

324088



324088

MEMORIA DESCRIPTIVA

---

---

PATENTE DE INVENCION.

PAIS : ESPANA.

DURACION : 20 AÑOS.

OBJETO : "UN DISPOSITIVO DE INTERRUPCION SEMICONDUCTOR  
"BILATERAL".

=====

A nombre de : GENERAL ELECTRIC COMPANY.

Residente en : SCHENECTADY (New York) 1, River Road.

Nacionalidad : ESTADOUNIDENSE.



324088

Este invento se refiere a dispositivos interruptores semiconductores bidireccionales (bilaterales) del tipo que puede conmutarse entre dos estados de impedancia, es decir, entre un estado de alta impedancia y uno de baja impedancia, para conducción de corriente en ambas direcciones a través del dispositivo semiconductor. Más particularmente, el invento se refiere a dispositivos de esta clase en los cuales un electrodo de barrera o de control proporciona control para ambas partes de la salida de una alimentación de corriente alterna aplicada entre un par de electrodos principales del dispositivo.

El interruptor semiconductor bidireccional de tres conductores se ha convertido en un componente importante en una gran variedad de aplicaciones de control.

El interruptor bidireccional de tres conductores se convierte en un elemento activo en aplicaciones de circuito conectando sus dos terminales principales portadores de corriente en el circuito a controlar. Con el dispositivo en su estado de desconexión, actúa como elemento de gran impedancia; salvo por una pequeña corriente de fuga, el interruptor actúa como un circuito abierto. Cuando el interruptor está en su estado de conexión, presenta una impedancia más baja (esencialmente un cortocircuito) a la corriente. La corriente puede conectarse, para un voltaje aplicado a través de sus terminales principales, en cualquier dirección o en ambas di



recciones. En otras palabras, puede actuar como elemento de gran impedancia para la corriente en ambas direcciones o como elemento de gran impedancia para la corriente en una dirección y, esencialmente como corto-circuito, para la corriente en dirección opuesta, o puede operar como elemento de baja impedancia para la corriente en ambas direcciones. Además, el tiempo durante cualquier semi-ciclo de una alimentación alterna en el cual el interruptor puede hacerse conductivo, puede variarse. El mecanismo usual para hacer que el interruptor sea conductor consiste en aplicar un voltaje para introducir o extraer corriente desde un tercer conductor o terminal (denominado conductor de disparo o de barrera o puerta) que aumenta la corriente que pasa por el dispositivo haciendo con ello que sea conductor. Esta acción se denomina de manera descriptiva disparo o conexión del dispositivo.

Para los interruptores bidireccionales tales como se consideran aquí se usa un sólo terminal (terminal de barrera) para conectar el paso de corriente en cualquier dirección a través del dispositivo. Así, tienen lugar diferentes movimientos de los portadores y se utilizan diferentes trayectos de la corriente para la conexión para direcciones opuestas del paso de la corriente de carga. Esto quiere decir que se utiliza un modo de disparo diferente para direcciones opuestas del paso de la corriente. En consecuencia, es difícil obtener el disparo en ambas direcciones del paso de la corriente con la misma magnitud de voltaje e intensidad del electrodo de barrera. Es muy deseable que, para ambas direcciones de conducción de la corriente a través del interruptor, el voltaje y la intensidad de la barrera para



60.- el disparo sean similares. Por consiguiente, es un objeto del presente invento crear medios para hacer que las características de disparo del electrodo de barrera de un dispositivo semi-conductor bidireccional resulten más aproximadamente simétricas para ambas direcciones de conducción.

65.- También es muy deseable proporcionar medios para el disparo de la barrera al valor mínimo posible de corriente y voltaje totales de la barrera. Por consiguiente, un objeto del presente invento es concentrar la corriente de la barrera de manera que la densidad de corriente requerida para conmutar el dispositivo desde el estado de alta impedancia al de baja impedancia pueda obtenerse a un valor menos de intensidad y voltaje totales de la barrera.

