uma boa latitude de processo com um bom contraste.
- revelador com diluição 1:1.5: O uso de um tempo de revelação de **15s** permite uma boa latitude de processo. Apresenta uma menor solubilidade diferencial e menor contraste contudo maior sensibilidade em comparação ao revelador (1:2).

3.0. ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE OS TEMPOS DE EXPOSIÇÃO

A curva tempo de revelação x tempo de exposição (como as da figura 5) é muito útil, pois podemos observar, além da latitude de processo, também a relação que existe entre as diferentes condições de exposição (ou também de revelação) no tempo de exposição.

Para obtermos estas relações vamos comparar as curvas de tempo de revelação em função do tempo de exposição, sempre com uma das objetivas igual a **20X**, para podermos ter uma referência fixa e assim para visualizarmos o efeito da utilização de diferentes **lentes, difusores, filtros** sobre o tempo de exposição.

Obs.: Os parâmetros de revelação foram mantidos fixos e realizados com revelador MF312 com diluição (1:2), tempo de revelação= 30s que foram considerados como os parâmetros otimizados para os nossos propósitos.

a) Lentes diferentes

As figuras 7 a 9 mostram a relação entre os tempos de exposição/revelação, para as lentes de 40X, 20X, 10X e 5X com os parâmetros filtro e difusor constantes e iguais a "lp" e "light".

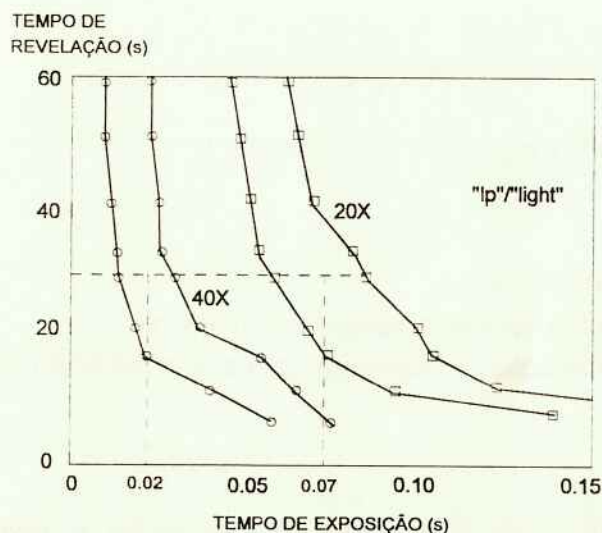


Figura 7. Relação entre o tempo de revelação e tempo de exposição para lentes 20X e 40X, mantidas as demais condições de exposição (filtro "lp"/difusor "light") e também as de revelação fixas.

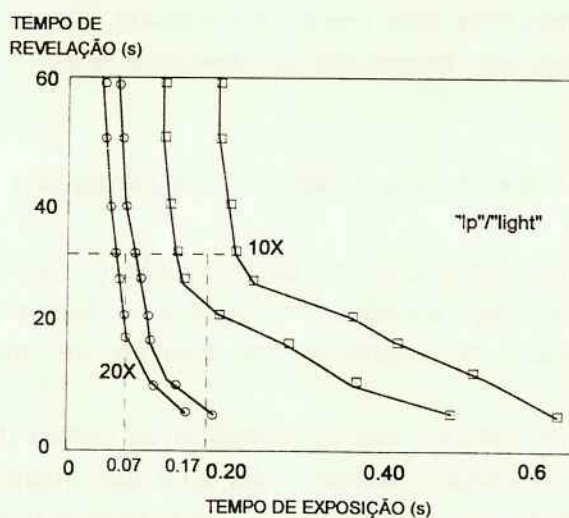


Figura 8. Relação entre o tempo de revelação e o tempo de exposição para lentes 20X e 10X, mantidas as demais condições de exposição (filtro "lp"/difusor "light") e também as de revelação fixas.

