

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



19	ES	11	NUMERO	1447767	15	AT
		21				
		22	FECHA DE PRESENTACION	11. MAY 1976		

PATENTE DE INVENCION

P.- 62.789

IBM Docket
RA9-74-014

60 PRIORIDADES:		
61 NUMERO	62 FECHA	63 PAIS
577.254	14-5-75	EE.UU.
64 FECHA DE PUBLICIDAD	65 CLASIFICACION INTERNACIONAL	66 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	H01L	
67 TITULO DE LA INVENCION		
"UN PERCEPTOR DE FLUJO MAGNETICO MEJORADO"		
71 SOLICITANTE (S)		
INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
Armonk, N.Y. 10504, Estados Unidos de América		
72 INVENTOR (ES)		
Albert Watson Vinal		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE		
D. FERNANDO DE ELZABURU MARQUEZ		

1

Campo del Invento

5

Este invento se refiere en general a dispositivos semiconductores y perceptores magnéticos, y en particular a los llamados dispositivos de efecto Hall.

TECNICA ANTERIOR

10

15

20

25

Los perceptores magnéticos del tipo Hall son bien conocidos en la técnica. Estos dispositivos producen generalmente una tensión de percepción o salida de tensión Hall, en el mejor de los casos, del orden de 10 a 20 milivoltios por kilogauss, como se detalla en la publicación IEEE Transactions on Electronic Devices, volumen ED-16, número 1, enero de 1969, páginas 35-39. En el artículo referenciado se expone un transductor de campo magnético del tipo MOS de silicio de alta sensibilidad, ya que este término es expresado por los autores. La sensibilidad del dispositivo proporciona una movilidad de los portadores del orden de $116 \text{ cm}^2/\text{volt-seg}$. La sensibilidad de la salida en los puntos de sonda Hall es del orden de 10 milivoltios por kilogauss. Se afirma en el artículo que aproximadamente podrían obtenerse en el mejor de los casos valores para la movilidad de efecto Hall del orden de $150 \text{ cm}^2/\text{volt-seg}$. El campo lateral aplicado sobre los diversos dispositivos citados en este artículo fué de aproximadamente 180 voltios por centímetro.

30

Se muestra otro dispositivo del tipo Hall en la Patente Norteamericana 3.114.009 a favor de M. Camras y otros en la cual se expone el dispositivo de efecto Hall en forma de T. Se utiliza una configuración similar en el presente in

1 vento, pero el dispositivo del presente invento funciona en
un
2 unas condiciones de campo lateral mucho más alto y con una
3 resistividad especificada de ohmios por unidad de superficie
4 más alta para conseguir un resultado sumamente inesperado de
5 movilidad de portadores y sensibilidad que son de un orden
6 de magnitud superiores a los de la técnica anterior o aún
7 mayores.

8 Otras patentes que exponen dispositivos del tipo
9 Hall son la Patente Norteamericana 3.715.522 a favor de
10 Tsukagoshi. La patente Norteamericana 3.852.802 a favor de
11 Wolf y otros expone un dispositivo de efecto Hall de circui
12 to integrado. Está expuesto en el IBM Technical Disclosure
13 Bulletin, Volumen 17, número 7, diciembre de 1974, páginas
14 1895 y 1896 otro tipo de dispositivo de efecto Hall de cir
15 cuito integrado.

16 Aún cuando existe una gran cantidad de temas rela
17 cionados en la técnica anterior adicionalmente a las referen
18 cias brevemente indicadas, se cree que éstas son bastante
19 representativas del estado de la técnica anterior que ha
20 conducido al presente invento. Puede afirmarse brevemente
21 que es un efecto bien conocido y observado en la técnica an
22 terior que a medida que se aumenta la tensión del campo la
23 teral que excita un dispositivo del tipo Hall, disminuye la
24 movilidad de los portadores de carga, aunque no se conoce
25 plenamente el mecanismo causante de ello. Las variaciones
26 de movilidad han sido atribuidas indistintamente al campo
27 eléctrico lateral respecto al canal en realizaciones del ti
28 po de transistor de efecto de campo, o al campo eléctrico
29 normal al canal, o a ambas causas. No se ha llegado a nin
30 guna expresión teórica satisfactoria del efecto, pero han

1 sido propuestas varias expresiones empíricas. Se ha observa-
do que para un cierto campo eléctrico lateral respecto al
dispositivo, la movilidad de los electrones comienza a apar-
tarse de su valor de movilidad de campo de excitación bajo
5 de aproximadamente $115 \text{ cm}^2/\text{volt-seg}$ (y empieza a disminuir).
El campo eléctrico para el cual ocurre esto a los electrones
es del orden de 10^4 voltios por centímetro. (Véase la publi-
cación de Cobbold, "Theory in Applications of Field Effect
Transistors", Wiley Interscience, N.Y., 1970). Véanse tam-
10 bién las publicaciones IEEE Transactions on Electronic Devi-
ces, Volumen ED-19, páginas 681-690, Mayo de 1972, e IEEE
Transactions on Electron Devices, ED-14, volumen 37, enero
de 1967, e IEEE Transactions on Electron Devices, volumen
ED-12, páginas 248-254, mayo de 1965, en las cuales está cla-
15 ramente expuesto, aunque no totalmente comprendido, que la
movilidad de los electrones (o la movilidad de portadores en
dispositivos del tipo Hall) comienza a disminuir para campos
laterales del orden de 10^4 voltios por cm.

20 OBJETOS DEL INVENTO

En vista del característico bajo grado de movili-
dad de portadores precedente experimentado en los mejores
dispositivos de la técnica anterior caracterizados como dis-
25 positivos de "alta movilidad", un objeto del presente inven-
to es crear un receptor magnético de muy alta movilidad que
presenta movilidades del orden de las experimentadas en mate-
rial de conducción masiva, o aproximadamente de un orden de
magnitud superiores a las de los dispositivos de mejores ca-
30 racterísticas conocidos en la técnica anterior.