70.- Al llevar a la práctica el presente invento, se crea un único dispositivo semi-conductor de tres terminales (tres conductores) que controla ambas polaridades de la salida de una alimentación de corriente alterna. Con el fin de asegurar que la densidad de corriente requerida para conmutar el dispositivo se obtiene a un valor bajo de la intensidad de barrera y para conseguir el disparo de la barrera con un voltaje de barrera bajo, se crea un camino confinado localizado de baja resistencia para la corriente entre el electrodo de barrera y la unión principal de emisor más cercana.

75.- El invento, tanto en cuanto a su organización como a sus ventajas, podrá comprenderse mejor haciendo referencia a la descripción siguiente tomada conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los cuales:

80.- La fig. 1 es una vista en corte diagramática de una realización de un interruptor bidireccional de tres terminales construido de acuerdo con los principios del presente in-

85.-



vento y tomada a lo largo de las líneas de sección I-I de la fig. 2;

la fig. 2 es una vista en planta del interruptor bidireccional de tres terminales ilustrado en la fig. 1; y

90.- las figs. 3 y 4 son vistas en planta de otras realizaciones de interruptores bidireccionales de tres terminales que utilizan el presente invento.

Con referencia al dispositivo de las figs. 1 y 2 (particularmente con referencia a la vista en corte de la fig. 1)

95.- se ilustra un dispositivo semi-conductor bidireccional. El interruptor tiene tres terminales 1, 2 y 3 que estan destinados a ser conectados en el circuito en el cual se emplea el interruptor. Los terminales principales superior e inferior portadores de corriente 1 y 2, respectivamente, están

100.- conectados en un camino principal portador de corriente del circuito y el terminal de barrera 3 está conectado a una alimentación que suministra una señal de conexión de polaridad apropiada cuando el trayecto de corriente entre los terminales principales 1 y 2 ha de hacerse muy conductor. El dis

105.- positivo ilustrado es uno que puede conectarse con polarización negativa o positiva (corriente de barrera) con relación al electrodo superior principal 1. Así, si el electrodo principal inferior 2 es positivo o negativo con relación al electrodo principal superior 1, una corriente de barrera posi

110.- va o negativa pondrá el dispositivo en conducción.

En la realización ilustrada en las figs. 1 y 2 (véase particularmente la fig. 1) la oblea semi-conductora 10 puede considerarse como un dispositivo de cinco capas que tiene una región o capa de base 11 interna de tipo N de conducti

115.- vidad y regiones o capas 12 y 13 de tipo de conductividad P



- a lados opuestos. Las dos capas de tipo P 12 y 13 realizan funciones diferentes para conducción en sentidos opuestos a través de la oblea 10. Por ejemplo, cuando el terminal principal inferior 2 es positivo con relación al terminal principal superior 1, la capa de tipo P 12 inferior (es decir, inferior en la figura) opera como emisor y la unión  $J_2$  entre la capa inferior 12 de tipo P y la capa interior 11 de tipo N se considera como unión de emisor. En estas condiciones, la región superior de tipo P 13 (interior) constituye una región de base que está separada de la región de base 11 de tipo N por la unión  $J_1$ . Cuando se invierte la polaridad entre los terminales principales (terminal superior principal 1 positivo con relación al terminal inferior principal 2) la capa superior de tipo P 13 constituye un emisor y la capa inferior de tipo P 12 constituye una capa de base interna.
- 120.-
- 125.-
- 130.-

- Una región o capa superior 14 de tipo N de conductividad se forma junto a una parte de la capa de base interna de tipo P y está separada de ella por una unión rectificadora  $J_4$ . Como se ha ilustrado, esta región 14 de tipo N está espaciada a ambos lados del dispositivo. Cuando el terminal inferior 2 del dispositivo es positivo con relación al terminal superior 1, la región superior 14 de tipo N constituye una región de emisor y la región adyacente  $J_4$ , una unión de emisor. La región superior 14 de tipo N se denomina región de emisor principal. No constituye parte del trayecto activo de la corriente principal del dispositivo para conducción en el sentido opuesto.
- 135.-
- 140.-

- Con el fin de proporcionar una unión correspondiente de emisor, y emisor para conducción en el sentido opuesto
- 145.-



