

Tipos Especiais de Diodos

Schottky

Existem dois tipos de junção metal-semicondutor: *ôhmica* e *retificadora*; o primeiro é o tipo de contato desejado quando um terminal é soldado ao semicondutor; por outro lado o contato retificador resulta em um diodo metal-semicondutor (chamado *barreira Schottky*), com uma característica volt-ampère muito similar àquela de um diodo *p-n*. O diodo metal-semicondutor foi estudado vários anos atrás, mas até o final da década de 60, os diodos Schottky não eram comercialmente disponíveis devido a problemas de fabricação. A maior parte das dificuldades de fabricação são devidas aos efeitos de superfície: empregando algumas técnicas em circuitos integrados é possível construir um diodo metal-semicondutor quase ideal, com menor custo.

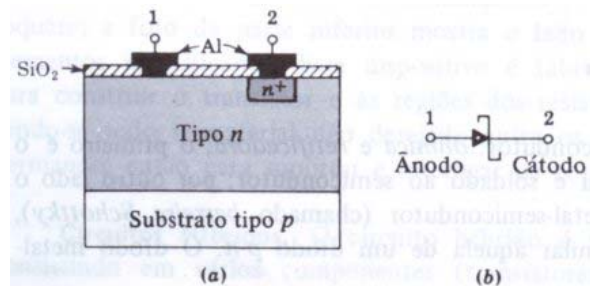
O alumínio comporta-se como uma impureza do tipo *p*, quando em contato com o silício. Se utilizarmos o alumínio para formar os contatos com o silício do tipo *n*, é desejável a formação de um contato ôhmico, mas devemos evitar a formação da junção *p-n*; é por esta razão que são feitas difusões n^+ nas regiões do tipo *n* próximo a superfície, onde o alumínio será depositado. Porém, se não fizermos a difusão n^+ teremos uma estrutura *p-n* equivalente, resultando em um excelente diodo metal-semicondutor.

A figura ao lado mostra um diodo Schottky; o contato 1 é uma barreira Schottky, ao passo que o contato 2 é ôhmico (não retificador); assim, existe um diodo metal-semicondutor entre estes dois terminais, com o ânodo no contato 1. A fabricação de um diodo Schottky é realmente mais simples do que um diodo *p-n*, que requer uma difusão (tipo *p*) extra.

A característica volt-ampère externa de um diodo metal-semicondutor é essencialmente a mesma que a de uma junção *p-n*, mas os mecanismos físicos envolvidos são mais complicados. No

sentido direto de polarização, elétrons cruzam a junção do silício do tipo *n* para o metal, onde são abundantes. Neste sentido, este é um dispositivo de portadores majoritários, enquanto os portadores minoritários explicam a características do diodo *p-n*. Diodos Schotky apresentam um tempo de armazenamento pequeno, pos a corrente é devida predominantemente aos portadores majoritários.

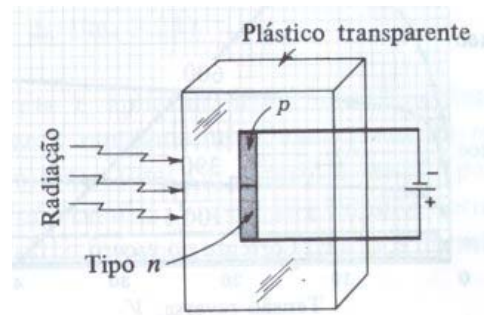
A tensão no diodo Schottky também é muito menor que a do diodo *p-n*, para a mesma corrente direta. Assim, uma tensão limiar de cerca de 0,3 V é razoável para diodo metal-semicondutor, enquanto para uma barreira *p-n*, a tensão limiar é 0,6 V. Assim o diodo metal-semicondutor é mais próximo do diodo ideal do que um diodo *p-n*.