Nota-se os altos valores de tempo de exposição envolvidos com o uso da lente de 5X. Veremos que, em todas estas curvas mostradas e também para as outras seguintes, para valores de tempo de revelação acima de 25s, a alteração em um único parâmetro de

exposição/revelação acarreta um deslocamento das curvas na direção horizontal. Os tempos de exposição são alterados de forma proporcional e, como veremos, a **relação** que existe entre os tempos de exposição pela alteração em um único parâmetro (aqui no caso a objetiva) de exposição é mantida, mesmo que se utilize um outro conjunto de exposição (filtro, difusor) ou outro parâmetro de revelação.

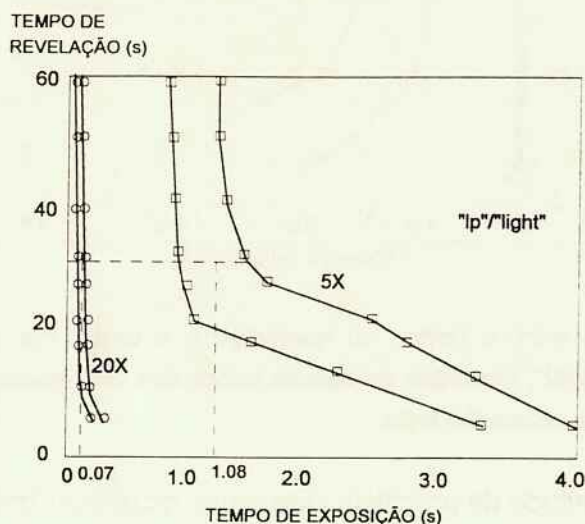


Figura 9. Relação entre o tempo de revelação e o tempo de exposição para lentes 20X e 5X, mantidas as demais condições de exposição (filtro "lp"/difusor "light") e também as de revelação fixas.

b) Difusores diferentes

As figuras 10 e 11 mostram a relação que existe entre os tempos de exposição/revelação para diferentes difusores e outros parâmetros fixos.

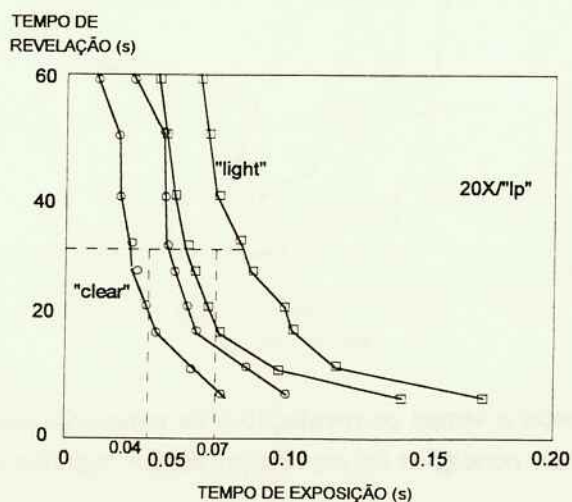


Figura 10. Relação entre o tempo de revelação e o tempo de exposição para os difusores "clear" e "light", mantidas as demais condições de exposição (filtro "lp"/lente 20X) e também as de revelação fixas.

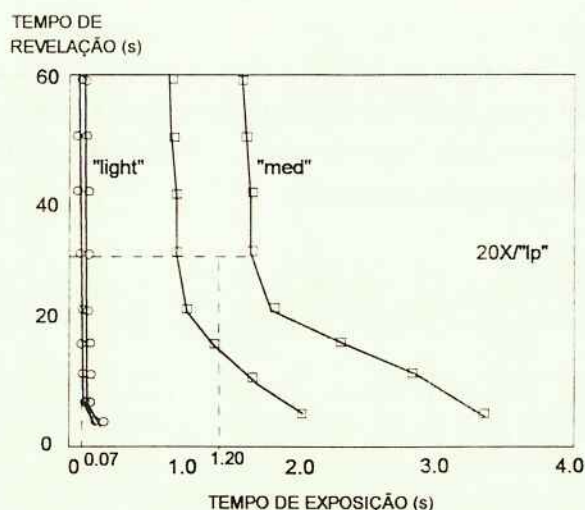


Figura 11. Relação entre o tempo de revelação e o tempo de exposição para os difusores "med" e "light", mantidas as demais condições de exposição (filtro "lp"/lente 20X) e também as de revelação fixas.

