

# CONSTRUÇÃO DE LENTES DE GERMÂNIO\*\*\*

V. BARANAUSKAS\* e P.J. TATSCH

LED\*\*/FEC/UNICAMP

## 1. INTRODUÇÃO

Frequentemente em trabalhos de Física Aplicada ou Instrumentação surge a necessidade da obtenção rápida de elementos ópticos simples. O mercado internacional possui vários fornecedores, mas, fatores como custo ou demora de importação causam empecilhos temporariamente intransponíveis.

Neste trabalho procuramos divulgar uma técnica semi-artesanal desenvolvida para a construção de elementos fotônicos de alta qualidade para a radiação laser de  $\text{CO}_2$ , utilizando apenas máquinas de usinagem convencionais.

## 2. NECESSIDADES GEOMÉTRICAS DE LENTES E ESPELHOS

### 2.1. LENTES

O material mais comumente empregado na fabricação de lentes para radiação laser de  $\text{CO}_2$  é o Germânio, devido ao seu baixo coeficiente de absorção, alta condutividade térmica, higroscopia desprezível e preço razoável. O Germânio entretanto, possui um alto índice de refração ( $n=4,0$ ) em  $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$ , e, portanto, a geometria para definição de lentes implica frequentemente em grandes raios de curvatura. Assim, por exemplo, uma lente fina plano convexa terá sua geometria definida por:

$$R = 3,0 f \quad (1.1)$$

onde:  $f$  - comprimento focal

$R$  - raio da superfície convexa.

---

\*Centro de Componentes Semicondutores (CCS/UNICAMP).

\*\*Laboratório Associado ao CNPq.

\*\*\*Trabalho financiado pelos Convênios: UNICAMP/TELEBRÁS 143/76 - FTPT 058/81 JDPQD e FINEP/FUNCAMP B 72.81.409.00.00.

Para, por exemplo, um comprimento focal  $f = 300$  mm o raio de superfície convexa deve ser  $R = 900$  mm. A confecção de um molde com esta dimensão é praticamente irrealizável em tornos mecânicos convencionais.

## 2.2. ESPELHOS

Para a cavidade Fabry-Perot do laser existe o mesmo problema, pois a geometria mais utilizada é a plano côncava ou a confocal. Em ambos os casos, os raios dos espelhos necessários são da ordem do comprimento da cavidade, que é da ordem de metros.

## 3. TÉCNICA EMPREGADA PARA CONSTRUÇÃO DOS MOLDES

A Fig. 1 apresenta dois esquemas possíveis de montagem em uma máquina fresadora comum, com possibilidade de geração de raios de curvatura grandes, côncavos ou convexos. O molde, após usinagem de suas dimensões externas no torno, é fixado na mesa horizontal da fresadora, diretamente nas placas de um divisor que permite a rotação manual da peça em torno do eixo vertical. O cabeçote da fresa, inclinado de um ângulo ( $\theta$ ), juntamente com o raio da ferramenta ( $r$ ), determinam o raio de curvatura da superfície ( $R$ ) através da relação:

$$\theta = \arcsen(r/R) \quad . \quad (1.2)$$

Quanto maior a relação ( $r/R$ ), maior a precisão para definição de  $\theta$  e portanto maior precisão do molde. Entretanto um raio de ferramenta ( $r$ ) grande implica em vibrações mecânicas que impedem uma boa usinagem. Dimensões de ( $r$ ) até 10 cm são perfeitamente possíveis, assim para  $R = 1$  m, o ângulo  $\theta = 5^{\circ}44'$  pode ser conseguido com ótima precisão.

Para  $R = 10$  m, o ângulo  $\theta = 34'$  já está bem próximo do limite de precisão da máquina ( $\sim 10'$ ), mas este molde também pode ser realizado por aproximações iterativas. Dispondo-se de um esferômetro, ou medindo-se a cota da esfera com outro instrumento, pode-se tentativamente ajustar  $\theta$  até se conseguir uma boa aproximação para  $R$ .

## 4. TÉCNICA EMPREGADA PARA O POLIMENTO

A Fig. 2 ilustra a montagem empregada para polimento das lentes. Fixa-se o molde diretamente na politriz e o disco de Germânio, com cera de abelha, em um suporte manual. A primeira etapa é o des

