
Dispositivos semicondutores

5

META:

Medir a constante de Planck.

OBJETIVOS:

Ao fim da aula os alunos deverão:

- Entender o princípio de funcionamento do LED.
- Saber associar a luz emitida pelo LED com a energia do gap destes materiais.

PRÉ-REQUISITOS

- Conteúdo da aula 1;
- Tenham cursado ou estejam cursando a disciplina Introdução à Física da Matéria Condensada.

5.1 Introdução

Caros alunos, no experimento anterior falamos sobre o princípio de funcionamento da válvula eletrônica baseado no efeito termoiônico e vimos como estes dispositivos podem ser usados na retificação de sinais elétricos presentes nos mais diversos tipos de dispositivos eletrônicos. No experimento desta aula faremos um estudo sobre os dispositivos semicondutores baseados na junção-pn (Diodos) que foram usados para substituir as válvulas na segunda metade do século XX. Sendo mais específico falaremos sobre os diodos emissores de luz também conhecidos como LED e veremos como podemos obter a partir destes dispositivos o valor da constante de Planck fundamental para o entendimento da mecânica quântica. Por fim mediremos o valor do gap de energia de diodos de silício e germânio e compararemos com valores teóricos e com os gaps obtidos para os LED's.

5.2 Revisão

Os diodos emissores de luz ou LED (do inglês- Light Emitting Diode) são compostos por uma junção de semicondutores dopados com elementos doadores (tipo- n) e aceitadores (tipo- p) de elétrons. Em geral, os LED's emitirão luz quando forem submetidos a uma diferença de potencial suficientemente intensa. Para entender o princípio de funcionamento deste dispositivo temos que recorrer à ingredientes quânticos tais como as bandas de energia.

Como vimos em nossa primeira aula, devido a interação nos sólidos os níveis de energia discretos dos átomos formam bandas de energia. A maneira como estas bandas de energia são preenchidas

permite classificar os sólidos em três grandes grupos: condutores, semicondutores e isolantes.

As propriedades de condução nos materiais semicondutores podem ser alteradas quando substituimos alguns átomos do material por elementos com maior ou menor número de elétrons de valência, este procedimento é chamado de dopagem. Os semicondutores puros como silício e o germânio possuem quatro elétrons de valência e conforme a dopagem podemos classifica-los em dois grupos:

Semicondutores tipo- p - Quando o elemento dopante (impurezas) possui três elétrons na camada de valência. Estas impurezas chamadas de aceitadoras de elétrons. Ex.: B, Al, Ga, In, etc.

Semicondutores tipo- n - Quando o elemento dopante (impurezas) possui cinco elétrons na camada de valência. Estas impurezas chamadas de doadoras de elétrons. Ex.: As, P, Sb, etc.

Os diodos assim como os LED's são compostos por uma junção- pn , onde o lado tipo- p tem energia maior que o lado tipo- n . Quando os elétrons passam por esta junção- pn , indo de um estado mais energético para um menos energético, ocorre a emissão de luz. A diferença de energia entre o lado tipo- n e tipo- p é uma propriedade do material semicondutor e caracteriza o tipo de luz emitida. Em um diodo, a passagem de corrente só é significativa quando ele é polarizado no sentido direto (corrente elétrica convencional do lado p para n) nestas condições ocorre a emissão de luz.

Ao polarizar diretamente a junção- pn com uma diferença de potencial V , estamos realizando um trabalho $W = eV$ sobre os elétrons para que eles vençam a barreira de energia e cheguem a região tipo- p . O trabalho realizado sobre os elétrons é convertido, a menos da energia perdida por aquecimento no interior da junção, na energia dos fótons emitidos. A energia perdida no interior da junção- pn têm um valor praticamente constante para LEDs. Podemos então escrever,

$$e V = E_g + \Delta E , \quad (5.36)$$

onde $e V$ é o trabalho realizado pelo campo elétrico, E_g é a energia do gap de energia e ΔE representa as perdas de energia no interior da junção. Por conservação de energia, temos que a energia do fóton emitido é dada por,

$$e V = h\nu , \quad (5.37)$$

onde h é a constante de Planck e ν é a frequência da luz emitida.

