En un transistor de unión bipolar (TBJ) vertical la corriente fluye perpendicularmente a la superficie del chip, en una dirección vertical. Como introducción a este tipo de variante de TBJ, se puede mencionar que el TBJ vertical está compuesto por tres capas principales de material semiconductor, el emisor, la base y el colector, en sus configuraciones NPN o PNP. Además, físicamente conlleva contactos metálicos para permitir la conexión eléctrica externa, de manera de hacer circular corrientes en el dispositivo. Para este TBJ vertical u otra variante, se inyectan y se controlan los portadores de carga (electrones o huecos) a través de las uniones PN entre el emisor, la base y el colector, esto es aplicado un voltaje adecuado (supongamos un NPN) entre el emisor y la base, de manera que se produzca una inyección de portadores desde el emisor hacia la base. La corriente de colector es “modulada” por una pequeña corriente de base, dando una amplificación de corriente, propiedad más conocida y recurrente entre los TBJs. Los TBJ verticales pueden manejar corrientes altas debido a su capacidad para disipar el calor de manera más eficiente a través de su estructura vertical. Posee además menor resistencia serie en el colector, lo que mejora la eficiencia del dispositivo. Por otra parte, este tipo de dispositivo, son ideales para aplicaciones donde se requiere una alta densidad de integración, como en circuitos integrados de alta potencia y dispositivos radiofrecuencia. En cuento a su velocidad de respuesta, al poseer disposición vertical y baja resistencia serie, los TBJ verticales pueden operar a frecuencias más altas, lo que los hace adecuados para aplicaciones de alta velocidad.

En el TBJ lateral, la corriente principal fluye paralelamente a la superficie del chip, en dirección horizontal. Al igual que en el vertical, la estructura física, posee contactos metálicos como terminales de emisor, base y colector. Los TBJ laterales son más fáciles de fabricar con técnicas de planarización de la industria de semiconductores, lo que los hace más económicos en la producción en masa. La estructura lateral puede ser reducida respecto a la capacidad de colector, lo que mejora la velocidad de operación del dispositivo en ciertas aplicaciones. Como desventajas, se puede mencionar el manejo de corrientes más bajas en comparación con los TBJ verticales debido a la mayor resistencia serie y menor área de contacto para la disipación de calor. En este sentido, la estructura lateral tampoco es adecuada para aplicaciones de alta potencia.

Un transistor lateral PNP utiliza material tipo P tanto para la fabricación del emisor como del colector. Un transistor vertical PNP utiliza material tipo P como emisor y el sustrato tipo P como colector. En ambos transistores, la base está hecha de una capa epitaxial de tipo n. Estos transistores de base uniforme y gruesa son lentos y la ganancia de corriente β, es pequeña. Para el PNP vertical, se usa en las etapas de salida del amplificador operacional. Para el PNP lateral: La corriente del emisor se pierde por acumulación de parásitos en la pared de aislamiento y en el sustrato. Esto da como resultado una reducción de la ganancia de corriente. Las distancias laterales suelen ser mayores que las verticales, por lo que los tiempos de tránsito también son mayores. El emisor con polarización directa inyecta agujeros en la base debajo del emisor. La mayoría de estos huecos se almacenan allí, pero parte de ellos serán recogidos por el sustrato, dando lugar a una corriente de sustrato que reduce la ganancia. Los transistores PNP laterales tienen una ganancia de corriente más baja (<50), frecuencias de tránsito máximas bajas (<100 Mhz) y corrientes de colector más bajas.

El BJT vertical tiene una región de base más estrecha dando como resultado un β más grande si las concentraciones de dopaje se mantienen iguales en ambos lados de la base y el emisor. Tienen diferente beta, Is, voltaje de ruptura.

Los BJT laterales son más fáciles de fabricar, pero tienen un rendimiento deficiente en altas frecuencias debido a la región de base más amplia. Una base más amplia se traduce en un mayor tiempo de tránsito base.

3. Debido a que la base es más ancha en el BJT lateral, son más lentos porque hay más carga almacenada en la región de la base. El lateral es un subproducto del proceso CMOS.

1. Los bipolares verticales tienen una región base más pequeña que la lateral. El ancho de la base para el vertical es mucho menor que el lateral, por lo tanto, cuanto mayor sea el Ft, el vertical tiene más carga base, Q, que el lateral.

Esto permite un voltaje inicial más alto y evita que la beta alta caiga con una corriente alta.

Sí, la corriente de sustrato del componente vertical parásito aumenta la corriente de base de su BJT lateral.

1. ¿Cómo se compara el voltaje inicial de los 2 dispositivos?

Obtendrá un mejor producto beta de voltaje early con un BJT vertical. Beta no es mejor que vertical, pero el voltaje inicial es mucho mejor, por lo que el producto Early Voltaje y Beta será mejor que el BJT vertical.

2. ¿Cómo se compara el tamaño y el diseño de los 2 dispositivos?

La capacidad de transporte de corriente del dispositivo lateral es peor, por lo tanto, el tamaño del transistor suele ser mucho mayor que el del dispositivo vertical para transportar la misma cantidad de corriente.

3. β en uno de ellos cae más rápidamente al aumentar Ic

Esto se debe a la alta resistencia básica del dispositivo lateral. La conexión a la base de un dispositivo lateral se suele realizar a través del epi/well, que es de alta resistencia.