

# **Desenvolvimento de processo fotolitográfico utilizando copiadora de fotomáscara como alternativa à escrita direta a laser**

Bolsista Irací da Anunciação Pereira (CTI) iapereira@cti.gov.br

## **Resumo**

*Este trabalho apresenta um desenvolvimento de processo fotolitográfico com polímero do tipo AZ utilizando copiadora de fotomáscara como opção ao uso de escrita direta a laser, visando larguras de linha próximas a 1,2  $\mu\text{m}$ . As medidas para largura das linhas e espaços das estruturas de teste, caracterizadas por microscopia óptica, são comparadas com os valores iniciais presentes nas máscaras fotolitográficas utilizadas para as transferências de padrões.*

*Palavras-chave: Escrita direta, fotolitografia, fotomáscara.*

## **1. Introdução**

A fotolitografia, ou litografia óptica, é um processo usado em micro fabricação para gerar padrões digitais em uma superfície e /-ou transferi-los de uma superfície para outra. O processo ocorre quando um polímero fotossensível é exposto a uma fonte de luz que passa através de uma fotomáscara contendo o padrão que se deseja transferir. Um dos polímeros que o mercado especializado oferece é o fotorresiste AZ5214, que é composto de resina novolak e diazida de naftoquinona como composto fotoativo (PAC), sendo capaz de transferir imagens no modo positivo ou negativo em relação à fotomáscara (DIFFUSION IN, 1987).

A escrita direta é uma técnica de transferência de padrão que dispensa o uso de fotomáscaras pois utiliza as informações digitais para sensibilizar o polímero (H. ULRICH at all, 1987). O equipamento alocado na DINAM – CTI (*sistema Heidelberg DWL 66FS*) é capaz de produzir estruturas com até 0,6  $\mu\text{m}$  de linha, opera de modo a escrever o positivo ou o negativo (figura 1) das estruturas desejadas sem o uso de polímeros diferenciados e tem recursos de alinhamento de dispositivos e caracterização da largura das linhas. Tendo em vista que na fotolitografia cada etapa realizada adiciona ao resultado final do dispositivo certa margem de erro, poder suprimir uma etapa é de grande importância especialmente quando as dimensões do padrão diminuem. A vantagem de suprimir o uso da fotomáscara poderia resultar em ganho considerável no resultado final. Infelizmente o equipamento encontra-se em processo de manutenção, portanto indisponível no momento.

Como alternativa estamos utilizando a copiadora de máscara fotolitográfica (*Tamarack 155*) também vinculada à DINAM. Esse equipamento pode copiar estruturas de até 1,2  $\mu\text{m}$ . Trabalha com fonte de luz UV, consegue expor substratos de 2,5x2,5 até 7x7 polegadas tanto para cópia de máscaras como transferência para o dispositivo, possui ajuste de vácuo de contato entre máscara e substrato, nitrogênio de purga da câmara e ajuste de tempo de exposição.

A fim de obter um método viável de litografia a laser para a produção de microestruturas, um número de requisitos básicos deve ser atendido. A fidelidade nas dimensões do dispositivo, bem como a definição de seus limites são as características principais e por isso nosso foco de trabalho está voltado para a comparação entre o padrão e o dispositivo transferido em relação à: i) larguras das linhas, ii) espaçamentos entre estruturas, iii) uniformidade e iv) repetibilidade. Portanto, as larguras de linha foram medidas por microscopia óptica em diversos pontos da amostra e conferidos com seus respectivos pontos na máscara. Ajustar os parâmetros do processo fotolitográfico é necessário para que distorções devido ao desgaste dos equipamentos e ou envelhecimento dos reagentes possam ser

corrigidos. Portanto, nos experimentos optamos por reproduzir os parâmetros já estabelecidos e usados na DINAM e variá-los gradualmente, visto que é o procedimento vigente no laboratório.

## 2. Materiais e Método

O processo de fotolitografia utilizado foi composto por quatro etapas que são: tratamento de superfície; fotolitografia; ataque químico; limpeza final.