- (es decir, con el terminal superior 1 positivo respecto al terminal inferior 2), se forman un par de regiones de conductividad inferiores de tipo N 15 y 16 junto a una parte de región inferior 12 de tipo P y forman uniones rectificadas  $J_3$  y  $J_6$  respectivamente (uniones de emisor para esta polaridad). Las regiones inferiores 15 y 16 de tipo N son sólo contiguas a partes de la región inferior 12 de tipo P y están espaciadas para dejar una superficie descubierta de la región inferior 12 de tipo P debajo de la región de emisor externa superior 14 de tipo N. Así, la región superior 14 de tipo N solapa la parte descubierta de la región inferior 12 de tipo P para fines de conducción. Además, las regiones inferiores de emisor 15 y 16 de tipo N tienen partes que se extienden bajo una parte de la región de emisor superior 14 de tipo N y otras partes que quedan frente a partes descubiertas de la región superior de tipo P 13 para formar zonas solapadas con fines de conducción.

- Los contactos para el trayecto principal de conducción de corriente a través del dispositivo se hacen disponiendo contactos óhmicos 17 y 18 de baja resistencia sobre las caras principales inferior y superior, respectivamente, de la oblea 10. El electrodo o contacto inferior 17 toca las regiones inferiores exteriores 15 y 16 de tipo N y también la parte descubierta de la región contigua adyacente (inferior) 12 de tipo P. Así, el electrodo inferior 17 corto-circuita las uniones  $J_3$  y  $J_6$ . El electrodo principal superior 18 se extiende sobre la región de emisor exterior 14 de tipo N y sobre la parte descubierta de la región superior 13 de tipo P que está frente (encima) a la región inferior 16 de tipo N y, así, cortocircuita la unión superior  $J_4$ . Los elec-



trodos 17 y 18 están conectados eléctricamente a los terminales principales 2 y 1 respectivamente.

- Con el fin de proporcionar control de barrera, se dispone una región de emisor de barrera 19 de tipo N junto a
- 180.- la parte de la región superior 13 de tipo P y cerca de la región de emisor superior externa 14 de tipo N pero al lado opuesto de la región 14 respecto a aquél sobre el cual el electrodo principal superior 18 se extiende para tocar la región superior 13 de tipo P. La unión rectificadora definida
- 185.- nida entre la región de barrera superior 19 de tipo N y la región adyacente 13 de tipo P se designa con  $J_5$ . Sobre la región de barrera 19 se forma un contacto o electrodo óhmico 20 de baja resistencia para proporcionar un medio de conexión eléctrica con el terminal 3 de la barrera. Se observará que
- 190.- el contacto de barrera 20 se extiende sobre la unión de emisor de barrera  $J_5$  y toca también la región adyacente superior 13 de tipo P y, como se vé mejor en la fig. 2, la parte del electrodo de barrera 21 que toca la región 13 de tipo P es relativamente pequeña en comparación con la parte del electrodo que se extiende sobre la región de barrera 19 de tipo
- 195.- N. Además, como se muestra, la pequeña parte 21 de contacto de corto-circuito del contacto de barrera 20 se extiende sobre lo que puede denominarse un puente 22 sobre la cara principal superior de la oblea 10. El puente 22 se forma en este
- 200.- caso atacando las ranuras 23 y 24 entre la región 19 de emisor de barrera y la región de emisor principal superior 14 pero dejando (por ejemplo, mediante una reserva de cera) la parte de puente levantada 22 de material de tipo P entre la región de emisor de barrera 19 y la región de emisor principal superior 14. Así, la combinación de la parte de contacto
- 205.-



de barrera 21 de corto-circuito y el puente 22 forma un camino localizado para la corriente, de baja resistencia, entre el contacto de barrera 20 y la unión de emisor superior J4. La razón para formar este camino localizado concentrado de baja resistencia para la corriente es la de reducir el valor de la corriente de barrera total necesaria para proporcionar la requerida densidad de corriente de emisor para pasar el dispositivo a su condición de conducción y también para reducir el voltaje de barrera necesario para disparar el dispositivo.