Nota-se a larga latitude de processo com o uso do difusor "med", contudo um tempo de exposição relativamente alto.

c) Filtros diferentes

A figura 12 mostra a relação que existe no tempo de exposição/revelação, entre os filtros "lp" e "bp" com os outros parâmetros fixos.

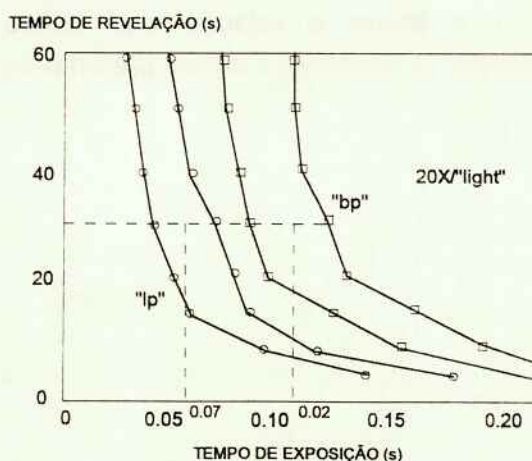


Figura 12.. Relação entre o tempo de revelação e de exposição para os filtros "bp" e "lp", mantidas as demais condições de exposição (difusor "light"/lente 20X) e também as de revelação fixas.

Nota-se que com o filtro "lp" os tempos de exposição são menores que em comparação ao filtro "bp". Contudo o uso de uma larga banda de iluminação (filtro "lp") dá margem à origem de aberrações cromáticas no sistema óptico, como resultado da dependência do índice de refração da lente com o comprimento de onda, que causa uma perda do contraste da imagem formada [1].

d) Geometrias Grandes e Geometrias Pequenas

Quando a geometria a ser exposta for grande (com dimensão X ou Y próximas à máxima abertura da lente) poderão ocorrer problemas de homogeneidade de exposição decorrentes da desuniformidade da lâmpada. Este fato é mais pronunciado quando se utiliza o difusor na posição "clear", como mostrado na figura 13. Nesta figura temos geometrias de $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ expostas juntamente com geometrias de $5\mu\text{m} \times 250\mu\text{m}$ (geometrias próximas à mínima e máxima abertura da lente de 20X) utilizando, em ambas, o mesmo tempo de exposição. Pode-se notar que o tempo de exposição utilizado está otimizado para o quadrado de $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$, mas o retângulo de $5\mu\text{m} \times 250\mu\text{m}$ (uma linha) apresenta falhas nas extremidades, devido a não uniformidade da luz. Para melhorar isto, poder-se-ia utilizar um tempo de exposição maior, contudo, isto acarretará numa sobre-exposição na geometria menor. Para melhorar a homogeneidade é necessário utilizar um difusor "light" ou "med".

Nota-se, na figura 14 que com o difusor "med" a exposição anterior fica com a imagem sobre o fotorresiste melhorada para ambas as geometrias (grandes e pequenas). Isto mostra que: quanto melhor a eficiência do difusor, melhor a uniformidade da geometria obtida sobre o fotorresiste contudo maiores devem ser os tempos de exposição como mostram as curvas da figura 11.

Figura 13. Geometrias pequenas ($5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$) expostas conjuntamente com geometrias grandes ($5\mu\text{m} \times 250\mu\text{m}$) utilizando-se difusor na posição "clear". Nota-se problemas de uniformidade de exposição para as geometrias grandes.