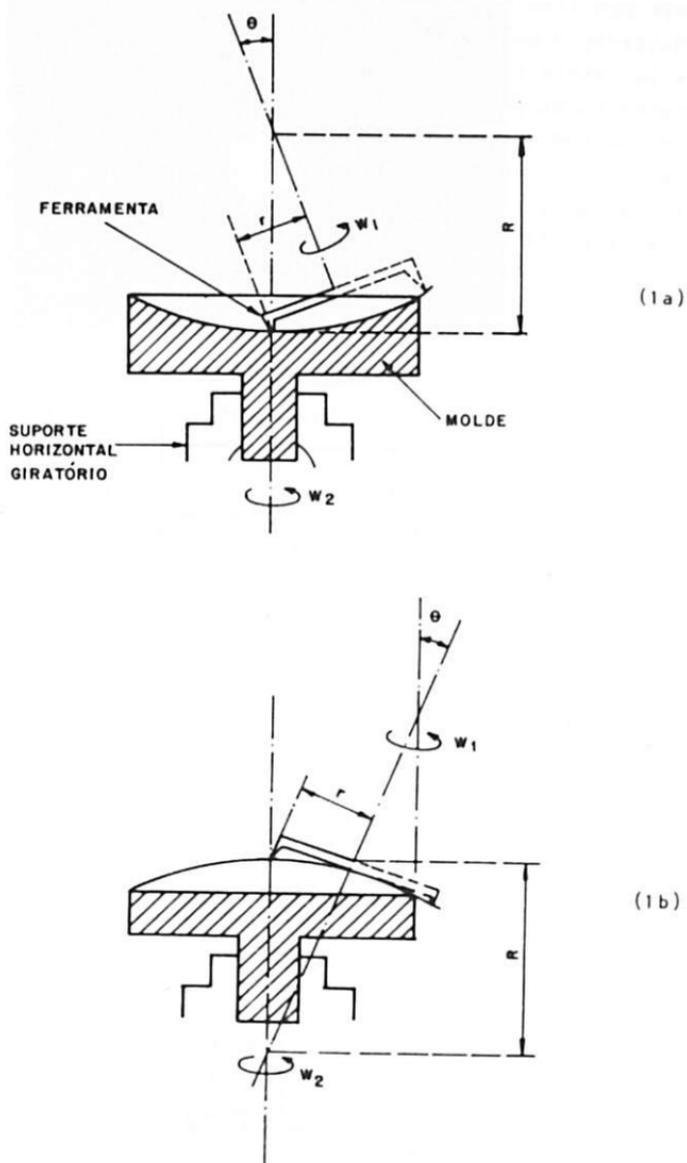


Fig. 1 - Geometria para geração de superfícies esféricas côncavas (1a) ou convexas (1b) no molde. ( $W_1$  e  $W_2$  são as velocidades de rotação da ferramenta e da rotação manual do molde, respectivamente).

basto com lixa d'água para geração da superfície convexa. A seguir, executa-se o polimento grosso e fino, segundo as etapas especificadas na Tabela 1. A qualidade e a rapidez do polimento dependem principalmente da perfícia do artesão. Com cuidado, conseguem-se riscos de no máximo 3 vezes o tamanho do grão. Assim a qualidade desta lente para radiação de  $10,6 \mu\text{m}$  é da ordem de  $\lambda/70$ . A Fig. 3 mostra uma fotografia de um orifício com raio da ordem de 50 micra obtido em uma chapa de acrílico de 3 mm de espessura com a focalização de um feixe gaussiano  $\text{TEM}_{00}$  de aproximadamente 6 mm através de uma lente de Germânico com foco de 300 mm, construída com a tecnologia descrita no presente artigo.

Etapa	Tamanho do grão	Suspensão	Feltro	Rotação (r.p.m.)
Desbaste	15 $\mu\text{m}$	-	Lixa d'água nº 600	$\approx 600$
Polimento grosso	15 $\mu\text{m}$	óleo vermelho	Textmet	"
"	9 $\mu\text{m}$	"	"	"
"	6 $\mu\text{m}$	"	"	"
"	3 $\mu\text{m}$	óleo micrometh	microcloth	$\approx 400$
"	1 $\mu\text{m}$	"	"	"
Polimento fino	0,3 $\mu\text{m}$	água	"	manual
"	0,05 $\mu\text{m}$	água	"	manual

TABELA 1 - Etapas para desbaste e polimento das lentes.

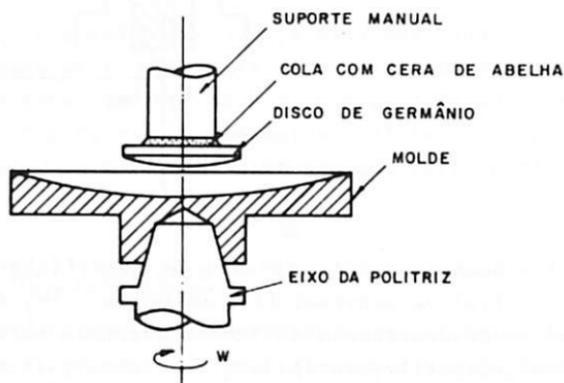


Fig. 2 - Adaptação do molde à politriz para a fabricação da lente.

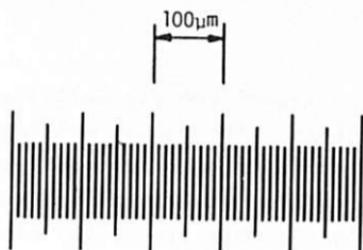
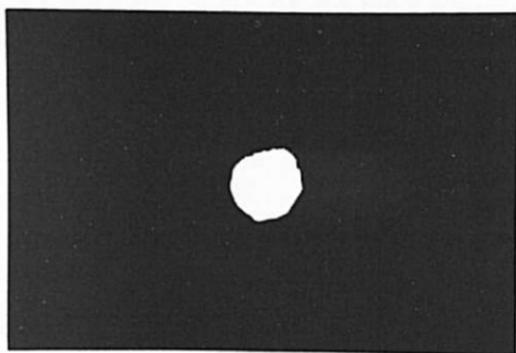


Fig. 3 - Furo obtido em chapa de acrílico com 3 mm de espessura colocada no plano focal de uma lente ( $f = 300$  mm) construída segundo a técnica descrita no presente trabalho. A radiação incidente possuía um diâmetro gaussiano de aproximadamente 6 mm ( $TEM_{00}$ ).

Esta sequência de polimento também pode ser empregada com sucesso para o Silício.

##### 5. AGRADECIMENTOS

Somos gratos aos técnicos EDUARDO CARLOS GRECCO e ALCIR BECK pelas sugestões e discussões sobre os moldes, e a DANIEL ROSENO DA SILVEIRA pelas sugestões e dedicação ao trabalho de polimento.