1 rida del invento, como se ilustra en los dibujos que se acompañan.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

5 La figura 1 ilustra en forma esquemática una realización preferida del invento.

La figura 2 ilustra otra realización preferida del invento.

10 La figura 3 ilustra un método preferido de conectar elementos plurales construidos de acuerdo con el presente invento para proporcionar un equilibrado de la tensión de desviación que se produce.

15 La figura 4 es un diagrama que representa el efecto sobre la movilidad de portadores en función de la resistividad en ohmios por unidad de superficie de acuerdo con diversos niveles de agente impurificador en un cuerpo de material semiconductor.

20 La figura 5 ilustra una realización preferida del invento construida utilizando técnicas de circuito integrado en una forma similar a la representada en la figura 3.

La figura 6 ilustra el efecto sobre la velocidad de portadores producido por el campo eléctrico resultante del potencial aplicado a través de un material semiconductor.

25 La figura 7 ilustra en forma esquemática la teoría de funcionamiento del invento sin la aplicación de un campo magnético.

La figura 8 ilustra la teoría de funcionamiento del invento con un campo magnético aplicado.

30

MEMORIA

1 Volviendo ahora a la figura 1, está representado
un diagrama esquemático de una realización preferida del in-
2 vento. Está representado un cuerpo o placa 1 de material se-
3 miconductor que tiene terminales 2 y 3 de contacto de ten-
4 sión de campo lateral. Está conectada una fuente de tensión,
5 por ejemplo, al contacto 2, y el contacto 3 está conectado,
6 por ejemplo, a masa. Existe por consiguiente un campo E eléc-
7 trico entre los terminales 2 y 3. Suponiendo que el cuerpo
8 1 semiconductor tiene resistencia uniforme a lo largo de su
9 dimensión longitudinal, el potencial eléctrico en cualquier
10 punto intermedio a lo largo del cuerpo 1 puede deducirse fá-
11 cilmente como proporción de la tensión de fuente. Está ilus-
12 trada una sonda perceptora o contacto 4 puntual situada en
13 algún punto intermedio entre los contactos 2 y 3. Está tam-
14 bién representado el contacto de percepción o sonda y una
15 tensión V_0 de salida (o tensión de percepción), que está to-
16 mada respecto al potencial de masa como referencia.

17 Se ha descubierto de un modo totalmente inesperado
18 que si la conductividad en ohmios por unidad de superficie
19 del cuerpo 1 semiconductor se mantiene dentro de ciertos má-
20 rgenes mínimos y si el campo eléctrico aplicado entre los ter-
21 minales 2 y 3 se mantiene en un nivel suficientemente alto,
22 la salida de tensión de señal de la sonda 4 será aproxima-
23 damente de uno a dos órdenes de magnitud superior a la de los
24 dispositivos del tipo Hall anteriores conocidos de mejores
25 características. Esto indica que se están consiguiendo mo-
26 vilidades de portadores que se aproximan a las de los nive-
27 les de movilidad masiva del material semiconductor básico.
28 Se comentará ahora la teoría de funcionamiento del disposi-
29 tivo, como se representa en cualquiera de las figuras 1-5
30

1 junto con la deducción de las fórmulas que describen la teoría física del mismo.

El modo básico de funcionamiento de un "dispositivo Hall", parece consistir en que la desviación de Lorentz de portadores cargados da lugar a una tensión Hall. La figura 7 ilustra en forma esquemática la estructura básica de un dispositivo de acuerdo con el presente invento en el cual está conectada una fuente de tensión entre los contactos 2 y 3 que están situados sobre bordes opuestos de un cuerpo 1 básico de material semiconductor. Está situado un punto 4 de contacto o sonda en posición intermedia entre los contactos 2 y 3 sobre el cuerpo 1. La distancia a lo largo de la dimensión L longitudinal del cuerpo 1 a la cual está conectada la sonda 4 se mide como una distancia X , y la tensión V_o entre el punto 4 de sonda y masa es la tensión de salida a ser observada. El ancho del cuerpo 1 es W y el campo E eléctrico existe entre los contactos 2 y 3 que definen su longitud L . Suponiendo una resistividad uniforme del cuerpo 1 entre los contactos 2 y 3, resultará claro que el potencial en cualquier punto X a lo largo de la longitud L será proporcional a su desplazamiento de la fuente V_s . Estará fluyendo en el cuerpo 1, como se representa en la figura 7, una densidad J de corriente de portadores cargados. En la figura 7, diversas líneas discontinuas verticales indican las líneas equipotenciales a lo largo del cuerpo 1. En este estado, como se ilustra en la figura 7, no ha sido aplicado ningún campo magnético B sobre el cuerpo semiconductor. El perceptor responderá a campos magnéticos dirigidos perpendicularmente de cualquier polaridad que entren o salgan del plano de la figura 7.

1 En la figura 8, está reproducida esencialmente la
figura 7 pero con un campo B magnético dirigido hacia el in-
terior del plano del papel como se representa por la cruz X
en la porción de cuerpo de la figura 8. El efecto de esto
5 es hacer girar las líneas equipotenciales de modo que sus
extremos se desvían en una distancia S de su posición verti-
cal original, como se representa en la figura 7. Este ángu-
lo de giro está expresado como θ_h o ángulo Hall de giro co-
mo se representa en la figura 8. Comparando las figuras 7 y
10 8, es totalmente evidente que la rotación de las líneas equi-
potenciales dentro de la placa semiconductor ha sido ilus-
trada como originada por la introducción de un campo magné-
tico con una dirección perpendicular a la superficie de la
placa 1. La ecuación 1 escrita más abajo proporciona una ex-
15 presión para la tensión V_0 medida entre el contacto 4 de son-
da y masa, que está representado en las figuras 7 y 8.