Con el fin de comprender cómo el uso del camino localizado concentrado de baja resistencia para la corriente reduce la intensidad y el voltaje de la barrera necesarios para disparar el dispositivo, es necesario comprender algo acerca del funcionamiento del dispositivo. En realidad, tal dispositivo es disparado en dos modos diferentes por lo menos, ya que puede dispararse desde la misma barrera para ambas polaridades entre los terminales principales 1 y 2. Los modos de disparo que se consideran más importantes se denominan aquí, para mayor conveniencia del análisis, el modo de disparo de barrera de unión y el modo de disparo SCR. Ambos modos de disparo pueden usarse con cualquier polaridad entre los terminales principales 1 y 2. Sin embargo, el modo de disparo de barrera de unión ocurre cuando el terminal de barrera 3 es negativo con relación al terminal principal superior 1 y el modo de disparo SCR ocurre cuando el terminal de barrera 3 se hace positivo con relación al terminal principal 1. Ambos modos de disparo se han descrito en detalle en la solicitud de patente de los EE.UU. N<sup>o</sup>. 337384 titulada "Interruptor semi-conductor", presentada el día 13



- de Enero de 1964 y también en la obra "Semiconductor Controlled Rectifiers, Principles and Applications of Devices p-n-p-n" de F.E. Gentry, F.W. Gutzwiller, N. Holonyak Jr. y E.E. VonZastrow, 1964, editada por Prentice-Hall, particularmente en la sección 3.9, páginas 143 a 148. Como los modos de disparo se han descrito adecuadamente en otros lugares, no se analizará aquí de nuevo la descripción completa del movimiento de los portadores positivos y negativos para pasar el dispositivo a conducción en cualquier dirección. Sin embargo, sí se señalará que el disparo de barrera de unión depende de la inyección de electrones desde la región 19 de emisor de barrera, que ocurre cuando el terminal de barrera 3 es negativo con relación al terminal principal superior 1, y que el disparo SCR ocurre cuando el voltaje de barrera inicia el movimiento de portadores desde la región de base superior 13 de tipo P y la inyección de electrones desde la unión de emisor principal J<sub>4</sub>, lo que ocurre cuando el terminal de barrera 3 es positivo con relación al terminal superior 1.
- 240.-
- 245.-
- 250.-
- 255.- En general, el dispositivo de barrera de unión del dispositivo requiere menos intensidad y menos voltaje de barrera que el disparo SCR. Por consiguiente, con el fin de reducir la corriente y el voltaje de barrera necesarios para el disparo SCR y con el fin de hacer que las características del disparo sean más aproximadamente simétricas para ambos modos de disparo, la unión J<sub>5</sub> de emisor de barrera es cortocircuitada disponiendo la prolongación 21 sobre el contacto de barrera 20. Esto reduce la corriente y voltaje requeridos para la barrera para el disparo SCR en virtud del hecho de que la unión J<sub>5</sub> del emisor de barrera no está ya en
- 260.-
- 265.-



serie con el camino para la corriente de barrera requerido para el disparo SCR. Sin embargo, incluso con la unión de emisor de barrera  $J_5$ , acortada, las características del disparo pueden no ser simétricas y el voltaje y la corriente para el disparo de barrera pueden todavía ser mayores de los deseados. De acuerdo con el presente invento, esta condición se alivia aprovechando el hecho de que es la densidad de corriente del emisor principal la que hace que el di-  
270'.- positivo conmute. Con el fin de aumentar la densidad de corriente del emisor principal con una intensidad y voltaje reducidos de la barrera se prevé un camino de corriente localizado concentrado de baja resistencia entre el electrodo de barrera 20 y la unión de emisor principal superior  $J_4$  que está aquí compuesta por la prolongación 21 relativamente  
275'.- te pequeña sobre el contacto de barrera 20 y el puente o camino 22 que es más grueso (más grueso medido desde la superficie principal superior a la unión  $J_1$  debajo de la unión  $J_4$  del emisor) que cualquier otro camino de corriente entre el contacto de barrera 20 y la unión  $J_4$  de emisor princi-  
280'.- pal. Como en las estructuras que ya han sido construídas las capas 12 y 13 de tipo P estaban difundidas, el camino de baja resistencia para la corriente es también menor por el hecho de que la concentración de impurezas en la superficie superior principal (conservada sobre el puente 22) proporciona una menor resistividad que el material que está más  
285'.- abajo hacia la unión  $J_1$ .  
290'.- Otra realización que proporciona el camino concentra-  
do de baja resistencia para la corriente entre el electrodo de barrera y la unión de emisor principal para dar esencial-  
295'.- mente los mismos resultados se ilustra en la fig. 3. La fig.