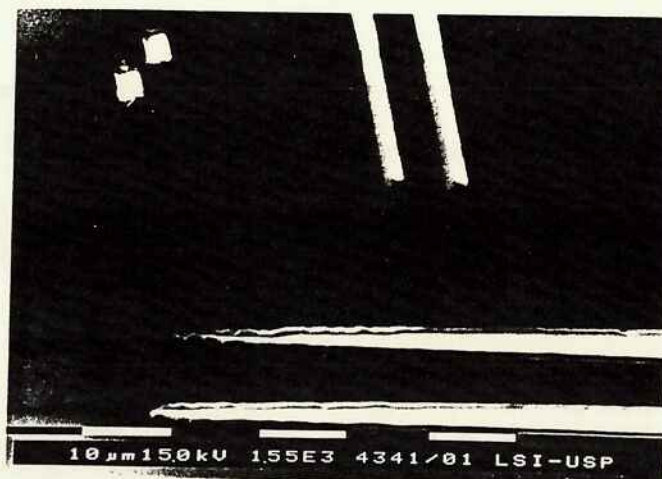
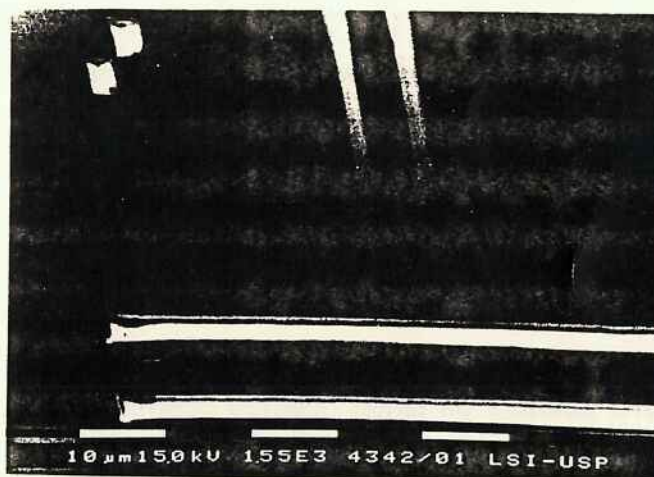


Figura 14. Geometrias pequenas ($5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$) expostas conjuntamente com geometrias grandes ($5\mu\text{m} \times 250\mu\text{m}$) utilizando-se difusor "med". Nota-se que a uniformidade de exposição para as geometrias grandes é boa, contudo o uso do difusor "med" aumenta em demasia o tempo de exposição.



e) Determinação das Dimensões Mínimas de cada Objetiva

Pelos resultados obtidos e pelo estudo realizado, pode ser considerado como o melhor conjunto para se obter as **dimensões mínimas** para cada objetiva o conjunto: filtro "bp" e difusor "med" (deve ser salientado que estes parâmetros não são os melhores quando se considera o rendimento). Com estes parâmetros de exposição e mais com os valores de tempos de exposição mostrados na tabela 2 e realizando a revelação com os parâmetros otimizados obtidos anteriormente obtivemos os resultados mostrados nas figuras 15 a 18 para a exposição de quadrados. O quadrado com um canto arredondado indica uma imagem obtida sobre o fotorresiste com contraste degradado.

Tabela 2. Tempo de exposição utilizados para a determinação das dimensões mínimas de cada objetiva. Filtro "bp" e difusor "med". Parâmetros de revelação: revelador MF312; concentração 1:2 e tempo de revelação de 30s.

	40X	20X	10X	5X
"expose time" (s)	0.60	2.3	5.8	40.0

Figura 15. Exposição de quadrados de $1\mu\text{m}$ e $2\mu\text{m}$ com lente de 40X. Nota-se que o quadrado de $1\mu\text{m}$ apresenta-se arredondado, ou seja com o contraste degradado. Já o quadrado de $2\mu\text{m}$ apresenta-se com contraste aceitável (seta). Substrato de cromo sobre vidro.

