

TECNOLOGIA DOS TRANSISTORES

Noções sobre a construção de transistores

Como já tivemos oportunidade de citar, na fabricação de semicondutores (diodos e transistores) são empregados materiais extraordinariamente puros, aos quais se juntam quantidades, determinadas com bastante precisão, de **impurezas**.

Existem diversas técnicas na fabricação de transistores e as principais serão expostas nesta lição especial.

Obtenção do cristal puro (monocristal)

Os transistores atuais são fabricados, principalmente, de germânio e silício. Esses dois materiais, quando solidificados, são chamados de **cristal**. Assim, diz-se cristal de germânio e cristal de silício.

Na fabricação de um semicondutor, a primeira fase consiste na obtenção de cristal, o mais puro possível. Para isso, parte-se de um composto que contenha o cristal desejado e purifica-se o mesmo por diferentes processos. Para a obtenção do cristal de germânio, por exemplo, parte-se do mineral conhecido como **germanita**. Inicialmente, purifica-se a germanita através de tratamento químico. O cristal de germânio é, após esse tratamento, fundido a temperatura elevada (cerca de 1000°C - mil graus centígrados) que volatiliza grande parte das impurezas que ainda permaneciam no cristal. Em seguida, esse cristal é esfriado em um recipiente, que lhe dá a forma de **barra**.

Essa barra de cristal não está ainda tão pura quanto o necessário para que possa entrar na fabricação do semicondutor. Essa purificação é conseguida por outros processos, sendo um deles bastante divulgado: o conhecido como **fusão localizada** ou **fusão zonal**.

A fusão localizada consiste em fazer a barra de cristal deslizar em um forno aquecido em uma zona restrita.

Na **figura 15**, mostramos o esquema de purificação pelo processo de fusão localizada. Como se observa, o cristal em forma de barra é colocado dentro de um recipiente (chamado **cadinho**) de material mau condutor de eletricidade, geralmente grafita. O conjunto é colocado dentro de um tubo de quartzo, onde não existe gás ativo, para garantir que o cristal não seja maculado pelas impurezas do ambiente. Envolvendo o tubo de quartzo, são colocadas bobinas, que estão ligadas a um gerador de radiofrequência. O funcionamento do conjunto é o seguinte:

A corrente de radiofrequência, na bobina, cria um campo eletromagnético variável em suas proximidades. Esse campo induz uma corrente no cadinho de grafita, que, por ser mau condutor, se aquece. Nota-se que o aquecimento só se dá na zona onde age a corrente de radiofrequência, ou seja, em uma zona bem determinada. Nessa zona, o cristal se funde. Como o cadinho se movimenta horizontalmente, admitamos que seja da direita para a esquerda, as zonas fundidas também se deslocarão da mesma maneira, permanecendo as impurezas do cristal. Essas impurezas ficarão concentradas na extremidade direita da barra, extremidade essa que será cortada.

Quanto mais se repete o processo descrito, mais pura vai ficando a barra.

Poderíamos comparar esse processo a uma varredura. A zona de fusão seria a vassoura, que vai deslizando sobre o cristal, limpando-o das impurezas.

Uma vez formado o cristal puro, junta-se uma quantidade exatamente determinada da outra substância (impureza), de modo a formar o cristal tipo P ou N.

Para formar um transistor PNP de germânio, por exemplo, parte-se de uma placa de germânio de pouca espessura (décimos de milímetro), à qual se solda

