

**F 809**

**PROJETO**  
**SIMULAÇÃO COM LASER DE PADRÃO DE**  
**DIFRAÇÃO – ÓPTICA DE FOURIER E**  
**COMPARAÇÃO COM A TÉCNICA DE LEED**

**ORIENTADOR: RICHARD LANDERS**

**ALUNOS:**

1. Kelly Tatiana M. Lucas :

Transformação de Fourier Óptica e Montagem Experimental

2. Gustavo L.M.P.Rodrigues :

Simulação e Comparação de Padrão de Difração LEED

**2º Semestre de 2003**

# 1 - Transformação de Fourier Óptica e Montagem Experimental

## Introdução

O desenvolvimento da televisão, satélites, sistemas de espionagem e exames médicos (raios – X, ultra-sonografia, tomografias, ressonância magnética, etc.) modificam nosso conceito de obtenção e visualização da informação.

Mais recentemente as técnicas de obtenção de imagens (DVD, Scanners, cintiladores, etc), juntamente com uma melhora dos pacotes computacionais gráficos, permiti-nos uma análise de informações muito mais rápida e precisa e em muitos casos conclusões que tornaram-se possíveis somente depois da utilização de técnicas gráficas.

Dentro deste contexto mundial, as técnicas de processamento de imagens constituem importante ferramenta em inúmeras áreas. Estas técnicas permitem o tratamento de dados visuais, possibilitando a busca pela informação desejada.

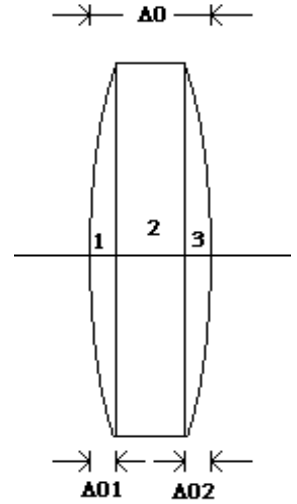
E uma das grandes utilizações da teoria de Óptica de Fourier é na ótica de imagens

## Teoria

### Transformada de Fourier através de uma lente

Se posicionarmos uma fonte pontual ao longo de um plano focal de uma lente positiva, a imagem da fonte pontual ocorre no infinito. O inverso também é verdade. Devido ao fato do plano focal, e um plano focal no infinito serem conjugados, parece plausível que as lentes formariam uma imagem de um padrão de difração a campo distante em seu plano focal. Examinando como uma lente processa uma onda plana, vamos observar que a transformação é equivalente à transformada de Fourier.

Tomemos uma lente como a mostrada ao lado e suponhamos uma onda plana  $U(x,y)$  incidindo sobre ela da esquerda para a direita. Temos que o máximo da espessura da lente é  $\Delta_0$ , assumindo que nas coordenadas  $(x,y)$  temos  $\Delta(x,y)$  então a diferença de fase em função da posição de incidência da onda resultante será [1]:



$$\phi(x, y) = kn\Delta(x, y) + k(\Delta_0 - \Delta(x, y)) \quad (1)$$

onde  $n$  é o índice de refração do material da lente,  $kn\Delta(x,y)$  é o atraso da fase introduzida pela lente e  $k[\Delta_0 - \Delta(x,y)]$  é o atraso da fase introduzida pela região remanescente entre os dois planos. Que pode ser dado em função dos raios das duas superfícies como:

$$\Delta(x, y) = \Delta_0 - R_1 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{x^2 + y^2}{R_1^2}} \right) + R_2 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{x^2 + y^2}{R_2^2}} \right) \quad (2)$$

sendo que os raios são orientados como positivos se incidem da esquerda para a direita numa superfície convexa e vice-versa. Se a onda incide próximo ao eixo da lente temos uma situação chamada de aproximação paraxial, em que as expressões se simplificam para:

$$\Delta(x, y) = \Delta_0 - \frac{x^2 + y^2}{2} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (3)$$

Assim para uma onda  $U(x,y)$  que incide da esquerda para a direita o atraso de fase devido à lente resultará numa onda  $U'(x,y)$  tal que:

$$U'(x, y) = e^{i\phi(x,y)} U(x, y) \quad (4)$$

Após alguma álgebra podemos reunir todos os termos em uma expressão do tipo

$$U'(x, y) = e^{ik\Delta_0} e^{-ik \frac{x^2 + y^2}{2f}} U(x, y) \quad (5)$$

Onde

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Com isto poderemos agora mostrar a propriedade inerente de uma lente convergente de fazer a transformada de Fourier de uma imagem em duas dimensões.

