

Teoria dos semicondutores

Introdução:

Os semicondutores provocaram uma verdadeira revolução na tecnologia da eletrônica. Nenhum aparelho eletrônico atual, desde um simples relógio digital ao mais avançado dos computadores, seria possível sem os mesmos.

Nosso objetivo nesta aula não é estudar a física de semicondutores, pois é extremamente complexa, e esta será deixada para os físicos.

Conceitos básicos

Átomo ⇒ O átomo é a menor parte da matéria que ainda conserva suas propriedades básicas. Podemos definir matéria como qualquer coisa que ocupa lugar no espaço e tem massa, pode ser sólida, líquida ou gasosa.

Constituição ⇒ Os átomos de qualquer material existente no universo são constituídos basicamente pelas seguintes partículas.

Próton ⇒ Localizado no núcleo do átomo e que possui uma carga elétrica positiva.

Nêutron ⇒ Também localizado no núcleo, e que não possui carga elétrica.

Elétron ⇒ Partícula que se move em torno do núcleo, e que possui carga elétrica negativa.

Propriedades do átomo

O átomo é eletricamente neutro, pois o número de elétrons presentes em suas órbitas é igual ao número de prótons presentes em seu núcleo.

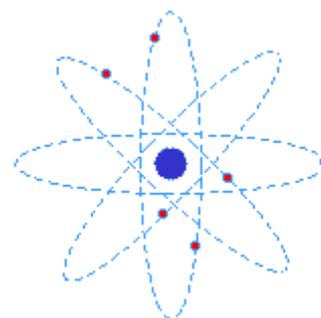
Estrutura atômica

Niels Bohr, imaginou o átomo como um núcleo rodeado por elétrons em sua órbita. Para tanto, Bohr fez as seguintes hipóteses:

Primeira ⇒ Os elétrons podem ocupar apenas certas órbitas especiais ao redor do núcleo, chamadas órbitas estacionárias.

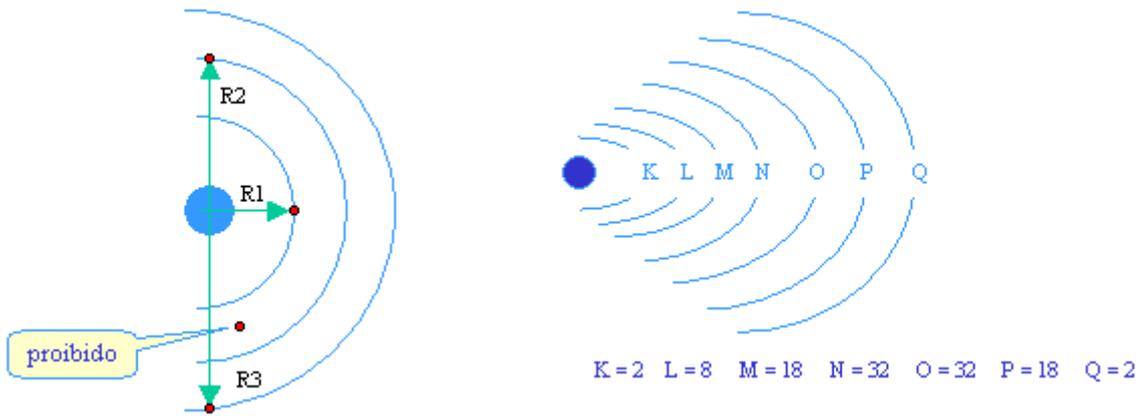
Segunda ⇒ O equilíbrio dinâmico do átomo nos estados estacionários (isto é, quando os elétrons ocupam órbitas estacionárias) é governado pelas leis de Newton.

Terceira ⇒ O átomo pode passar de um estado estacionário a outro por emissão ou absorção de radiação eletromagnética.



Níveis de energia

Os elétrons giram em torno do núcleo descrevendo órbitas, ou camadas, cada camada possui um nível de energia. As órbitas possuem um raio bem definido em relação ao núcleo, aceitando um número máximo de elétrons. A última camada é chamada camada de valência e é a mais importante, pois é ela quem define se um átomo é estável ou instável.



