

Objetivo:

Obter a curva característica para o diodo.

Conceitos examinados

Impurezas doadoras, impurezas aceitadoras, banda de valência, banda de condução, dopagem, junção pn, nível de Fermi, efeito Zener, efeito avalanche.

Teoria:

Os resistores, os capacitores e os indutores são denominados componentes lineares, porque a corrente aumenta na proporção direta da tensão aplicada, de acordo com a lei de Ohm. Os componentes que não mantêm essa proporcionalidade são ditos componentes não lineares e formam a base de todos os circuitos eletrônicos práticos. Esta prática examina as propriedades de um importante dispositivo não linear: o diodo retificador. O termo diodo provém do fato de os retificadores possuírem dois terminais ativos ou eletrodos.

Um retificador é não linear porquanto permite a passagem de uma corrente maior para uma determinada polaridade da tensão nele aplicada do que para a polaridade inversa. A fig. 1 representa o símbolo eletrônico para o diodo.

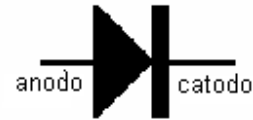
A circulação convencional da corrente é na direção da flecha. O diodo tem dois terminais conhecidos como "anode and the cathode".

O catodo é usualmente marcado com uma faixa preta, branca ou vermelha. A máxima corrente "maximum average forward current" permitida para o diodo é publicada pelo fabricante do diodo. Na lista de característica para o diodo, consta o valor de I_F (av). Para o "germanium point-contact diode OA91", I_F (av) = 50 mA. Para o 1N4001, I_F (av) é 1 A. Diodos da série 1N4000, são projetados para transportar 1 A e são utilizados em circuitos retificadores.

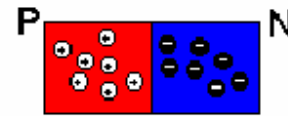
O silício e o germânio são dois dos materiais mais usados para semicondutores, são cristais de átomos tetravalentes os quais são deliberadamente dopados com átomos trivalentes e átomos pentavalentes para aumentar a condutividade.

Em um cristal semiconductor, a eletricidade é conduzida por "electrons" ou por lacunas. O tipo de dopagem determina o predominante tipo de condução.