$$V_0 = V_s \left[\frac{S}{L} + \frac{X}{L} \right] \quad (1)$$

20 La ecuación (1) anterior se deduce de la suposi-
ción básica de que la resistividad del cuerpo 1 es uniforme
a lo largo de su longitud y de que la tensión V_0 en cualquier
punto es función de la distancia a lo largo de la longitud
L (la porción X/L de la ecuación 1) más cualquier componen-
25 te S de señal que sea introducida por el giro de las líneas
equipotenciales como se representa en la figura 8 (la por-
ción S/L de la ecuación 1). El término S en la ecuación 1
es función del giro angular de las líneas equipotenciales
representadas en la figura 8 como resultado de la aplicación
30 de un campo magnético de densidad B normal a la superficie 1

1 de la placa. La ecuación (2) escrita más abajo proporciona
 el valor de S en función del ángulo θ_h de giro, el ancho W
 de la placa, la densidad B de flujo magnético, y la movili-
 dad μ de portadores.

5

$$T_g \theta_h = \frac{2S}{W} \mu B \quad (2)$$

Despejando S de la ecuación (2) y sustituyendo es-
 10 te valor de S en la ecuación (1), se llega a la ecuación (3)
 formulada a continuación.

$$V_0 = V_S \left(\frac{W}{L} \right) \frac{B\mu}{2} + \frac{V_S X}{L} \quad (3)$$

15 La ecuación (3) es una expresión fundamental para
 el potencial que será medido en la sonda 4 situada a una dis-
 tancia X del terminal 3 de masa a lo largo del cuerpo 1 del
 receptor. La ecuación (3) da este potencial en función de
 la movilidad μ de portadores, la densidad B de flujo magné-
 20 tico, y la relación W/L dimensional de la placa, y la tensión
 V_S entre terminales. La tensión V_0 de salida contiene dos tér-
 minos: El término $V_0 \times (X/L)$ es una tensión continua de des-
 viación que puede ser eliminada referenciando la tensión de
 la sonda 4 a V_0 a través de una resistencia variable como la
 25 representada en la figura 2. El método preferido para elimi-
 nar el término de tensión de desviación está ilustrado en la
 configuración de receptor equilibrada en forma de doble T
 de la figura 3 que se describirá posteriormente. La salida
 de la estructura ilustrada en la figura 3 está dada por la
 30 ecuación (4) siguiente.

$$V_0 = V_S \left(\frac{W}{L} \right) B \mu \quad (4)$$

El valor de la movilidad μ , como se describe en el presente invento, corresponde muy próximamente al valor de movilidad masiva del material l de soporte. Para una tensión V_S de fuente dada, suficiente para superar un valor crítico E de campo lateral que se describirá posteriormente, la sensibilidad del receptor puede ser modificada mediante la elección de la relación W/L . Puede mostrarse que la relación señal-ruido para este tipo de estructura de receptor magnético depende aproximadamente de W/L hasta la potencia tres medios. Son expresiones equivalentes para la ecuación (4) anterior las siguientes:

$$V_0 = W R_h JB \quad (5)$$

$$V_0 = W \bar{V}_d B \quad (6)$$

$$V_0 = \frac{R_h IB}{T} \quad (7)$$

donde T es el espesor de la placa l, R_h es igual a $\rho \mu$ que es igual a $1/NQ$ que es la constante de Hall, \bar{V}_d es igual a la velocidad de deriva de los portadores de carga, B es el campo magnético en Gauss, I es la corriente de fuente, y W es el ancho del receptor.

La ecuación (7) anterior muestra que la tensión de salida del receptor o tensión Hall es inversamente proporcional al espesor de la placa l semiconductor. Haciendo tal placa delgada se llegaría, por consiguiente, a una gran tensión Hall por unidad de campo B .

Algunas otras expresiones para la tensión de sali-

1 da de perceptor en el punto 4 de contacto de sonda son las
siguientes:

$$V_0 = B I \rho \lambda / \square \quad (8)$$

5
$$V_0 = B \mu W \sqrt{P \lambda / \square} \quad (9)$$

La ecuación (6) anterior muestra que la tensión
Hall o tensión de salida es proporcional a la velocidad de
los portadores de carga y no al número de los portadores.
Este es un punto delicado e importante que se considerará
10 con detalle posteriormente. La ecuación (8) anterior mues-
tra que la tensión de salida está expresada en función de
la corriente aplicada y el producto de la movilidad de por-
tadores y la resistencia característica en ohmios por uni-
dad de superficie del cuerpo semiconductor en la región ac-
15 tiva.

La ecuación (4) anterior refleja que la tensión
de salida puede ser expresada en función de la tensión apli-
cada y la movilidad de portadores (junto con la densidad de
flujo magnético y la relación dimensional del dispositivo).
20 Ni la ecuación (8) ni la ecuación (4) reflejan las limita-
ciones inherentes de los valores de tensión o corriente que
pueden ser aplicados al dispositivo semiconductor. De acuer-
do con estas ecuaciones, podría ajustarse la tensión de sa-
lida, por unidad de campo aplicado, a cualquier valor dese-
25 do mediante la aplicación de suficiente corriente o tensión
mientras pudiese eliminarse el calor generado en el cuerpo
semiconductor. Es necesario reflejar los límites impuestos
por la densidad de potencia desarrollada en la zona activa
30 del cuerpo semiconductor. Esta es la finalidad de la ecua-

1 ción (9).

Se considera que la ecuación (9) es la expresión más práctica, puesto que define la salida o tensión Hall en función de la movilidad μ de portadores, la resistencia ca
5 racterística del dispositivo en ohmios por unidad de superficie, el ancho W del dispositivo, y la densidad P de potencia disipada en la región conductora del cuerpo del perceptor.