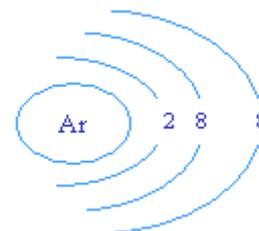
Nota : Um átomo não pode descrever uma órbita intermediária, primeira hipótese de Bohr.

Classificação dos materiais

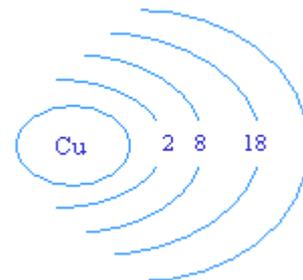
Quando um elétron é bombardeado com uma energia externa, haverá um acúmulo de energia e o mesmo desloca-se de uma órbita menor para uma órbita maior. Em alguns átomos esse deslocamento será mais fácil que em outros. Essa maior ou menor facilidade de fazer com que um elétron se movimente, é o que define o material como isolante, condutor ou semicondutor.

Átomo estável ⇒ um átomo é estável quando possui em sua última camada 8 elétrons, esses átomos estão fortemente ligados ao seu núcleo, são chamados de gases nobres, (exceção ao gás Hélio que possui dois elétrons na última camada). Todos **são péssimos condutores de eletricidade.**

Exemplo: Argônio



Exemplo: Cobre

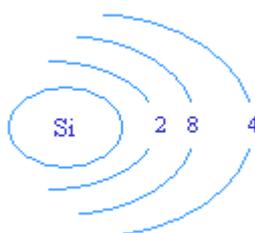


Átomo instável ⇒ um átomo é instável quando possui em sua última camada 1, 2 e 3 elétrons, esses átomos estão fracamente ligados ao seu núcleo, são chamados de materiais condutores, e **são bons condutores de eletricidade.** Vejamos alguns:

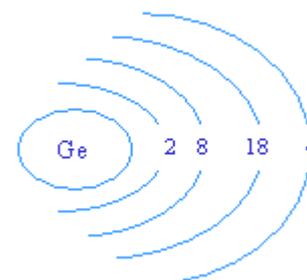
Alumínio (Al) = 2 | 8 | 3
Prata (Ag) = 2 | 8 | 18 | 1

Semicondutores ⇒ O nome é bastante sugestivo, pois o prefixo semi é normalmente plicado a uma faixa de níveis situados entre dois limites, em nosso caso entre Isolantes e condutores. O Silício e o Germânio são os mais usados na indústria de semicondutores, e portanto na indústria de eletrônica, já o carbono ainda esta em fase de implementação e portanto não temos dados suficientes para iniciar um estudo.

Silício

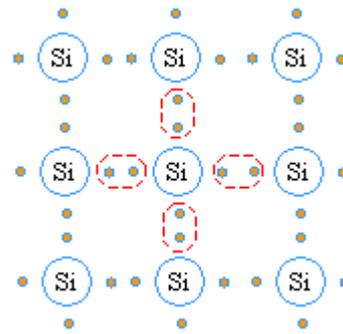


Germânio



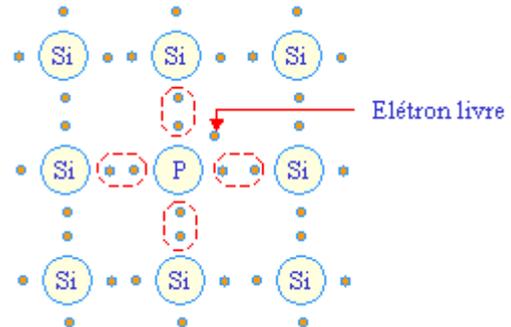
Cristais

O átomo de silício isolado possui 4 elétrons na sua última camada, porém para serem quimicamente estáveis, necessitam de 8 na última camada. Os átomos de silício poderão se combinar com outros átomos a fim de chegar a sua estabilidade e formar um arranjo ordenado de átomos, chamado cristal.