3 es una vista en planta de un interruptor bidireccional que tiene la misma estructura en sección que se ha mostrado en la fig. 1 y que tiene muchas de las mismas características estructurales. Puesto que los dispositivos son tan semejantes, se utilizan los mismos números de referencia para designar partes y características correspondientes de los dos dispositivos. El dispositivo de la fig. 3 difiere del ilustrado en las figs. 1 y 2 en que el camino de baja resistencia 25 entre el saliente 21 del electrodo de barrera 20 y la unión  $J_4$  del emisor principal se crea difundiéndose en un camino estrecho o puente que está designado con P+ para indicar que es de material de resistividad mucho menor que la capa 13 superior de tipo P, aunque del mismo tipo de conductividad. En este caso no se han hecho ranuras por ataque química entre la región 19 de emisor de barrera y la región 14 de emisor principal superior, aún cuando el efecto puede aumentarse atacando ranuras tales como 23 y 24 ilustradas en la fig. 2.

En la fig. 4 se ilustra todavía otro medio para crear el camino de baja resistencia entre el contacto de barrera y la unión de debajo de la región de emisor superior. De nuevo, los elementos que se corresponden con los del dispositivo de las figs. 1 y 2 han recibido los mismos números de referencia en gracia a la sencillez. En este caso, la región 19 de emisor de barrera se provee de una entalladura 26 que deja al descubierto la región adyacente superior 13 de tipo P y el electrodo de barrera 27 se crea soldando por ultrasonidos un conductor de barrera de aluminio sobre la región de emisor de barrera, de tal manera que salve la parte descubierta de la región superior 13 de tipo P en la parte con entalladura



de la región de emisor de barrera. En efecto, se crea así un pequeño corto-circuito localizado entre el electrodo de barrera 27 y la región superior 13 de tipo P. Como el corto-circuito es relativamente pequeño y está localizado, el camino de la corriente entre el electrodo de barrera y la unión  $J_4$  de emisor principal es también pequeña y está localizada.

N O T A.-

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención en España, por veinte años, son los siguientes:

1º.- Un dispositivo de interrupción semiconductor bilateral en el cual un electrodo de barrera proporciona el control para conmutar el dispositivo entre estados de conducción y de no conducción para un camino de la corriente entre un par de electrodos principales portadores de corriente, teniendo un cuerpo semi-conductor una pluralidad de regiones alternantes, estando las regiones adyacentes que son de tipo de conductividad opuesto separadas por barreras rectificadoras, constituyendo una de dichas regiones junto a una superficie de dicho cuerpo un emisor principal, estando dicho emisor principal formado en la región adyacente contigua de tal manera que una parte de dicha región adyacente contigua quede al descubierto en dicha superficie, habiendo una región de emisor de barrera del mismo tipo de conductividad que dicha región de emisor principal formada también en dicha región adyacente contigua y junto a dicha superficie de dicho cuerpo, habiendo un electrodo de barrera conectado óhmicamente a dicha región de emisor de barrera y



355'.- también a dicha región adyacente contigua, caracterizado por medios para crear un camino localizado concentrado de baja resistencia entre una parte de dicho electrodo de barrera que está sobre dicha región adyacente contigua y la barrera rectificadora que está entre dicha región adyacente contigua y dicha región de emisor principal.

2<sup>a</sup>.- Un dispositivo según el punto 1<sup>a</sup> caracterizado porque dichos medios para crear un camino concentrado localizado de baja resistencia entre una parte de dicho electrodo de barrera y dicha barrera rectificadora que está entre dicha región adyacente contigua y dicha región de emisor principal, están definidos por un puente de material de dicha región adyacente contigua que tiene un espesor mayor que el de cualquier otra parte de dicha región adyacente contigua entre dicho electrodo de barrera y dicha barrera rectificadora entre dicha región adyacente contigua y dicha región de emisor principal y medido entre la superficie del cuerpo y la barrera rectificadora entre dicha región adyacente contigua y la región opuesta a dicha región de emisor principal.