- Tratamento de superfície - Nós usamos lâminas de quartzo com 3 polegadas de diâmetro e 500 µm de espessura para a maioria dos experimentos e lâminas semelhantes contendo 2000 Å de alumínio. Os substratos foram limpos em processo automático utilizando o equipamento Balzer. Após a limpeza úmida, foram submetidos a plasma de oxigênio (*RIE Plasma Technology*) por 4 min e 200 W de potência e inspecionado visualmente através do Microscópio Óptico Nikon Eclipse L200N. Nos casos em que se verificou impureza, uma limpeza mais agressiva foi empregada através do uso de solução sulfocrômica. Depois da inspeção visual, os substratos foram desidratados em estufa a 120°C por 30 min.
- Fotolitografia - Para o nosso estudo de transferência de padrão pela técnica de fotolitografia utilizamos uma máscara contendo estruturas de teste e uma máscara com sensores SAW (*Ondas Acústicas Superficiais*). Na sequência o substrato recebeu uma camada de promotor de aderência (*HMDS-20%-Hexametildissilazano*) aplicado por centrifugação (*spin coater Cee 200 CBX Brewer*) a 5000 RPM seguido de cura em estufa a 120°C. depois foi depositado o fotorresiste AZ 5214 nas mesmas condições da primeira camada. A cura do polímero foi feita em chapa de aquecimento a 90°C por 60 s. O filme foi submetido a exposição de luz ultravioleta proveniente da copiadora de fotomáscaras (*Tamarack 155*) a 3 mbar de pressão de contato entre a máscara e o filme fotossensível, e a energia de exposição variou entre os experimentos. Para a revelação a solução usada foi o AZ 300 MIF por 45 s.
- Ataque – Em substratos metalizados foi usada uma solução denominada *Aluminum Etch 16:1:1:2* para remover o alumínio.
- Limpeza final - Depois do ataque químico do metal o fotorresiste restante foi removido com acetona e o substrato submetido à nova etapa de limpeza semelhante à inicial. Uma inspeção visual foi realizada

## 3. Caracterização óptica

Nesse experimento as medidas foram feitas em cinco pontos da amostra como mostra a figura 1. Sempre que possível optamos em usar a média dos pontos de observação, exceto quando a informação se tornou mais clara na comparação ponto a ponto. No primeiro experimento as amostras foram submetidas a variação na energia de exposição e a diferença em suas larguras de linha junto com a definição do contorno das mesmas foram registradas. No segundo ensaio as amostras foram medidas após cada etapa do processo e a diferença na largura das linhas foi apontada. No terceiro caso as medidas das linhas e espaços foram feitas no mesmo ponto da amostra e máscara para comparação posterior.

O equipamento utilizado na caracterização das amostras foi o microscópio óptico *Nikon Eclipse L200N* com poder de ampliação de 1000 X. Ele está equipado com o software de aquisição de imagens e medidas *NIS Elements* da Nikon

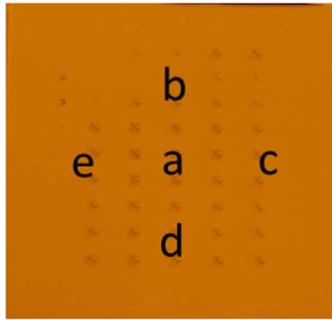


Figura 1- posição das estruturas medidas

#### 4. Resultados

Os experimentos foram analisados de acordo com os parâmetros variados e as alterações apresentadas pelas medidas da largura das linhas e dos espaços estão apresentados a seguir.

##### 1. Comparação entre as larguras de linha e a energia de exposição

Os substratos contendo filmes semelhantes de fotorresiste AZ 5214 foram expostos a 65, 70, 80  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  de energia, utilizando máscara de teste. Todos foram submetidos ao mesmo tempo de revelação de 45 s e, após a revelação, as larguras de linhas e espaços foram medidas no microscópio óptico e os resultados estão apresentados na figura 2. As imagens das linhas (figura 3) mostram a definição dos contornos para cada energia de exposição.