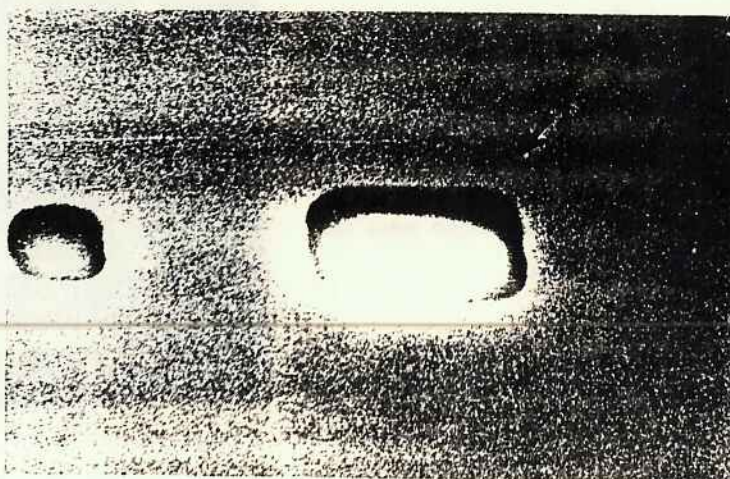


Figura 16. Exposição de quadrados de $2\mu\text{m}$, $4\mu\text{m}$ e $8\mu\text{m}$ com lente de 20X. Nota-se que o quadrado de $2\mu\text{m}$ apresenta-se arredondado e o quadrado de $4\mu\text{m}$ apresenta-se com contraste aceitável (seta). Substrato de cromo sobre vidro.

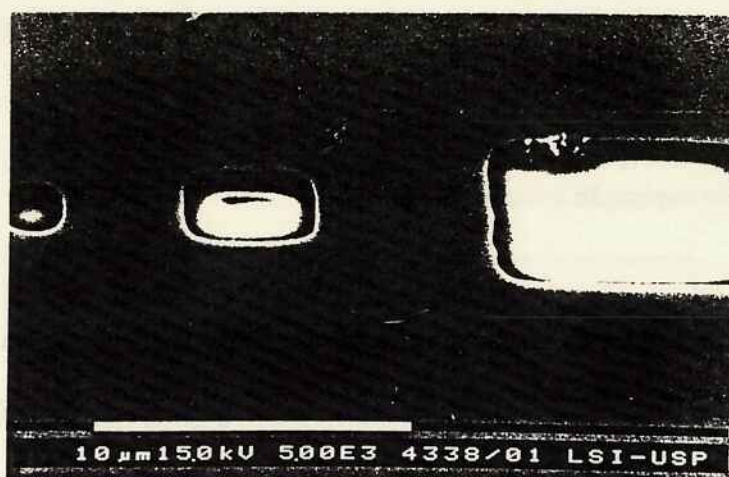


Figura 17. Exposição de quadrados de $4\mu\text{m}$, $8\mu\text{m}$ e $10\mu\text{m}$ com lente de 10X. Nota-se que os quadrados de 4 e $8\mu\text{m}$ apresentam-se com contraste aceitável (setas). Substrato de cromo sobre vidro.

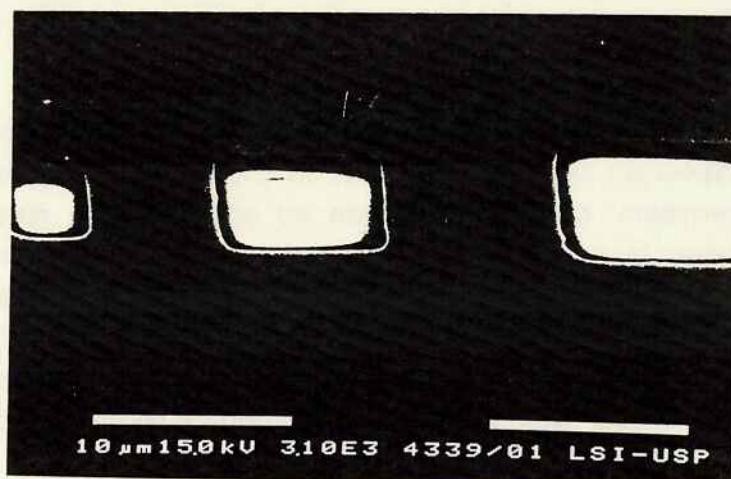
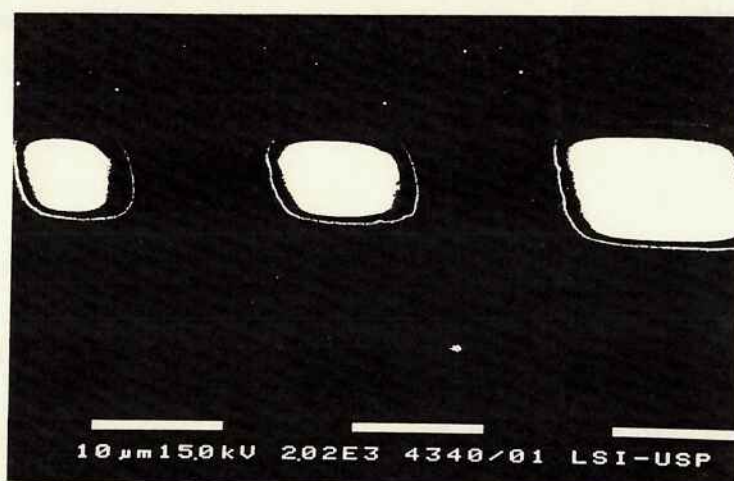