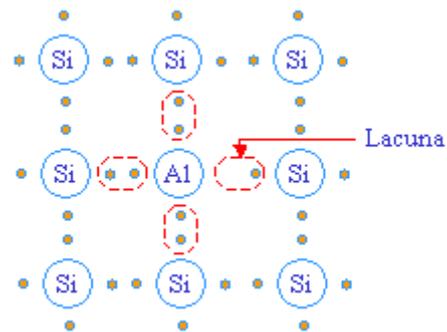
Semicondutor tipo N

Dizemos que um semicondutor é do tipo N, quando foi dopado, com impurezas pentavalentes, ou seja, átomos que possuem cinco elétrons na última camada, explicando “pegamos” um átomo com 5 elétrons na última camada e adicionamos a cristal puro. Vejamos na figura ao lado um cristal dopado com fósforo.

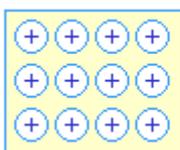


Semicondutor tipo P

Dizemos que um semicondutor é do tipo P, quando foi dopado, com impurezas trivalentes, ou seja “pegamos” um átomo com 3 elétrons na última camada e adicionamos a um cristal puro. Vejamos na figura ao lado um cristal dopado com alumínio.



Ilustrando o cristal tipo P e N



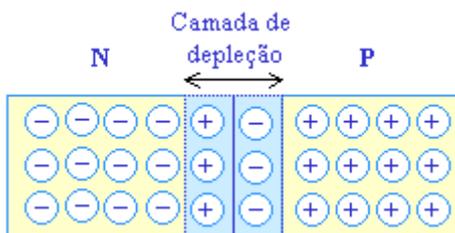
Semicondutor tipo P, dopado com impurezas trivalentes
Falta de elétrons
Lacunas



Semicondutor tipo N, dopado com impurezas pentavalentes
Excesso de elétrons
Elétrons Livres

A junção PN

Quando ocorre a união dos semicondutores tipo **P** e **N**, o excesso de elétrons da parte **N** é atraída pela falta de elétrons da parte **P**, provocando recombinações de pares elétrons – lacunas, havendo inicialmente uma difusão de elétrons livres do lado **N** para o lado **P** e de lacunas do lado **P** para o lado **N**.



A camada de depleção

A consequência disso é que do lado **N** aparecerão íons positivos não neutralizados e do lado **P** íons negativos não neutralizados fazendo aparecer uma região que não tem cargas livres, por isso é chamada de **região de depleção**.

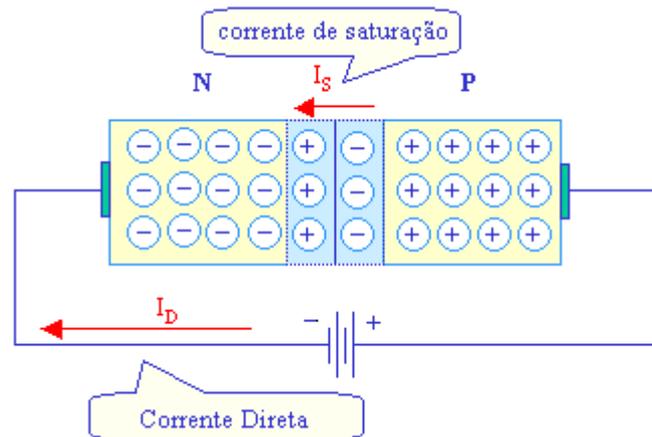
A barreira de potencial

A região de depleção cria um campo elétrico em seu interior impedindo que os elétrons livres continuem se difundindo através da junção. É fácil, imagine um elétron livre do lado N tentando se difundir com uma lacuna do lado P, ele iria encontrar um outro elétron livre e ocorreria uma repulsão. Em semicondutores de silício essa barreira será de aproximadamente 0,7 V e nos de germânio essa barreira será de aproximadamente 0,3 V.