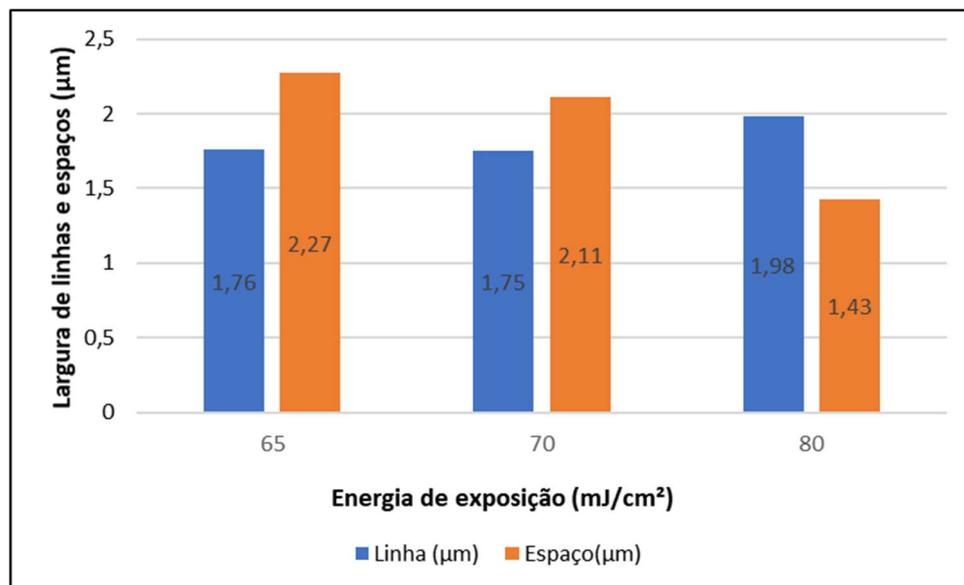


Figura 2 - Largura de linhas x energia de exposição para tempo de revelação de 45 s

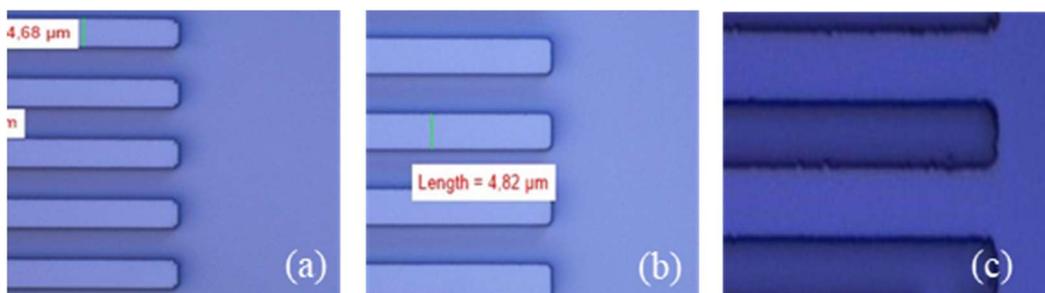


Figura 3-Amostras com tempo de revelação de 45 s e energia de exposição

(a) 65  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ ; (b) 70  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ ; (c) 80  $\text{mJ}/\text{cm}^2$

## 2. Comparação da largura de linha e espaço após revelação, descum e ataque químico.

Foi utilizado um substrato de quartzo contendo um filme de 2000 Å de alumínio, onde depositamos o fotorresiste AZ 5214. A energia de exposição foi de 70 mJ/cm<sup>2</sup> e o tempo de revelação 45 s. As estruturas foram medidas e a amostra foi submetida a um tratamento com plasma de oxigênio para melhorar a remoção do fotorresiste nos espaços. Esse tratamento denominado “DESCUM” consiste em 30 s de plasma com potência de 50W, pressão de 200 mtorr, fluxo de oxigênio de 35sccm. Novas medidas foram realizadas e a amostra foi atacada com etching de alumínio, sendo feita uma terceira medida. Os resultados estão mostrados figura 4.