Se expondrá posteriormente una realización preferida del invento con una disposición constructiva correspondiente a la utilización de la tecnología de transistores de efecto de campo.

Sin embargo, deben comentarse en primer lugar algunas consideraciones. Ante todo está el hecho, como queda
15 expuesto por la ecuación (4), de que la tensión de salida es proporcional a la movilidad μ de los portadores de carga. Es bien conocido que a medida que el campo E eléctrico lateral aplicado al cuerpo semiconductor aumenta, disminuye la movilidad μ . Las razones por las cuales se produce este efecto no son totalmente comprendidas, pero han sido tema de mucha especulación e investigación (veáanse, por ejemplo, las publicaciones de Gibbons, J. F. sobre "Carrier
20 Drift Velocities in Silicon at High Electric Field Strengths", IEEE Transactions on Electron Devices, ED-14, volumen 37, enero de 1967 o la publicación de Merkel, G, y Joseph, B. y Cupcea, N. Z. "An Accurate Large Signal MOS Transistor Model for Use in Computer Aided Design", IEEE Transactions on Electron Devices, Volumen ED-19, páginas 681-690, mayo de
25 1972, y el artículo de Cobbold, R. S. C., "Theory and Application of Field Effect Transistors", Wiley Interscience, pá
30

1 ginas 102-105, Nueva York, 1970). También véase la publica-
ción de Caughey, B.M. y Thomas, R.E., "Carrier Mobilities
in Silicon Empirically Related to Doping in Field", Procee-
dings of the IEEE Letters, volumen 55, páginas 2192 y 2193,
5 diciembre de 1967.

Considerándolas en conjunto, las enseñanzas de la
técnica anterior son que se obtienen mayores salidas de ten-
sión Hall aumentando la movilidad y que aumentando el campo
eléctrico a través del dispositivo resultará disminuida la
10 movilidad y disminuirá así la salida Hall. En realidad, con
la utilización de silicio como dispositivo de tipo Hall pa-
ra alta sensibilidad, como se expone en la publicación antes
mencionada IEEE Transactions on Electron Devices, Volumen
ED-16, número 1, enero de 1969, páginas 35-39, se obtuvie-
15 ron las mejores salidas de tensión Hall con valores de mo-
vilidad del orden de $150 \text{ cm}^2/\text{volt-seg.}$ para la sustancia bá-
sica utilizada. Es bien conocido que otras sustancias, ta-
les como el arseniuro de galio, tienen movilidades mucho
más altas y que presentan movilidades Hall comparables con
20 la movilidad de deriva ordinaria para el silicio y el ger-
manio como se expone en "The Physics of Semiconductors",
por S.M. Sze, página 40 por John Wiley and Sons, 1969. Como
resulta claro también de la publicación de Sze, página 45,
la movilidad Hall debe distinguirse de la movilidad de deri-
25 va de portadores.

Se sabe que tanto la movilidad Hall como la movi-
lidad de portadores o de deriva disminuyen con un campo eléc-
trico creciente como se indicó anteriormente y, por consi-
guiente, la enseñanza de la técnica está directamente fuera
30 de la línea seguida en el presente invento, es decir no debe

1 rá utilizarse un campo eléctrico alto puesto que esto dis-
minuirá la movilidad y conducirá a una salida Hall más ba-
ja. Las dificultades relacionadas con la técnica anterior
residen en las expresiones que han sido utilizadas hasta
5 ahora para determinar, sobre una base teórica, lo que po-
dría ser la salida Hall.

Como se pone de manifiesto por las deducciones an-
teriores, el criterio importante es la velocidad de portado-
res y no su movilidad. Sin embargo, consiguiendo simplemen-
10 te una alta velocidad de portadores aplicando un campo eléc-
trico alto se llegaría a consecuencias desastrosas en cuan-
to a disipación de potencia (como muchos experimentadores
han descubierto sin duda accidentalmente). La resistividad
del material, función del nivel de impureza, y una conside-
15 ración que afecta también a las movilidades Hall y de porta-
dores, como se expone en la página 40 de Sze, deben también
tenerse en cuenta. La ecuación (9) anterior hace esto.

Por consiguiente, las realizaciones preferidas
del invento y todos los ejemplos operativos que excedan el
20 nivel de funcionamiento conocido en la técnica anterior, re-
quieren ciertos criterios mínimos. En primer lugar, el ma-
terial semiconductor, cuya selección particular no es im-
portante, debe escogerse de modo que se consiga una resis-
tividad de aproximadamente 500 ohmios por unidad de super-
25 ficie o superior. Esto se controla por el espesor de la pla-
ca de material semiconductor y el nivel de concentraciones
de impureza como es bien conocido en la técnica, y son
igualmente bien conocidos diversos métodos para controlar
la concentración de impureza. Los otros criterios que de-
30 ben seguirse es que el campo eléctrico de excitación debe

1 ser del orden de al menos 500 voltios por centímetro para conseguir las velocidades de portadores requeridas para proporcionar la salida mejorada.

5 La combinación de criterios especifica un dispositivo singular en un conjunto singular de circunstancias de funcionamiento que produce un resultado totalmente desconocido en la técnica anterior y en contradicción con el punto de vista generalmente aceptado en lo que respecta a dispositivos Hall.

10 La figura 4 ilustra un diagrama de movilidad de portadores representado en función de la resistencia en ohmios por unidad de superficie. La concentración de impureza en función de números de átomos donadores por centímetro cúbico está también representada gráficamente a lo largo de la curva correspondiente a silicio de tipo N. Es evidente que cuanto más baja sea la concentración de átomos de impureza, más alta será la resistencia y más alta será la movilidad de portadores.