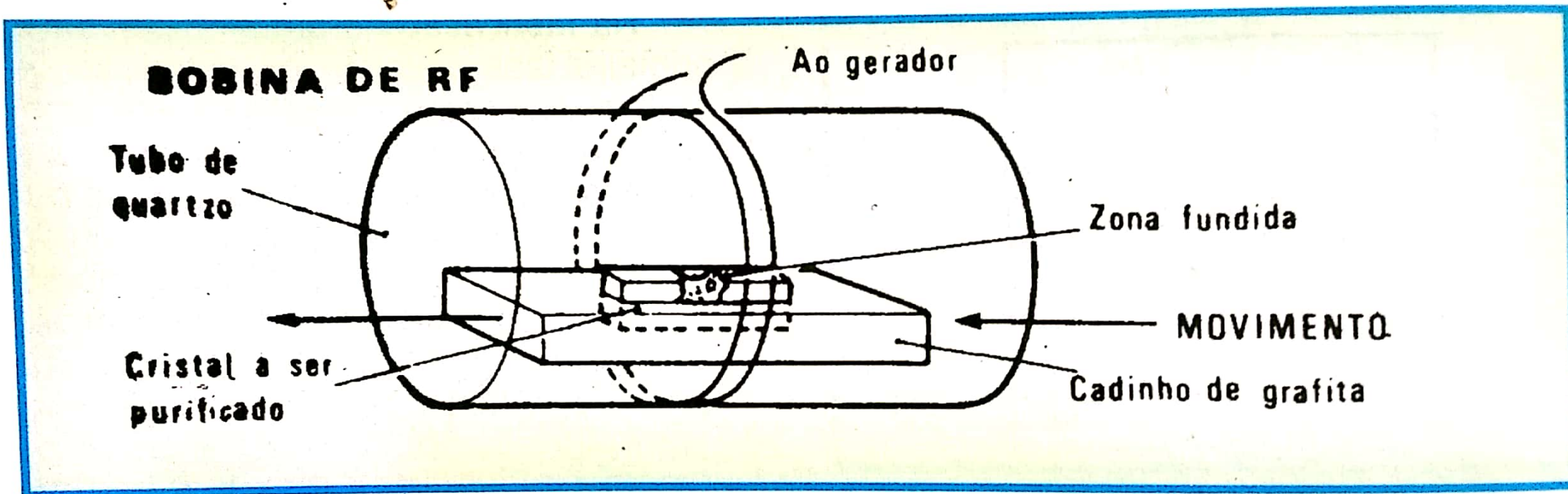


Figura 15 - Purificação do cristal.

um suporte metálico. Depois de purificado o cristal, aplica-se uma pequena quantidade de **índio** nos dois lados da placa de germânio. Em seguida, aquece-se o conjunto, de maneira que só o índio se funda. Em estado líquido, o índio dissolve uma pequena quantidade de germânio e se satura. Nesse processo o coletor e o emissor são eletricamente iguais, entretanto, o coletor é maior, fisicamente, que o emissor.

O transistor NPN se faz da mesma maneira.

As qualidades de um transistor dependem da técnica usada em sua fabricação. Por este motivo, atualmente, utilizam-se técnicas especiais, que recebem nomes característicos, como veremos a seguir:

1ª - Técnica de liga

A técnica de liga é aquela que expusemos no item anterior. Na **figura 16**, mostramos um esquema do transistor

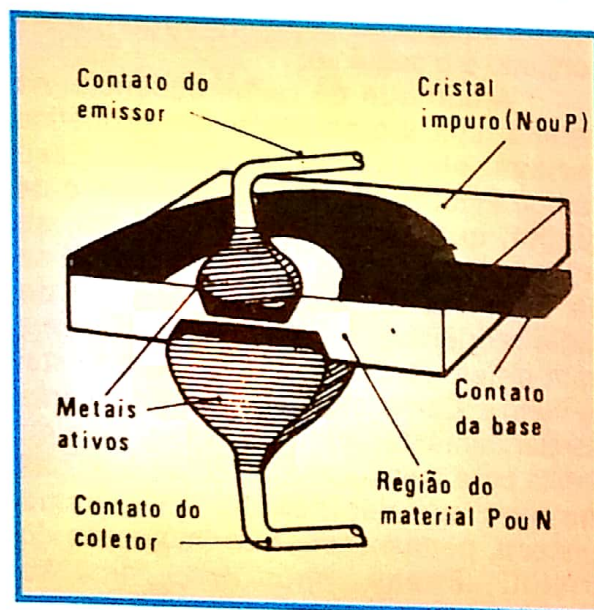


Figura 16 - Técnica de liga.

construído sob essa técnica. O aluno observa que, sobre a fatia de cristal (N ou P), estão colocadas as gotas do metal ativo que formarão as junções. Em cada uma das três regiões é soldado o terminal, que servirá para contato com o circuito externo. O conjunto é encapsulado em metal ou "epoxi".

2ª - Técnica de liga-difusão

A técnica de liga-difusão é ligeiramente diferente da técnica de liga.

Para construir transistores do tipo de liga-difusão (ou liga por difusão), parte-se de um cristal do tipo P, por exemplo, que se constituirá no coletor do transistor. Em seguida, sobre o cristal citado, colocam-se duas pastilhas bastante próximas uma da outra. Uma delas contém impurezas do tipo N e será a base do transistor. A outra conterá impurezas tanto do tipo N como do tipo P e será o emissor. O conjunto é submetido a aquecimento até uma temperatura adequada, de modo que as impurezas das pastilhas penetrem na lâmina do coletor. Como as impurezas do tipo P penetram (difundem-se) mais devagar que as do tipo N, entre o coletor, que é do tipo P, e o emissor, que contém impurezas N e P, forma-se uma fina camada do tipo N, que se une com a camada N da base.