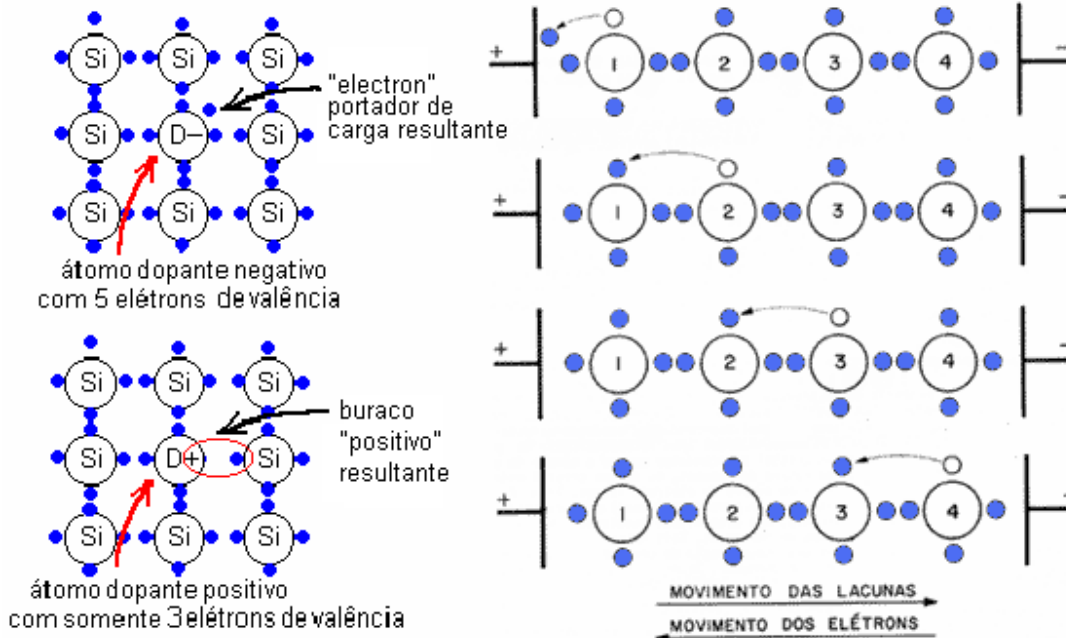
fig.1
Ilustração
símbolo eletrônico



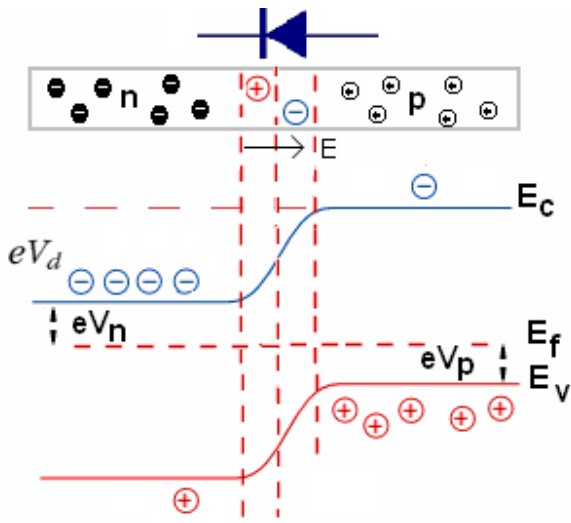
estrutura



aparência



A junção entre um material tipo **p** e um tipo **n** no mesmo cristal semiconductor, que é uma estrutura básica em muitos dispositivos, é denominada junção **pn**.



E_c - Energia mínima da banda de condução.

E_v - Energia máxima da banda de valência.

E_f - Nível de Fermi.

eV_n - Energia potencial dos portadores majoritários em relação ao nível de Fermi.

eV_p - Energia potencial dos portadores majoritários em relação ao nível de Fermi.

No equilíbrio, forma-se a barreira de potencial eV_d que impede a difusão contínua dos portadores majoritários. A junção entre as bandas de energia das regiões **p** e **n**, ocorre de modo contínuo determinado pela variação do potencial dos portadores na direção perpendicular à junção, de modo que o nível de Fermi, E_f , seja o mesmo nos dois lados.

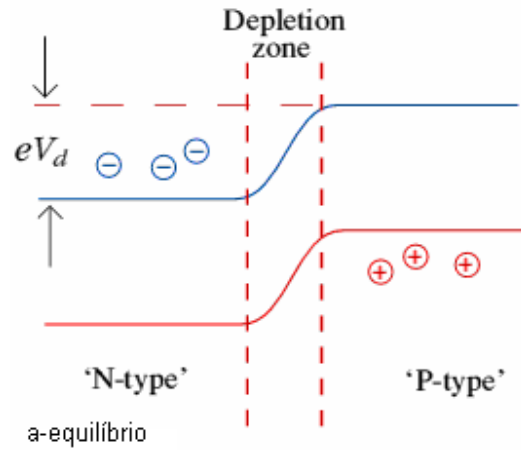
Note que a polaridade da barreira de potencial mostrada no modelo de bandas de energia da junção **pn** tende a manter os elétrons na região **n** e os buracos na região **p**.

A região de transição, também chamada de zona de depleção, é caracterizada pela existência em seu interior de um forte campo elétrico E . Este campo é devido à existência de cargas elétricas fixas na rede cristalina, originadas pela depleção de portadores livres que, durante a formação da junção, se difundiram para o lado oposto.

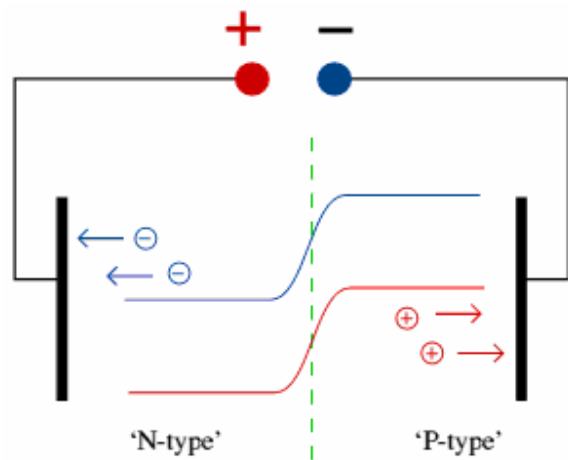
Modelo de banda de energia da junção p n

a- A corrente na junção **pn** depende da altura da barreira de potencial que em **b-**, foi aumentada pela polarização reversa e, em **c-**, diminuída pela polarização direta.