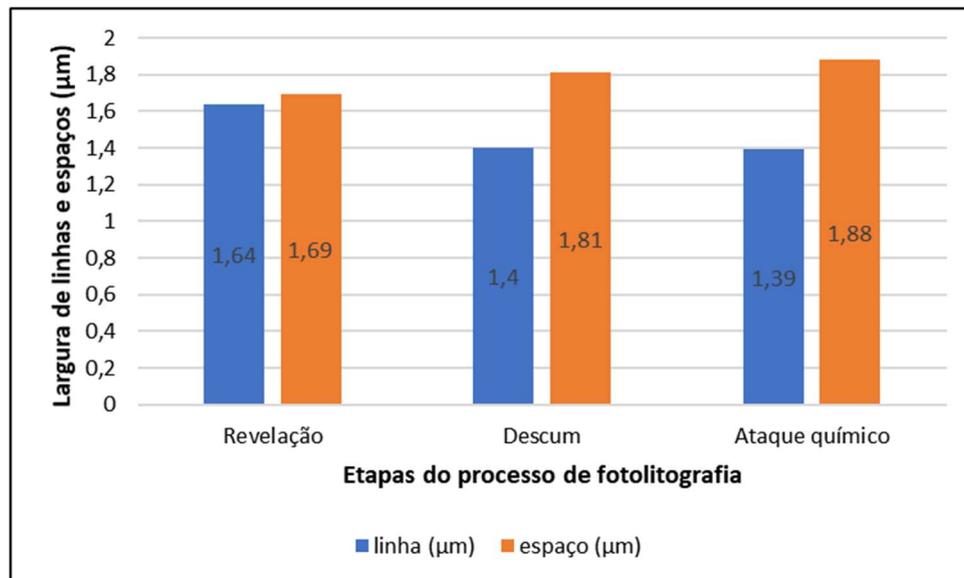


Figura 4- Comparação entre as linhas de um dispositivo após três etapas de processo

## 3. Mapeamento de uma estrutura central na máscara e no dispositivo

Observamos ao microscópio a mesma estrutura na máscara e transferida para o fotorresiste. Os resultados estão dispostos nas figuras 5 a e b e 6.

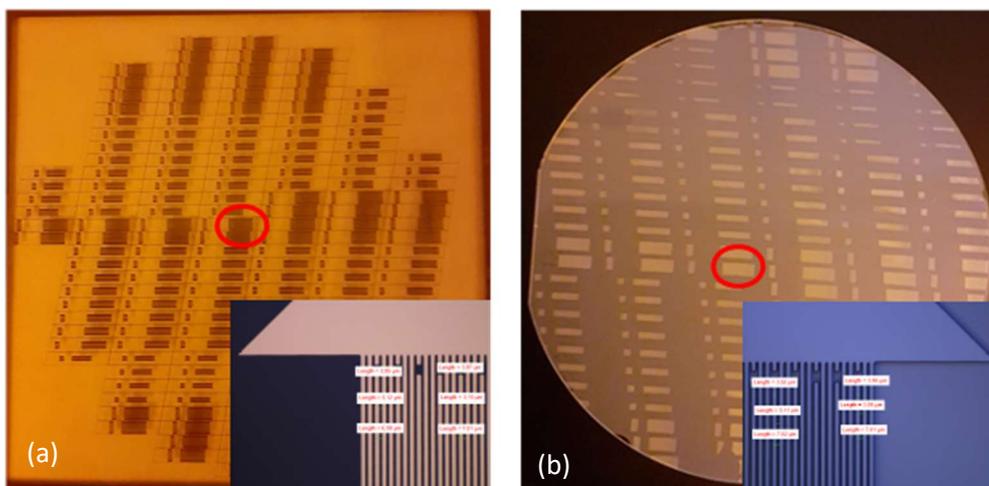


Figura 5- comparação das larguras de linha dos dispositivos entre (a) máscara e (b) substrato