### Experimento

O experimento consiste em um sistema óptico simples, baseado no uso de uma caneta laser (pointer), uma objetiva de máquina fotográfica que serão utilizadas para realizar a transformação de Fourier óptica, a focalização final do feixe na tela permite obter nela o plano espectral, ou de Fourier. De acordo com a figura abaixo:

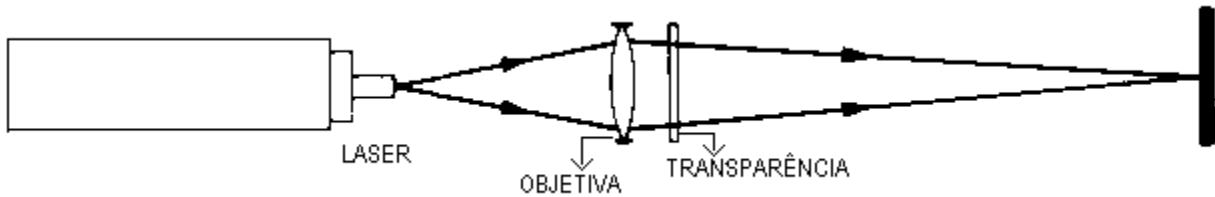


FIGURA 1: Montagem Experimental

Como foi proposto utilizaremos uma caneta laser para obter um feixe de luz divergente, sua fonte foi montada em duas versões: com pilhas e a outra com uma fonte de tensão alimentada pela rede.

O primeiro passo foi desmontar a caneta, com uma chave de fenda e uma faca com uma ponta bem fina retiramos a lente da caneta para assim obter o feixe divergente que precisamos.

O segundo passo foi montar a fonte que será alimentada pela rede; sabemos que o laser da caneta é alimentado por uma tensão de 4,5V portanto utilizamos o seguinte circuito:

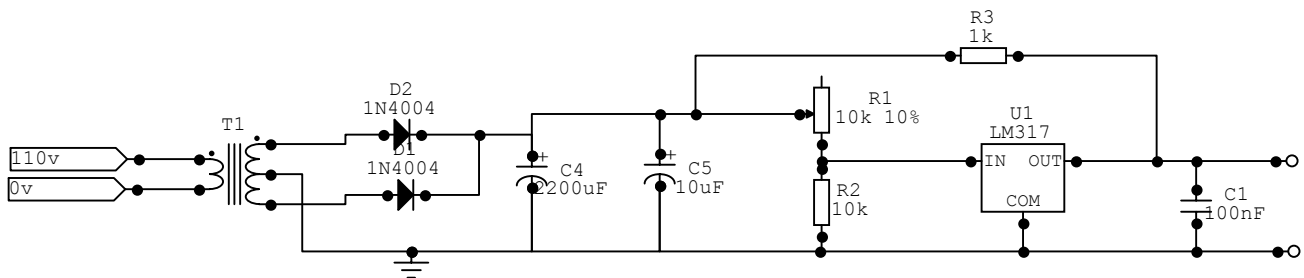


Figura 2: Circuito da Fonte de Tensão

Nota-se portanto que utilizamos um transformador que nos fornece 6V e baixa corrente, e após retificado colocamos um regulador de tensão – TL431, esse regulador nos fornece uma corrente máxima de 200mA que é mais que suficiente para alimentar a caneta.

O circuito e o porta pilha foram armazenados dentro de uma caixa, está contém uma chave que possibilita a escolha da opção desejada.

## **2 - Simulação e Comparação de Padrão de Difração LEED**

Esta parte do projeto foi baseada em um artigo da Surface Science<sup>1</sup>, que propõe produzir estruturas que representam redes de duas dimensões e seus respectivos padrões de difração utilizando comprimentos de onda da região do visível. Isso será útil pois pode-se interpretar os padrões LEED (*Low Energy Electron Diffraction*), que são padrões de difração que utilizam elétrons de baixa energia.

Esta estrutura representa a geometria atômica do material e esta nos dará um padrão de difração. Para a produção da estrutura (Ex: fig.1) iremos utilizar um programa de desenvolvimento de circuitos de circuito impresso – PIA (PCB DEVELOPER'S INDIVIDUAL ASSISTANT). Após feitos estas estruturas serão tirados fotos em filme para produção de fotolito (Kodoklithe), adotou-se esse tipo de filme por ele registrar somente o branco ou o preto, não registrando tons de cinza.