Na figura 17a, mostramos um corte da lâmina P e das pastilhas N e N + P. Em 17b, representamos o transistor após o aquecimento.

A vantagem do transistor de

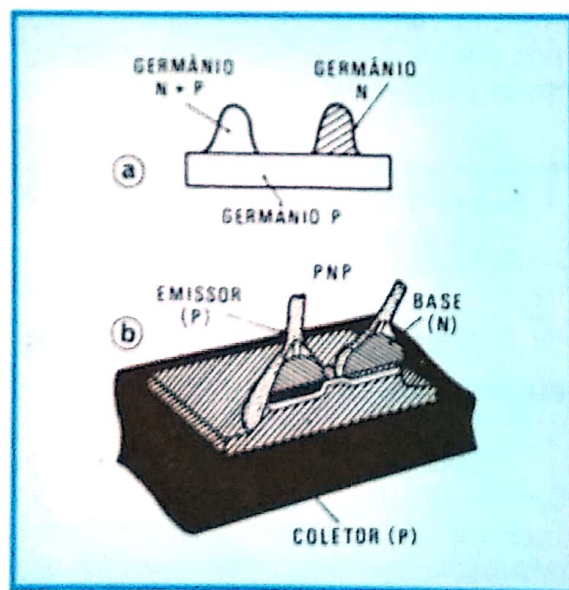


Figura 17 - Técnica de liga-difusão.

difusão por liga sobre o transistor de liga, que descrevemos no item anterior, está em que, com esta técnica (liga-difusão), consegue-se base bastante estreita, o que é fundamental para que o transistor funcione bem, em frequências elevadas.

3ª - Técnica da dupla difusão

Esta técnica é um aperfeiçoamento da anterior e, conseqüentemente, permite a construção de transistores de melhores

qualidades.

Para se construir um transistor de dupla difusão, parte-se de uma lâmina de germânio do tipo P ou N. Suponhamos que se parta do germânio P, ou seja, cujas impurezas sejam **aceitadoras**. Então, mergulha-se essa fatia em vapor de substância **doadora**. Essa substância, depositada em ambos os lados da fatia, se constituirá no emissor e no coletor do transistor, que serão do tipo N. Em seguida, em uma parte da união das faces da fatia, faz-se nova difusão, mas, desta vez de substância **aceitadora**, formando-se, nesse local, uma região do tipo P, que será a base do transistor.

Na **figura 18**, mostramos o corte do transistor de dupla difusão.

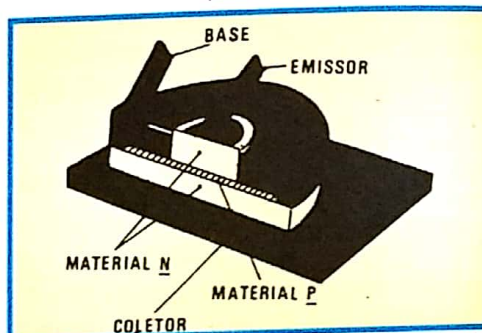


Figura 18 - Técnica de dupla difusão.

4ª - Construção-mesa

A construção do tipo mesa utiliza, ainda, o processo de difusão. O nome mesa se origina do fato de existir, no material do coletor, uma saliência em forma de mesa, sobre a qual são colocados os contatos para a base e o emissor.

Para a fabricação de um transistor mesa, parte-se de uma lâmina (ou disco) de germânio do tipo P. Em seguida, um dos lados desse disco é exposto a vapores, contendo impurezas do tipo N. Estas impurezas se difundem (penetram) na superfície, formando uma fina camada de germânio do tipo N. Sobre uma pequena parte dessa camada é agora difundido um material aceitador, que formará o emissor do transistor. A camada N será a base e a lâmina P, de que se partiu, será o coletor. Na **figura 19** mostramos o corte de um transistor do tipo mesa.

O transistor do tipo mesa também apresenta bom funcionamento em frequências elevadas.

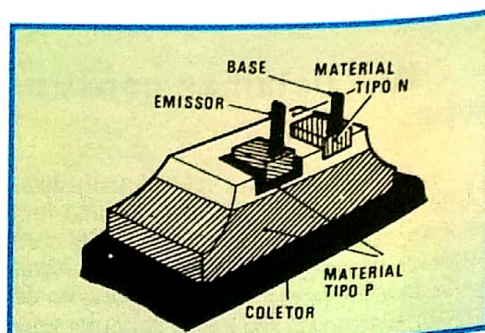


Figura 19 - Construção mesa.