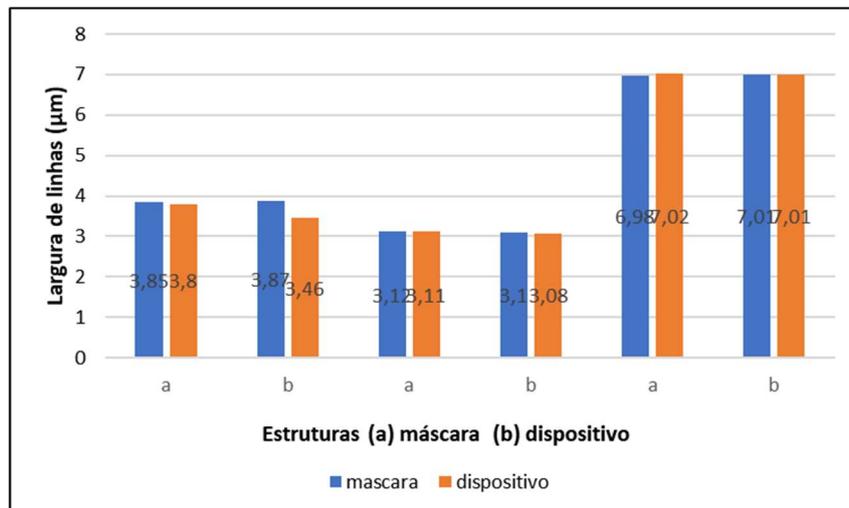


Figura 6- comparação das larguras de linha dos dispositivos entre máscara e substrato

## 5. Conclusões

As amostras processadas e aqui apresentadas tiveram o objetivo de aumentar a precisão e a qualidade dos dispositivos produzidos pela DINAM.

Foi possível observar a influência da energia de exposição e tempo de revelação nas larguras de linhas e espaços que compõem as estruturas de teste e nos dispositivos bem como na definição dos mesmos.

A amostra processada com 70 mJ/cm<sup>2</sup> de energia de exposição apresentou melhores resultados quando observados no conjunto. Observou-se pouca variação na largura das linhas e melhor definição. A utilização de Descum apresentou significativa remoção de fotorresiste dos espaços, comprovando sua eficácia como auxiliar na etapa de revelação.

A comparação entre as linhas e espaços da estrutura de teste na máscara e no substrato apresentaram variação mínima, cerca de 1%, podendo estar na faixa de erro da medida. Novas formas de medida mais precisas estão sendo avaliadas para futuros experimentos.

Os experimentos deverão ser repetidos para comprovação das observações registradas

## 6. Referências

**FEDOR COOPMANS IMEC VZW KAPELDREEF 75 B3030 LEUVEN, BELGIUM.** *Resist Overview.* Microelectronic Engineering 6 (1987) 369-380 369 North-Holland

**H. ULRICH, \*R.W. WIJNAENDTS-VAN-RESANDT, \*\*C. RENSCH, \*\*W. EHRENSPERGER \*HEIDELBERG INSTRUMENTS GMBH, FRG, \*\*UNIVERSITY OF HEIDELBERG, FRG.** *Direct Writing Laser Lithography For Production Of Microstructures.* Microelectronic Engineering 6 (1987) 77-84 77 North-Holland

**DIFFUSION IN Az-5214 Image Reversal Process And Its Application To E-Beam Proximity Effect Correction.** Microelectronic Engineering 6 (1987) 439-446 439 North-Holland

## Agradecimentos

Ao CNPQ pelo auxílio financeiro

Ao CTI pela oportunidade de integrar o quadro de colaboradores

Ao Dr Serguei Balachov pela orientação e apoio

À todos os companheiros da DINAM pelo grande auxílio que tenho recebido

À Maria das Graças de Almeida pelo treinamento e por compartilhar seus conhecimentos

À COLAB pelos procedimentos técnicos de utilização de equipamentos