Figura 18. Exposição de quadrados de $8\mu\text{m}$, $10\mu\text{m}$ e $15\mu\text{m}$ com lente de 5X. Nota-se que todos estes quadrados apresentam os cantos arredondados, ou seja com péssimo contraste. Substrato de cromo sobre vidro.



Destas exposições podemos considerar como as dimensões mínimas de cada lente, as mostradas na tabela 3.

Tabela 3. Dimensão mínima de cada lente obtida utilizando os parâmetros otimizados de exposição e revelação.

	40X	20X	10X	5X
dimensão mínima (μm)	2	4	4	20

Nota-se pelas figuras 16 e 17 que a lente de 10X permite uma resolução próxima a da lente de 20X.

f) Discussões

Foi obtido uma relação que permite uma visualização do efeito no tempo de exposição devido à utilização de diferentes condições de exposição. As figuras 7 a 12 permitem, caso seja alterado ou utilizado uma revelação com variáveis diferentes e determinado o tempo de exposição para um dado conjunto de lente/filtro/difusor, obter o tempo de exposição para as outras condições. Por exemplo, supondo que para uma dada condição de revelação tenha sido obtido um tempo de exposição de 0.03s com a lente de 20X, filtro "lp" e difusor "clear", o tempo de exposição para a mesma lente/filtro mas agora com difusor "light" pode ser (observando a figura 10) obtido por uma regra de três simples: $0.03 \times 0.07 / 0.04 \cong 0.055$, ou seja de 0.055s.

Também foi caracterizada a resolução mínima de cada objetiva utilizando os parâmetros de processo otimizados para o fotorresiste. Observa-se que a resolução nominal de duas micra é obtida já com contraste um pouco degradado.