Polarização direta da Junção PN

Adicionando uma fonte de energia externa, bombardeando os elétrons livres do semiconductor tipo N, eles aumentarão seu nível de energia e se esta for mais alto que a barreira de potencial o diodo conduzirá.

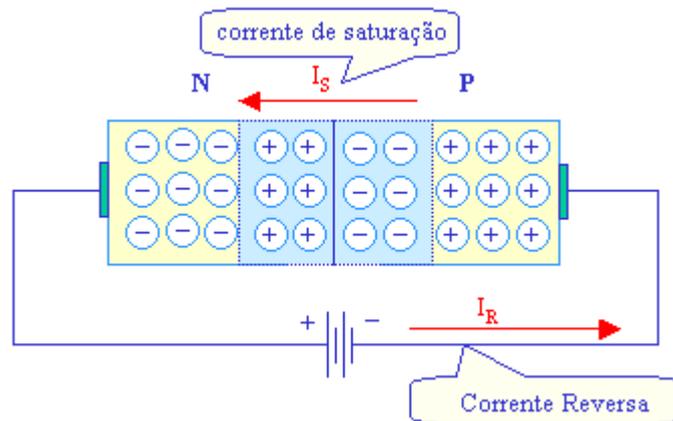
Resumindo
 Se $I_D < I_S$ não conduz
 Se $I_D = I_S$ não conduz
 Se $I_D > I_S$ conduz



Polarização reversa da Junção PN

Adicionando uma fonte de energia externa, bombardeando as lacunas presentes no lado P aumenta os pares elétrons – lacuna e conseqüentemente a região de depleção é aumentada não permitindo a passagem da corrente elétrica.

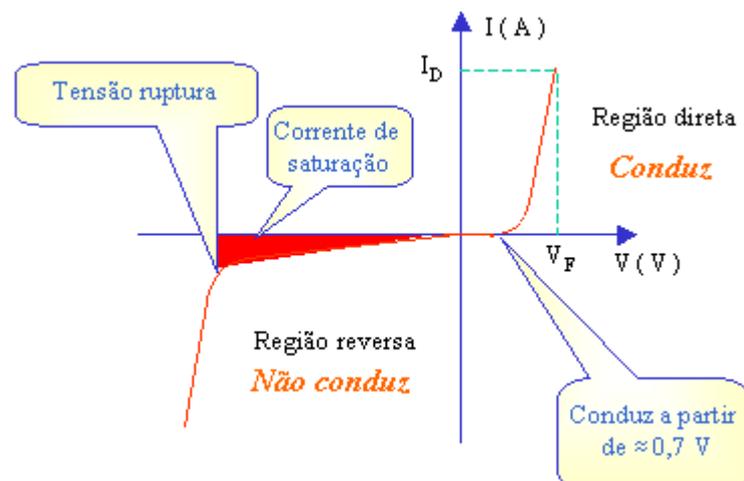
Para facilitar o entendimento adotamos o sentido real de elétrons e não convencional.



A região de ruptura

Quando você reverte a polarização aumenta a corrente de saturação da junção PN, até que ocorra o que chamamos de avalanche, onde uma pequena variação de tensão provoca uma grande variação de corrente. Essa região é o chamamos de ruptura ou zener.

www.clubedaeletronica.com.br



Referências bibliográficas:

- ❑ Malvino, A.P. Eletrônica - volume I. São Paulo: McGraw Hill, 1987.
- ❑ Boylestad, R. e Nashelsky, L. Dispositivos Eletrônicos e Teoria dos Circuitos. Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 1994.
- ❑ Marcus, O. Circuitos com diodos e Transistores. São Paulo: Érica, 2000
- ❑ Lalond, D.E. e Ross, J.A. Princípios de dispositivos e circuitos eletrônicos. São Paulo: Makron Books, 1999.
- ❑ Site: <http://www.eletronica24h.com.br>
- ❑ Site: <http://myspace.eng.br/eng/semic/semic1.asp>