20 Con referencia a la ecuación (6), se muestra que la tensión de salida de señal es proporcional a la velocidad \bar{V}_d de deriva. La figura 6 muestra el efecto del campo eléctrico o velocidad de portadores para diversos materiales semiconductores y tanto para huecos como para electrones. Es evidente que para un campo lateral de 3×10^4 voltios/cm, la velocidad de portadores se aproxima a la de saturación y que la velocidad de 10^7 cm/seg. es virtualmente independiente del material y del tipo de portadores (huecos y electrones). De la ecuación (6) es evidente que un campo lateral de 3×10^4 voltios/cm. es deseable y que la respuesta de señal de tipo Hall será virtualmente independiente del ma

25

30

1 terial utilizado o de que los portadores sean huecos o elec
trones. Para conseguir este campo lateral, es esencial ob-
servar los criterios de especificación dados para este in-
5 vento con relación a la resistencia mínima de la placa semi-
conductor en ohmios por unidad de superficie. Queda puesto
de manifiesto por la anterior discusión que no importa cuál
sea la composición del material semiconductor para obtener
la respuesta de señal grande, o qué tipo de portadores sea
utilizado, siempre que se satisfagan simultáneamente los re-
10 querimientos de combinación de valores especificados de re-
sistencia en ohmios por unidad de superficie y campo eléc-
trico lateral. Es importante saber que tanto los criterios
de intensidad de campo para el campo eléctrico de excita-
ción como los criterios de resistividad en ohmios por uni-
15 dad de superficie deben cumplirse con el fin de conseguir
un dispositivo operativo que no se destruya por excesiva di-
sipación de potencia. Teniendo en cuenta estos niveles como
criterio, puede conseguirse el funcionamiento pero no será
del tipo mejorado que proporciona el presente invento.

20 Volviendo a la figura 5, se describirá una reali-
zación preferida del invento construida utilizando técnicas
de dispositivo de transistor de efecto de campo y control
por implantación iónica del nivel de impureza y profundi-
dad de penetración. La técnica de implantación iónica para
25 controlar el nivel de impurezas y la profundidad de implan-
tación en dispositivos semiconductores es bien conocida como
se evidencia por las Patentes Norteamericanas 3.341.754,
3.434.894 y 3.653.977, en vista de lo cual no se dará aquí
descripción adicional de la técnica o proceso, siendo evi-
30 dente para los expertos en la técnica cómo se lleva a cabo

1 el proceso. También, puesto que la implantación iónica es
solamente un modo de controlar el nivel de impureza y la
profundidad de canal en dispositivos semiconductores y son
bien conocidas otras muchas técnicas, se cree innecesario
5 describir con detalle cómo puede conseguirse el control de
niveles de impureza y profundidad de canal. Lo adecuado es
que el dispositivo debe estar realizado en material semicon
ductor tal como silicio, germanio o arseniuro de galio, con
un nivel de impureza controlado de modo que el número de áto
10 mos donadores por centímetro cúbico esté generalmente por
debajo de 10^{18} como se ilustra en la figura 4, de modo que
se consiga una resistividad en ohmios por unidad de super-
ficie al menos igual a 500.

En la figura 5, está representada una forma pre-
15 ferida del invento construida de un modo similar al diagra-
ma esquemático de la figura 3. La figura 5A representa una
vista en planta desde arriba de dos zonas semiconductoras
implantadas iónicamente que comparten una banda común y bi-
sectora de difusión y conexión que constituye un contacto
20 C1 eléctrico para el perceptor. Los otros extremos de las
zonas implantadas están terminados por bandas de difusión
con el fin de proporcionar contactos C2 y C3 eléctricos.
Las sondas 4 perceptoras están situadas a lo largo de uno
de los bordes de las áreas implantadas o canales de modo
25 que bisecan sustancialmente las longitudes L de las propias
áreas implantadas. Las sondas de perceptor ilustradas son
de la forma preferida en la cual una zona de implantación
estrecha sobresale del cuerpo principal del material semi-
conductor de modo que cuando se construye un contacto de di-
30 fusión no serán introducidas impurezas adicionales dentro

1 del cuerpo principal del dispositivo semiconductor. Serían
igualmente útiles otros medios de fijar una sonda, tales co
mo por contacto físico directo con una microsonda, por sol-
dadura en baja temperatura, etc. Las regiones de implanta-
5 ción que incluyen la pequeña parte 4 saliente que sirve co
mo punto de fijación de sonda se crean con una máscara duran
te la implantación de los iones de modo que la geometría
del área de implantación puede ser bien controlada del mis
mo modo que la posición y ancho del punto 4 de contacto fi
10 jado.

La zona rayada en diagonal en la vista en planta
de la figura 5A es la región 6 implantada sobre una placa
de material 7 semiconductor, tal como silicio, en el cual
han sido implantados mediante bombardeo de alta energía
15 iones de átomos donadores (tales como, por ejemplo, iones
de fósforo). Las técnicas utilizadas son bien conocidas,
como se indica por las antes mencionadas Patentes Norteame
ricanas sobre implantación iónica y no se comentará adicio
nalmente el proceso. Las áreas C1, C2, C3 de contacto y
20 los ensanches 5 de contacto que están fijados a las sondas
4 responden a un proceso de fabricación típico de difusión
con máscara en el cual son introducidas grandes cantidades
de átomos donadores portadores dentro de regiones limitadas
del material de substrato semiconductor. Siguiendo a esta
25 operación, se forma por crecimiento o depósito una capa 8
de dióxido de silicio a través de la superficie completa
del cuerpo semiconductor con sus áreas de implantación, se
forman por mordentado aberturas a través de la capa de dió
xido de silicio en puntos adecuados para fijar conductores
30 eléctricos, y se depositan entonces bandas de contacto de

1 aluminio sobre la capa de dióxido de silicio y a través de
las diversas aberturas mordentadas para establecer contac-
tos con C2, C1 y C3 así como con las pequeñas porciones 4
de sonda.