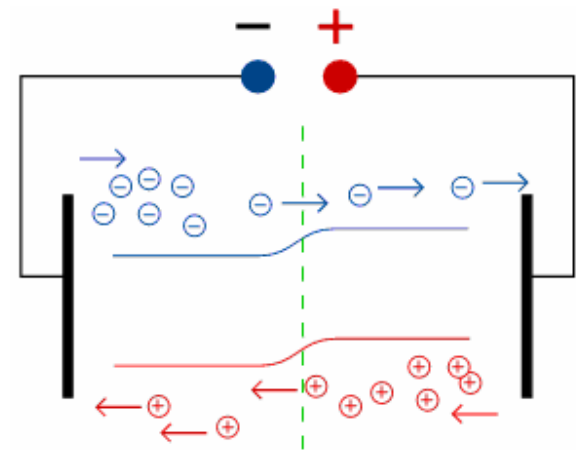
Os elétrons de condução em um material “**n-type**” e as lacunas em um material “**p-type**” são chamados portadores majoritários de carga.



a-equilíbrio



b-polarização reversa



c-polarização direta

Material:

Fonte de tensão, multímetro, resistor, **1K / 5W**, diodo **1N4001**, lâmpadas **12V/ 10W**

Experimento 1. Teste para o diodo

a. Usando um multímetro analógico, você poderá facilmente descobrir que um diodo não comporta-se como um resistor ordinário. Para isto, “switch” o multímetro na escala “ohms x 1”.

b. Conecte as pontas de prova do multímetro nos terminais do diodo como mostra a fig.2a. Note que o terminal preto é conectado no anodo do diodo. Observe que o terminal preto do multímetro analógico tem polaridade positiva, por causa da bateria interna que entra em operação quando o multímetro atua como “ohmmeter”. Este é o sentido favorável da corrente para o diodo, o qual é dito ser diretamente polarizado “forward-biased”.

c. Inverta as conexões para o diodo como mostra a fig.2b com o terminal positivo da bateria em contato com o catodo do diodo. Verifique que pouca corrente circula pelo diodo, como indicado pela alta resistência, e o diodo é dito ser reversamente polarizado “reverse-biased”.

Experimento 2. Controle de circulação de corrente com diodo.

O circuito da fig.3 mostra dois diodos conectados “back to back”.

Use quaisquer diodo “general-purpose” OA91, 1N4148 ou 1N4001.

Procedimento:

a. Conecte no board o circuito da fig.3 e responda: a lâmpada do circuito brilha quando o circuito é fechado?

b. Conecte no board o circuito da fig.4 e responda:

-Qual das lâmpadas brilha quando o circuito é fechado?

-Qual das lâmpadas brilha quando as conexões da bateria são invertidas no circuito?

Experimento 3. Característica tensão-corrente para o diodo de junção de silício.

Parte I

O gráfico **I** versus **V** para o diodo pode ser obtido do mesmo modo que o similar é obtido para o resistor. Note que o diodo da fig.5 está diretamente polarizado “forward-biased”.

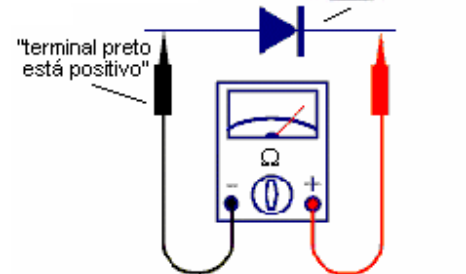
Procedimento:

a. Conecte no board o circuito da fig.5

b. Varie a tensão V_D no diodo em “steps” de **0.1 V**.