O que iremos tentar é simular a estrutura do material, obter uma foto desta estrutura e produzir o padrão de difração. E para isso precisaremos de uma redução de cinquenta vezes no tamanho da foto, para se conseguir um padrão de difração bom, e está em estudo como será a melhor maneira para ajustar os diferentes variáveis (distância, iluminação, tempo de exposição, etc) para a foto das estruturas.

Feito isto, poderemos comparar os padrões obtidos, com os padrões de LEED.

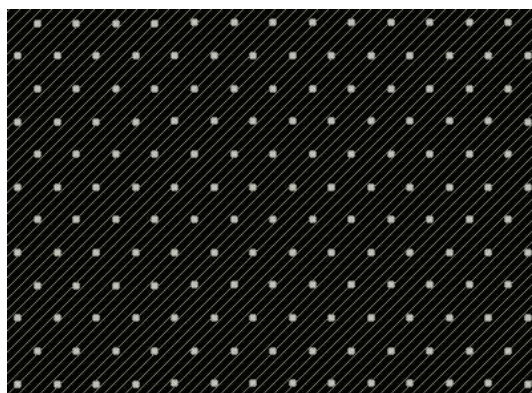


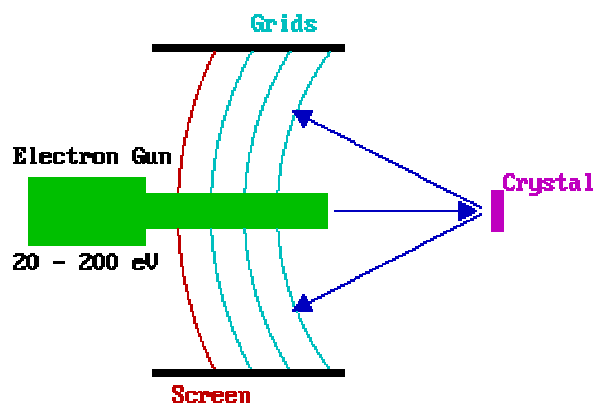
Fig.1: Estrutura atômica

## LEED – LOW ENERGY ELECTRON DIFFRACTION

LEED é uma das principais técnicas de determinação da estrutura de superfícies, pode ser utilizado de duas maneiras diferentes:

1. Qualitativamente: quando o padrão de difração é gravado e analisa-se as posições das manchas que produzem informações sobre tamanho, simetria e rotação da célula unitária adsorvida com respeito a célula unitária do substrato.
2. Quantitativamente: quando as intensidades de diversos feixes difratados são gravados em função da energia do feixe de elétrons incidente, para gerar curvas chamadas I-V e ao comparar com curvas teóricas, podem dar informações precisas das posições dos átomos.

O experimento LEED usa um feixe de elétrons de energia baixa bem definida (tipicamente entre 20–200 eV) que incidem normal a amostra. A amostra tem que ser um cristal simples com a estrutura de superfície bem ordenada para gerar um padrão de difração de elétrons. Uma experiência típica de LEED é mostrada abaixo:



Somente os elétrons que colidem elasticamente contribuem para o padrão de difração, os elétrons com mais baixa energia (elétrons de colisões inelásticas) são removidos por grades de filtragem de energia colocados na frente de uma tela fluorescente empregada para mostrar os padrões.

### 3 - Próximos Passos

Serão feitos os seguintes passos:

- Estudo de como serão feitas as fotos e sua revelação;
- Estamos analisando o melhor lugar para armazenar o laser, talvez dentro da caixa;
- Produção da foto de diversas estruturas;
- Complementação da Teoria;
- Explicação Básica da teoria do LEED;
- Resultados finais.

1 Campbell, B.D.&Ellis, W.P., *Laser Simulation of Leed Patterns*. Surface Science 10, 124-127, 1968.

2 Goodman, J.W., “Introduction to Fourier Optics”, McGraw – Hill Book Company, Cap.5.

3 <http://www.chem.qmw.ac.uk/surfaces/scc/>.

4 [http://geocities.com/prof\\_lunazzi/f641/f641.htm](http://geocities.com/prof_lunazzi/f641/f641.htm).

5 <http://www.ifi.unicamp.br/~accosta/nota6.html>.