375'.- 3<sup>a</sup>.- Un dispositivo según el punto 1<sup>a</sup>, caracterizado porque dicha región de emisor de barrera tiene una entalla relativamente pequeña en ella que deja una parte al descubierto de dicha región adyacente contigua que penetra en dicha región de emisor de barrera, un electrodo de barrera que hace contacto óhmico con dicha región de emisor de barrera y que se extiende sobre al menos una parte de dicha entalla para tocar así dicha región adyacente contigua donde dicha región adyacente contigua penetra en dicha región de emisor de barrera para dar así un camino localizado concentrado de

324088<sup>11</sup>



385.- baja resistencia entre una parte de dicho electrodo de barrera y la barrera rectificadora que hay entre dicha región contigua adyacente y dicha región de emisor de barrera.

4º.- "UN DISPOSITIVO DE INTERRUPCION SEMICONDUCTOR BILATERAL", todo tal y conforme se describe en la presente memoria,

390.- la cual consta de 391 líneas y a título de ejemplo se representa en los adjuntos dibujos.

Madrid, 11 MAR. 1966

ESCAJA VARIABLE.

324088

FIG.1.

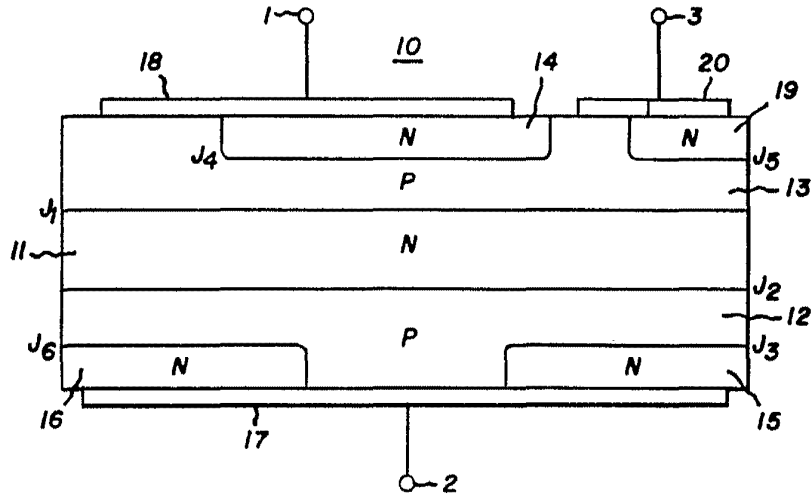
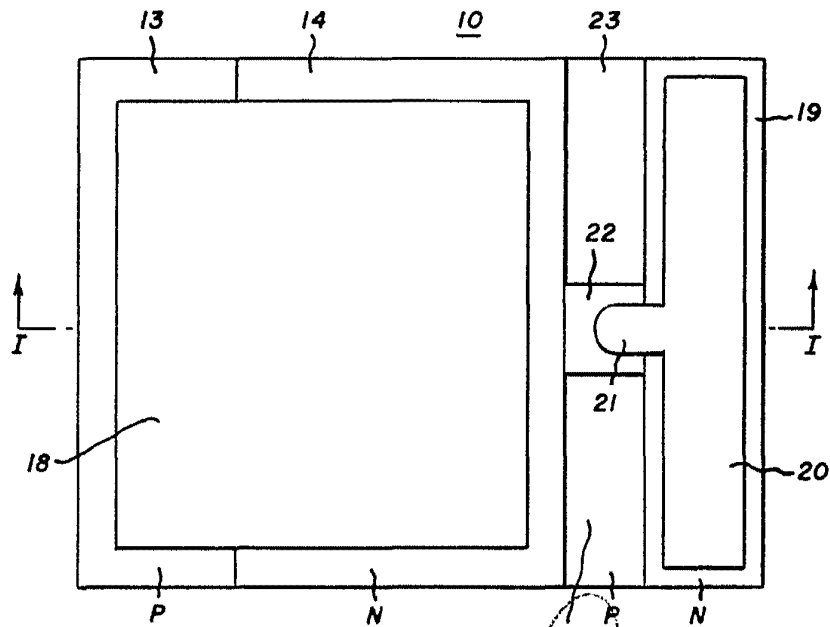


FIG.2.