5 Esto se ve mejor en la figura 5B que es una vis-
ta en corte transversal tomada longitudinalmente a través
del dispositivo como se representa en la figura 5A. Las
áreas 6 de implantación están implantadas hasta una pro-
fundidad X_d que está controlada por la energía en electron-
10 voltios de los iones que bombardean la superficie del mate-
rial 7 de silicio de substrato. El material de silicio de
substrato tiene una concentración de átomos aceptadores de
aproximadamente $5 \cdot 10^{15}$. Las áreas C1, C2 y C3 de difusión
y los ensanches 5 de contacto tienen concentraciones apro-
15 ximadas de átomos donadores de $2 \cdot 10^{19}$ átomos de donador por
centímetro cúbico de modo que son zonas de conductividad re-
lativamente alta. Está representada una capa 8 de dióxido
de silicio que cubre la zona 6 implantada y los contactos
C1 a C3 y 5 como se representa en corte transversal con
20 aberturas obtenidas por mordentado a través de lugares ade-
cuados de modo que las bandas 9 de contacto de aluminio pue-
den sobresalir a través de las aberturas y establecer con-
tacto físico con las diversas áreas de contacto.

Las áreas de contacto de las sondas 4 serán en
25 general lo más estrechas que sea posible puesto que la sen-
sibilidad del dispositivo disminuye en proporción al cocien-
te del ancho de contacto a la longitud L de canal. Las es-
pecificaciones de una realización preferida típica construi-
da de acuerdo con estas técnicas serían las siguientes para
30 un dispositivo de substrato de silicio:

1 Concentración de impureza de sustrato.--- aproxi-
madamente 5×10^{15} átomos de aceptador por centímetro cúbico.

5 Material de implantación iónica --- fósforo, como donador de electrones.

Régimen de dosificación de implantación - energía de implantación de 150 kiloelectronvoltios controlado para proporcionar una densidad de átomos donadores de aproximadamente $2 \cdot 10^{12}$ átomos donadores por centímetro cuadrado.

10 Profundidad de implantación- aproximadamente 1800 unidades Angstrom.

Resistividad de implantación en ohmios por unidad de superficie - aproximadamente 10 kilohmios.

15 Los resultados utilizando tal dispositivo donde las dimensiones de las áreas de receptor en cuanto a ancho y longitud y las dimensiones de la sonda se dan a continuación, son: para las áreas de receptor un ancho de aproximadamente 0,037 mm y una longitud de aproximadamente 0,03 mm. Sonda 4 de contacto, un ancho de aproximadamente 0,0025 mm
20 y una longitud de aproximadamente 0,0025 mm. Tensión de alimentación en los contactos C2 y C3, aproximadamente 10 voltios. Nivel de salida- más o menos 150 milivoltios para un campo de excitación de más o menos 750 oersteds proporcionado por un imán permanente aplicado perpendicularmente a la
25 superficie de receptor. Sensibilidad de salida- aproximadamente 180 microvoltios por oersted. Esta es una salida equivalente de aproximadamente 180 milivoltios por kilogauss o del orden de veinte veces la salida media de una sonda o receptor de efecto Hall de "alta sensibilidad" de la técnica anterior.
30

1 Hay que hacer varias observaciones por orden. En
primer lugar, no importa si los iones o átomos donadores
contribuyen con huecos o electrones, como se pone de mani-
fiesto por la publicación de Sze indicada anteriormente, pá-
5 gina 59, que expone la velocidad de portadores en centíme-
tros por segundo en función del potencial de campo eléctri-
co para el silicio, para el germanio y para el arseniuro de
galio, tanto para electrones como para huecos. Aún cuando
existen algunas diferencias en los valores de campo relati-
10 vamente bajos, es evidente que la velocidad de portadores
se aproxima algo a valores del orden de 10^7 centímetros por
segundo tanto para electrones como para huecos en todos
estos materiales para valores de campo eléctrico del or-
den de 3×10^4 voltios por centímetro. Para niveles infe-
15 riores de intensidad de campo eléctrico, se conseguirá aún
el funcionamiento pero las velocidades de portadores se-
rán más bajas y la sensibilidad resultante será inferior
y se hará entonces dependiente del material y del tipo de
portadores. Las características de funcionamiento supera-
20 rán, no obstante, a la técnica anterior mientras se man-
tengan los niveles de campo eléctrico mínimo de al menos
500 voltios por centímetro y una resistividad mínima de al
menos 500 ohmios por unidad de superficie. Deberá observar-
se que el campo eléctrico producido en el ejemplo anterior
25 donde están aplicados diez voltios a través de un perceptor
de aproximadamente 0,0025 mm de ancho, es del orden de 10^4
voltios por centímetro de modo que se están consiguiendo las
velocidades de portadores de saturación con la alta sensi-
bilidad resultante. Este es también el nivel para el cual
30 la técnica anterior enseña que la movilidad comenzará a dis

1 minuir con potenciales de campo crecientes.

Aún cuando el invento ha sido expuesto y descri-
to con referencia a una realización particular del mismo,
se entenderá por los expertos en la técnica que pueden ha-
5 cerse otros cambios en la forma y detalle del mismo sin apar-
tarse de la esencia y campo de aplicación del invento.

10

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva, que se
presentan para que sean objeto de la presente solicitud de
15 Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los
que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

1ª.- Un receptor de flujo magnético mejorado, que
comprende: un cuerpo de material semiconductor que tiene una
resistencia de al menos 500 ohmios por unidad de superficie;
20 una fuente de tensión eléctrica conectada a puntos de con-
tacto independientes, sobre dicho cuerpo, que crea un cam-
po eléctrico entre ellos de al menos 500 voltios por centí-
metro; y un contacto de salida situado en posición interme-
dia entre dichos puntos de contacto de potencial sobre dicho
25 cuerpo, proporcionando dicha salida una señal de salida de
tensión siempre que dicho cuerpo esté cortado por un campo
de flujo magnético que tenga al menos alguna componente de
flujo dirigida perpendicularmente al plano en el cual están
contenidos dichos puntos de contacto.