- [1] Moreau, Wayne M. - SEMICONDUCTOR LITHOGRAPH: PRINCIPLES, PRACTICES AND MATERIALS. Plenum Press, New York, 1988.
- [2] Elliott, David J.- INTEGRATED CIRCUIT FABRICATION TECHNOLOGY, McGraw-Hill, USA, 1982.
- [3] Chery A. Deckert Debra A. Peters - "PROCESSING LATITUDE IN PHOTORESIST PATTERNING", Solid State Tech., January 1980.
- [4] "GUIDELINES FOR PUBLICATION OF HIGH RESOLUTION RESIST PARAMETERS", Solid State Tech., June 1984.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PEE/93-01 - Oscilador a HEMT - 10 GHz - FÁTIMA S. CORRERA, EDMAR CAMARGO
 BT/PEE/93-02 - Representação Senoidal da Voz através dos Polos do Filtro Predictor - MARCELO B. JOAQUIM, NORMONDS ALENS
 BT/PEE/93-03 - Blindagens por Grades Condutoras: Cálculo do Campo Próximo - LUIZ CEZAR TRINTINALIA, ANTONIO ROBERTO PANICALI
 BT/PEE/93-04 - Sistema de Otimização e Controle de Produção em Minas de Pequeno e Médio Porte - TSEN CHUNG KANG, VITOR MARQUES PINTO LEITE
 BT/PEE/94-01 - Determinação das Frases de Aplicação Forense para o projeto NESPER e Tese de Mestrado IME/94, com Base em Estudos Fonéticos - MARCONI DOS REIS BEZERRA, EUVALDO F. CABRAL JUNIOR
 BT/PEE/94-02 - Implementação e Teste de uma Rede Neural Artificial do Tipo KSON (Kohonen Self-Organizing Network) com Entradas Bidimensionais - MARCELO YASSUNORI MATUDA, EUVALDO F. CABRAL JR.
 BT/PEE/94-03 - Transformada de Walsh e Haar Aplicadas no Processamento de Voz - ALEXANDRE AUGUSTO OTTATI NOGUEIRA, THIAGO ANTONIO GRANDI DE TOLOSA, EUVALDO F. CABRAL JÚNIOR
 BT/PEE/94-04 - Aplicação de Redes Neurais ao Problema de Reconhecimento de Padrões por um Sonar Ativo - ALEXANDRE RIBEIRO MORRONE, CRISTINA COELHO DE ABREU, EDUARDO KOITI KIUKAWA, EUVALDO F. CABRAL JR.
 BT/PEE/94-05 - Tudo que se Precisa Saber sobre a Prática da FFT - Transformada Rápida de Fourier (Inclui Software) - ROGÉRIO CASAGRANDE, EUVALDO F. CABRAL JR.
 BT/PEE/94-06 - A Survey on Speech Enhancement Techniques of Interest to Speaker Recognition - CELSO S. KURASHIMA, EUVALDO F. CABRAL JR.
 BT/PEE/94-07 - Identificação de Pulsos Decádicos em Linhas Telefônicas - ANTONIO P. TIMOSZCZUK, MÁRCIO A. MATHIAS, EUVALDO F. CABRAL JR.
 BT/PEE/94-08 - Implementação e Teste de Filtros do Tipo Adaptativo e "Notch" para a Remoção de Interferência de 60 Hz em Sinais de Eletrocardiograma - FLÁVIO ANTÔNIO MENEGOLA, JOSÉ AUGUSTO DE MATTOS, JOSÉ GOMES G. FILHO, SIDNEY SILVA VIANA, EUVALDO F. CABRAL JR.
 BT/PEE/94-09 - Compressão de Sinais de Voz utilizando Transformadas de Karhunen-Loève, Fourier e Hadamard - IVAN LUIS VIEIRA, LUIZ FERNANDO STEIN WETZEL, EUVALDO F. CABRAL JR.
 BT/PEE/94-10 - "Ray Tracing" Paralelo - EDUARDO TOLEDO SANTOS, JOÃO ANTONIO ZUFFO
 BT/PEE/94-11 - Implementação de uma Ferramenta Posicionador para "Gate-Arrays" Tipo Mar de Portas - JORGE W. PERLAZA PRADO, WILHELMUS A. M. VAN NOIJE
 BT/PEE/94-12 - Tudo que se Precisa Saber Sobre a Teoria da FFT - Transformada Rápida de Fourier - FÁBIO LUÍS ROMÃO, REINALDO SILVEIRA, ROGÉRIO CASAGRANDE, EUVALDO CABRAL JR.
 BT/PEE/94-13 - Análise do Ruído Sonoro em uma Sala de Aquisição de Amostras de Som com Microcomputador - FÁBIO LUÍS ROMÃO, REINALDO SILVEIRA, EUVALDO CABRAL JR.
 BT/PEE/94-14 - Cor: Aspectos Relevantes para Visualização de Dados - SÍLVIA DELGADO OLABARRIAGA