Madrid, 11 MAR. 1968

ESCALA VARIABLE.

118

324088

FIG.3.

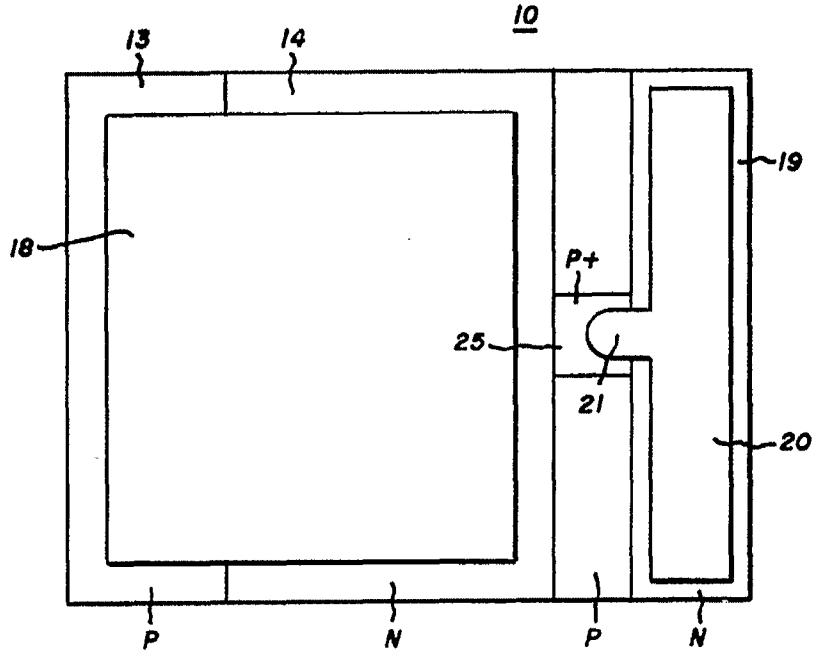
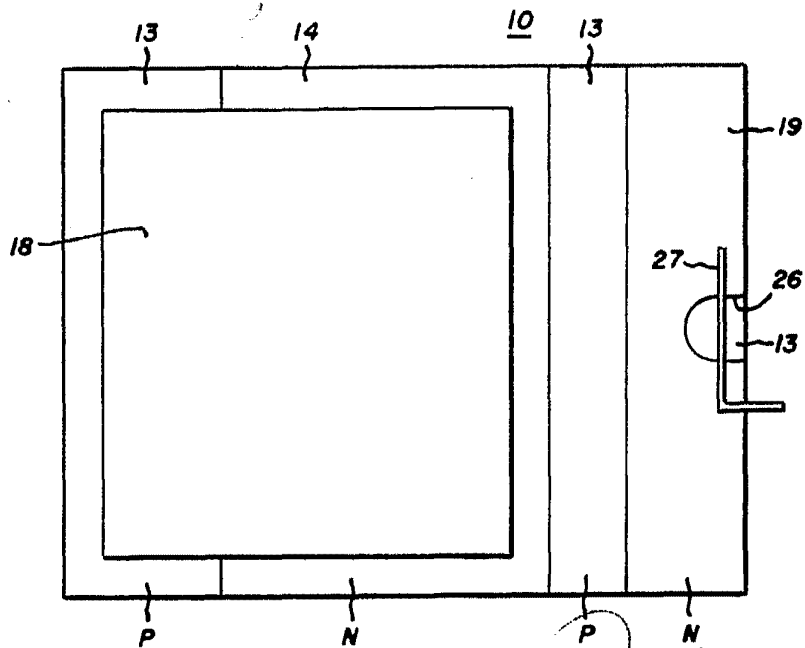


FIG.4.



Madrid, 11 MAR. 1966

*[Handwritten signature]*