30

2ª.- Un receptor como se ha descrito en la rei-

ME

1 vindicación 1ª, en donde dicho cuerpo tiene una resisten-
cia comprendida entre 500 y 100.000 ohmios por unidad de
superficie; y dicho campo eléctrico tiene una intensidad
comprendida entre 500 y 100.000 voltios por centímetro.

5 3ª.- Un perceptor como se ha descrito en la rei-
vindicación 1ª, en donde dicho cuerpo tiene una resisten-
cia comprendida entre 5000 y 20.000 ohmios por unidad de su-
perficie; y dicho campo eléctrico tiene una intensidad com-
prendida entre 3000 y 30.000 voltios por centímetro.

10 4ª.- Un perceptor como se ha descrito en la rei-
vindicación 1ª, en donde: dicho cuerpo tiene una resisten-
cia de al menos 1000 ohmios por unidad de superficie, y di-
cho campo eléctrico tiene una intensidad de al menos 1500
voltios por centímetro.

15 5ª.- Un perceptor como se ha descrito en la rei-
vindicación 1ª, en donde dicho punto de contacto de percep-
ción comprende una porción de dicho cuerpo de material semi-
conductor que forma parte integral con dicho cuerpo y que
se extiende sobresaliendo del mismo para proporcionar un pun-
to de fijación para dicha salida de tensión.

20 6ª.- Un perceptor como se ha escrito en la reivin-
dicación 2ª, en donde dicho punto de contacto de percepción
comprende una porción de dicho cuerpo de material semicon-
ductor que forma parte integral con dicho cuerpo y que se
25 extiende sobresaliendo del mismo para proporcionar un punto
de fijación para dicha salida de tensión.

30 7ª.- Un perceptor como se ha descrito en la rei-
vindicación 3ª, en donde dicho punto de contacto de percep-
ción comprende una porción de dicho cuerpo de material semi-
conductor que forma parte integral con dicho cuerpo y que

MCE

1 se extiende sobresaliendo del mismo para proporcionar un
punto de fijación para dicha salida de tensión.

5 8ª.- Un perceptor como se ha descrito en la rei-
vindicación 4ª, en donde dicho punto de contacto de percep-
ción comprende una porción de dicho cuerpo de material se-
miconductor que forma parte integral con dicho cuerpo y
que se extiende sobresaliendo del mismo para proporcionar
un punto de fijación para dicha salida de tensión.

10 9ª.- Un perceptor como se ha descrito en la rei-
vindicación 1ª, en donde dicho cuerpo semiconductor tiene
un nivel de impureza de átomos donadores o aceptadores por-
tadores cargados inferior a 10^{18} átomos por centímetro cú-
bico.

15 10ª.- Un perceptor como se ha descrito en la rei-
vindicación 2ª, en donde dicho cuerpo semiconductor tiene
un nivel de impureza de átomos donadores o aceptadores por-
tadores cargados inferior a 10^{18} átomos por centímetro cú-
bico.

20 11ª.- Un perceptor como se ha descrito en la rei-
vindicación 3ª, en donde dicho cuerpo semiconductor tiene
un nivel de impureza de átomos donadores o aceptadores por-
tadores cargados inferior a 10^{18} átomos por centímetro cú-
bico.

25 12ª.- Un perceptor como se ha descrito en la rei-
vindicación 4ª, en donde dicho cuerpo semiconductor tiene
un nivel de impureza de átomos donadores o aceptadores por-
tadores cargados inferior a 10^{18} átomos por centímetro cú-
bico.

30 13ª.- Un perceptor como se ha descrito en la rei-
vindicación 5ª, en donde dicho cuerpo semiconductor tiene

mg

1 un nivel de impureza de átomos donadores o aceptadores por
tadores cargados inferior a 10^{18} átomos por centímetro cú-
bico.

5 14ª.- Un perceptor como se ha descrito en la rei-
vindicación 6ª, en donde dicho cuerpo semiconductor tiene
un nivel de impureza de átomos donadores o aceptadores por-
tadores cargados inferior a 10^{18} átomos por centímetro cú-
bico.

10 15ª.- Un perceptor como se ha descrito en la rei-
vindicación 7ª, en donde dicho cuerpo semiconductor tiene
un nivel de impureza de átomos donadores o aceptadores por-
tadores cargados inferior a 10^{18} átomos por centímetro cú-
bico.

15 16ª.- Un perceptor como se ha descrito en la rei-
vindicación 8ª, en donde dicho cuerpo semiconductor tiene
un nivel de impureza de átomos donadores o aceptadores por-
tadores cargados inferior a 10^{18} átomos por centímetro cú-
bico.

20 17ª.- Un perceptor de flujo magnético mejorado.
Tal y como se ha descrito en la Memoria que ante-
cede, representado en los dibujos que se acompañan y para
los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de ventiseis hojas escritas
a máquina por una sola cara.

Madrid, 11. MAY 1976

P.A.

Fernando de Elizaburu
Por Poder.

PBG.