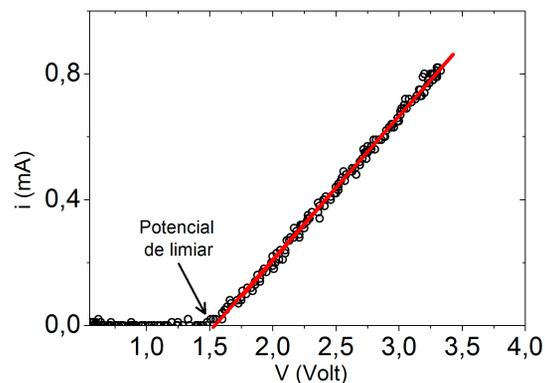


Figura 5.1: Curva característica de um LED evidenciando a determinação do potencial de limiar.

Podemos considerar que a luz emitida por um LED é praticamente monocromática.

Variando a tensão aplicada V aos terminais do LED, e medindo o valor da corrente elétrica obtemos a curva característica deste dispositivo $i \times V$ como mostrado na Figura 5.1, nesta curva a tensão de limiar é obtida por extrapolação da reta na região onde há uma variação significativa da corrente.

ATIVIDADES

1. Descreva o princípio de funcionamento de um LED?
2. O que é a zona de depleção?
3. O que são semicondutores intrínsecos?
4. O que são semicondutores extrínsecos?
5. Escreva a relação entre o comprimento de onda e a frequência.
6. A junção $p - n - p$ ou $n - p - n$ são muito usadas e compõe um dispositivo bem conhecido. Você conhece este dispositivo? fale um pouco sobre ele.



5.3 Procedimento Experimental

Para realização deste experimento serão necessários:

- Multímetros;
- LED's;
- Resistor $1k\Omega$;
- Fonte de alimentação;
- Fios para ligação;
- Unidade Cobra.

Os experimentos aqui serão divididos em três etapas.

Etapa 1: Montagem do circuito

O circuito deverá ser montado conforme o esquema abaixo.

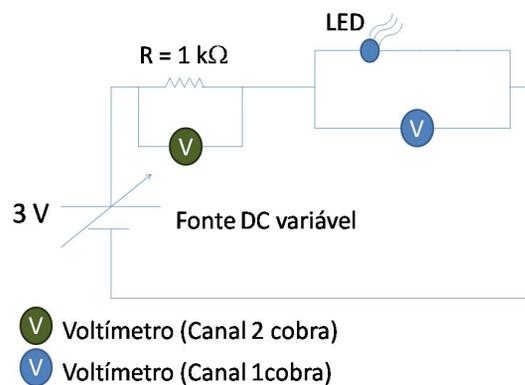


Figura 5.2: Esquema do circuito a ser montado.

OBS: Os LEDs comerciais são fornecidos com o material semicondutor encapsulado em uma resina plástica com dois terminais, sendo o mais longo o terminal positivo (lado p).

Serão utilizados os dois canais da unidade cobra, um para medir a diferença de potencial através dos LED's e outro para medir a corrente no circuito através da diferença de potencial no resistor de $1\text{ k}\Omega$ e usando a lei de Ohm.

Obtenção das curvas características - Variando a tensão de alimentação no circuito meça a corrente ao longo do circuito e observe o valor da tensão em que a luz do LED começa a brilhar.

Conhecendo a frequência do fóton emitido pelo LED e sabendo o valor da tensão de limiar aplicada nos terminais do LED para acende-lo podemos usar a equação 5.37 para determinar a constante de Planck.

$$h = \frac{e V}{\nu} \quad (5.38)$$

onde,

- e é a carga do elétron.
- ν é frequência da radiação emitida.
- V é a voltagem aplicada aos terminais do LED quando começa passar corrente pelo circuito (voltagem de limiar).



ATIVIDADES

- Descreva um procedimento experimental que poderíamos ter usado para determinar a frequência da luz emitida pelo LED.
- Elabore um relatório com os dados obtidos neste experimento respondendo todas as perguntas encontradas nas atividades aqui propostas. OBS: Use as recomendações para confecção do relatório dado na aula 2.



RESUMO

Nesta aula obtivemos através de um simples experimento a constante de Planck. Entendemos o princípio de funcionamento de LED e calculamos os valores do Gap de energia para diferentes diodos.

AUTO-AVALIAÇÃO



- Eu conheço o princípio de funcionamento do LED?
- Eu sei classificar os diferentes tipos de semicondutores?

LEITURA COMPLEMENTAR



- [1] CAVALCANTE, Mariza Almeida; TAVOLARO, Cristiane R. C.; **Física Moderna Experimental**. 2 ed. Barueri-SP: Manole, 2007.
- [5] TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A; **Física Moderna**. 3 ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2001.
- [6] KITTEL, Charles; **Física do Estado Sólido**. 8 ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2006.
- [7] Notas de aula, curso de laboratório de física estatística e da matéria condensada, DFI-UFS.