 BT/PEE/94-15 - Projeto de Filtros Digitais IIR com Fase Aproximadamente Linear Utilizando Redução de Ordem - IVAN F. J. RODRIGUES, MAX GERKEN
 BT/PEE/94-16 - GERA-FILTRO: Sistema para Projeto Automático de Filtros Digitais "IIR" (da especificação em alto nível ao leiaute do "ASIC") - RICARDO PIRES, JOSÉ VIEIRA DO VALE NETO
 BT/PEE/94-17 - Redes Neurais Artificiais Aplicadas à Identificação de Pulsos Decádicos em Linhas Telefônicas - ANTONIO P. TIMOSZCZUK, EUVALDO F. CABRAL JR.
 BT/PEE/95-01 - Estudo Comparativo de Métodos de Cálculo da Frequência Fundamental - MARCOS COSTA HUNOLD, EUVALDO F. CABRAL JR.
 BT/PEE/95-02 - Combinando Técnicas de Redes Neurais Artificiais e Informações de Excitação no Reconhecimento Automático do Locutor - ANDRÉ BORDIN MAGNI, EUVALDO F. CABRAL JR.
 BT/PEE/95-03 - Utilização de Redes Neurais Artificiais para Detecção e Identificação de Falhas em Circuitos - MÁRCIO YUKIO TERUYA, ROBERTO AMILTON BERNARDES SÓRIA, EUVALDO CABRAL JR.
 BT/PEE/95-04 - Uso de Redes Neurais Artificiais no Reconhecimento de Locutores no Domínio Temporal - BENEDITO JOSÉ BARRETO FONSECA JÚNIOR, EUVALDO CABRAL JÚNIOR
 BT/PEE/95-05 - Projeto de Filtros Passivos e Ativos em Técnicas de Circuitos Integrados de Microondas - DAVID VIVEIROS JÚNIOR, DENISE CONSONNI
 BT/PEE/95-06 - Uma Análise de *Clustering* para as Frases de Projeto NESPER - RONALDO OLIVEIRA MESSINA, EUVALDO F. CABRAL JR.
 BT/PEE/9507 - Controle com Estrutura Variável e Modos Deslizantes - Um Estudo para Aplicação em Controle Carga-frequência da Geração - JOSE PAULO F. GARCIA, JOCELYN FREITAS BENNATON
 BT/PEE/9508 - Recuperação das Margens de Ganho e de Fase para Sistemas de Fase Não Mínima por Realimentação da Saída - MARCO H. TERRA, VITOR M. P. LEITE
 BT/PEE/9509 - Sistema de Inspeção Óptica de Dispositivos Bi-Dimensionais - CASIMIRO DE ALMEIDA BARRETO, PEDRO LUÍS PRÓSPERO SANCHEZ
 T/PEE/9510 - Sistema de Partículas Uma Poderosa Técnica de Animação em Computação Gráfica - RENATO CURTO RODRIGUES, JOÃO ANTÔNIO ZUFFO
 BT/PEE/9511- Efeito de Ruídos em Sinais de Voz Visualizados em Trajetórias Neurais de Kohonen - CELSO S. KURASHIMA, EUVALDO F. CABRAL JR.
 BT/PEE/9601 - "Um Reconhecedor de Sinais Sonoros Utilizando LVQ" - ALEXANDRE TORNICE, EUVALDO CABRAL JR.
 BT/PEE/9602 - "Coleção Artificial Neural Networks: Uma Visão Geral dos Sistemas Neurais Artificiais de Stephen Grossberg" - CHIU HSIUNG HUANG
 BT/PEE/9603 - "Reactively-Sputtered TiN Formation Using a RF Magnetron System"- SÉRGIO PAULO AMARAL OSÓRIO, LUIZ SÉRGIO ZASNICOFF
 BT/PEE/9604 - Aspectos em Tradução de Linguagens Naturais Através de Redes Neurais Artificiais - CARLOS EDUARDO DANTAS DE MENEZES, EUVALDO F. CABRAL JR.
 BT/PEE/9605 - Implementação de Blocos Passa-Tudo Utilizando Realimentação de Erro - SÉRGIO JOSÉ CARNEIRO LEÃO, MAX GERKEN
 BT/PEE/9606 - Coleção *SANN group* Redes Neurais Artificiais: A Rede Neural de Sakoe - ANDRÉ BORDIN MAGNI, EUVALDO F. CABRAL JR.

BT/PEE/9607 - Coleção *SATM group* Redes Neurais Artificiais: A Rede Neural de Steinbuch - ROBERTO AMILTON BERNARDES SÓRIA, EUVALDO F. CABRAL JR.

BT/PEE/9608 - Desenvolvimento de uma Estrutura de Duplo Nível de Metal para a Confeccção de Interconexões em Circuitos Integrados - JOSÉ AUGUSTO DE ALENCAR PEREIRA, LUIZ CARLOS MOLINA TORRES