(a) Diodo Schottky construído pelas técnicas de Cis. O alumínio e a região *n* levemente dopada foram o contato retificador 1, enquanto o metal e a região n^+ fortemente dopada formam o contato ôhmico 2. (b) Símbolo para este diodo metal-semicondutor

Fotodiodo

Se iluminarmos uma junção $p-n$ reversamente polarizada, a corrente varia quase linearmente com o fluxo luminoso. Este efeito é aproveitado no *fotodiodo* semiconductor. Este dispositivo é formado de uma junção $p-n$ recoberta por um plástico transparente, como mostra a figura ao lado. Com exceção de uma janela sobre a junção, as demais partes são pintadas de preto ou encapsuladas em um invólucro metálico. O dispositivo completo é extremamente pequeno e suas dimensões são milimétricas.



Se aplicarmos tensões reversas, além de poucos décimos de volt, obteremos uma corrente quase constante. A corrente que obtemos colocando o dispositivo no escuro corresponde à corrente de saturação reversa devida à geração térmica dos portadores minoritários. Se um feixe de luz incide *sobre* a superfície, novos pares elétron-lacuna serão gerados.

O fotodiodo $p-n$ é particularmente a versão melhorada $n-p-n$ e encontram muitas aplicações na leitura de altas velocidades das perfuradoras de cartões e fitas de computadores, sistema de *detecção de luz*, leitura da trilha sonora de um filme, chaves operadas por luz, linhas de produção contendo objetos que interrompam um fluxo luminoso, etc.

LED (Díodos Emissores de Luz)

Assim como é necessário fornecer energia para gerar o par elétron-lacuna, da mesma maneira a energia é liberada quando um elétron recombina com uma lacuna; no silício e no germânio esta recombinação ocorre por meio de armadilhas e a energia liberada é transferida para o cristal sob forma de calor; entretanto, em outros semicondutores tais como o arseneto de gálio, há uma quantidade considerável de recombinação direta sem a ajuda de armadilhas. Nestas circunstâncias a energia liberada pelo elétron, ao cair da banda de condução para a banda de valência, aparece em forma de radiação; um díodo que funciona nestas condições é chamado *díodo emissor de luz (LED)*, embora a maior parte da radiação emitida esteja na faixa do infravermelho. A eficiência do processo de geração de luz aumenta com a corrente injetada e com a diminuição da temperatura. A luz está concentrada perto da junção devido ao fato de que a maior parte dos portadores se recombinam nas vizinhanças da mesma.

Sob certas condições, a luz emitida é coerente (essencialmente monocromática). Tal díodo é chamado de emissor de luz a junção.

LCD (displays de cristal líquido)

O display de cristal líquido (LCD) possui uma vantagem importante em relação ao LED; exige menos potência para o seu funcionamento. O nível necessário é da ordem de microwatts para o display, enquanto que em um LED o nível de potência exigido é da faixa de miliwatts. Este dispositivo, entretanto, necessita de uma fonte de luz externa ou interna, é limitado à faixa de temperatura de cerca de 0° até 60° C, e sua vida útil é motivo de polêmica, pois os LCDs podem quimicamente se degradar. Os tipos alvo de maior interesse são os dispositivos de efeito de campo e de espalhamento dinâmico.

O cristal líquido é um material (normalmente orgânico para LCDs) que flui como um líquido, mas com uma estrutura molecular com algumas propriedades normalmente associadas aos sólidos. Para os dispositivos de espalhamento de luz, o maior interesse está no *cristal líquido nemático*. A superfície condutora de óxido de índio é transparente e, sem tensão aplicada, a luz incidente passa através da estrutura sem ser obstruída pelo cristal líquido. Se uma tensão for aplicada aos terminais da superfície condutora, o arranjo molecular é perturbado, estabelecendo regiões com diferentes índices de refração. A luz incidente é, portanto, refletida em diferentes direções na interface entre regiões de diferentes índices de refração. A consequência disto é que na região em que a luz é espalhada o aspecto é de um vidro fosco. Entretanto o vidro fosco aparece somente onde as superfícies condutoras são opostas entre si, e as demais áreas permanecem translúcidas.