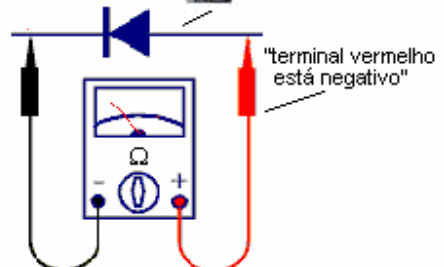
c. Meça e anote a voltagem V_D (V) e a corrente I_D (mA) através do diodo como sugerido na tabela da fig.6

fig.2
Teste para o diodo



a) O ohmímetro indica baixa resistência

fig.2b
Teste para o diodo



b) O ohmímetro indica alta resistência

fig. 3

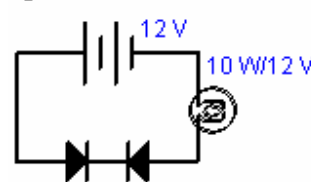


fig. 4

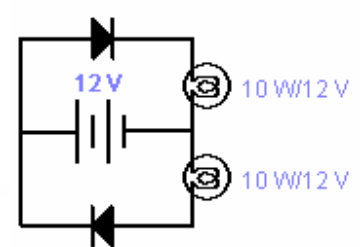
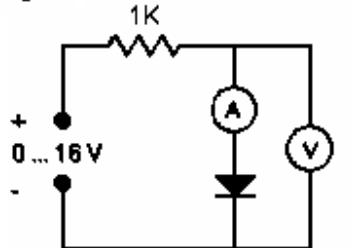


fig.5



circuito prático para obter característica tensão-corrente

fig. 6
tabela

V_i (V)	V_D (V)	I_D (mA)
0		
.		
.		
16		

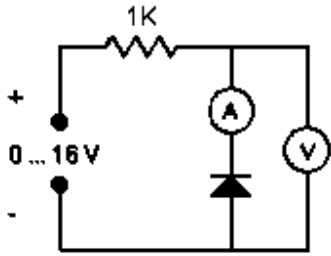
Parte II

a. Conecte no board o circuito da fig.7. Note que o diodo está reversamente polarizado.

b. Varie a tensão V_D no diodo em “steps” de 1V.

c. Meça e anote a voltagem V_D (V) a corrente I_D (mA) através do diodo como sugerido na tabela da fig.8.

fig.7



circuito prático para obter característica tensão-corrente

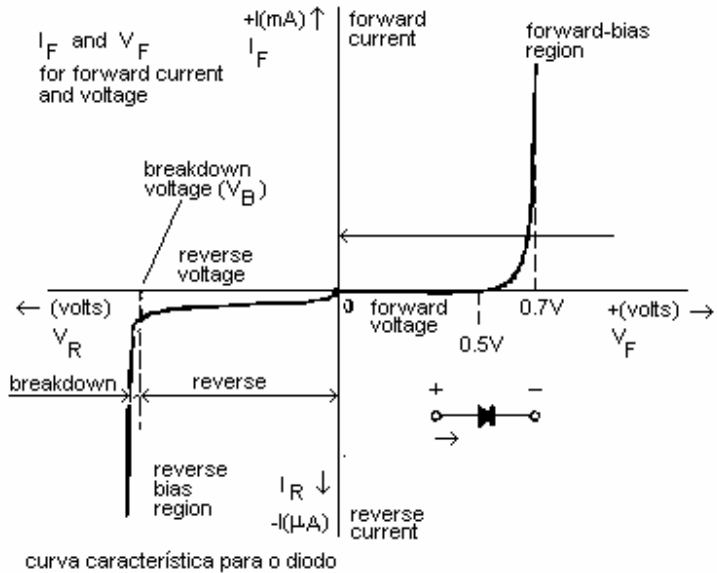
fig.8
tabela

V_i (V)	V_D (V)	I_D (mA)
0		
.		
.		
16		

d. Usando o “Graphical Analysis” ou um analisador gráfico qualquer “plot” I_D versus V_D . O que poderá ser obtido é mostrado na fig.9. Este é um resultado típico obtido para um diodo de silício.

e. Mediante análise do gráfico, determine a resistência do diodo para diferentes valores de V_D e I_D e responda: Como a resistência do diodo “forward-bias” varia com a voltagem? Estes valores são conhecidos como “d.c. or static resistance” do diodo. O “slope” ou gradiente da curva em um particular ponto é conhecido como “dynamic resistance” do diodo.

fig.9



Referências:

Brophy J. Eletrônica básica, Guanabara Dois S.A., Rio de Janeiro - RJ 1978.

Plant, Macolm. Basic Eletronics, London, SCDC Publications

Harowitz P.; Hill W. The Art of Eletronics, USA, Cambridge University Press, 1989