FIG. 1

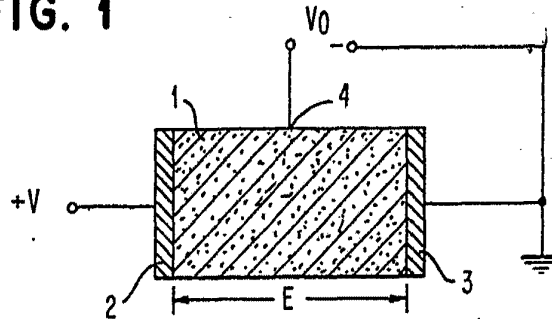


FIG. 2

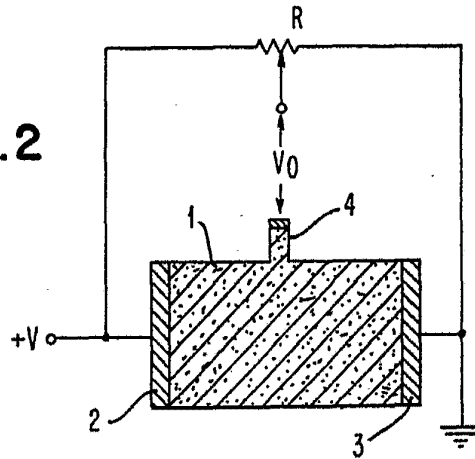
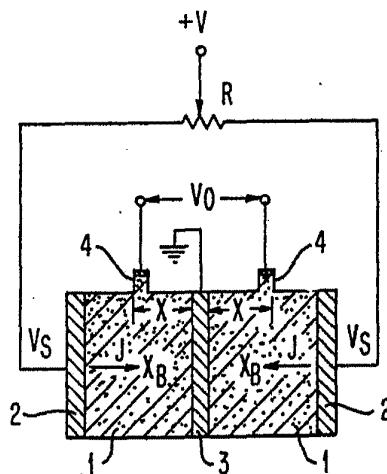


FIG. 3



Fernando de Elizaburu
Por Poderes de

FIG. 4

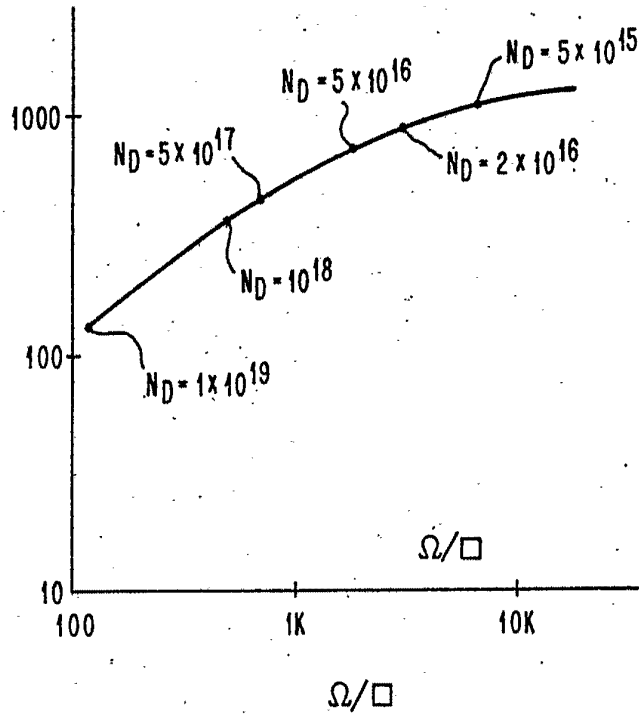
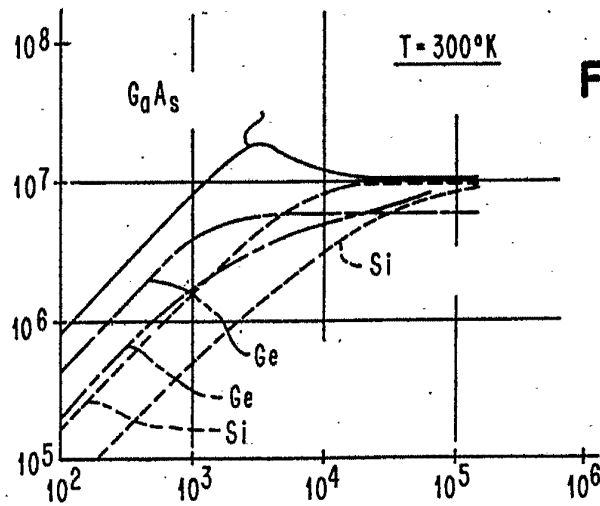


FIG. 6



Fernando de Elizola
Eng. Poder

61

FIG. 5A

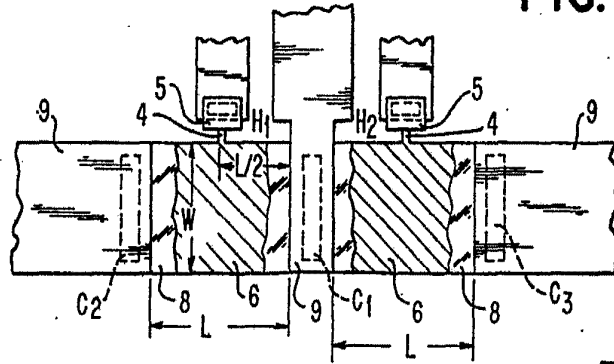


FIG. 5B

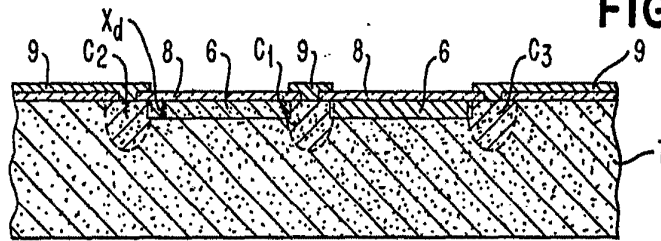


FIG. 7

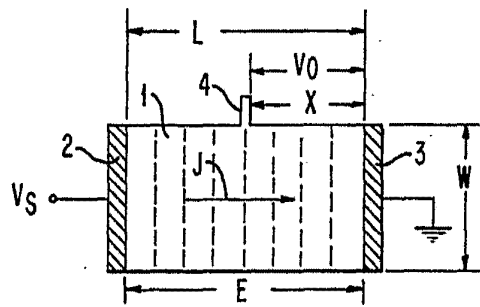
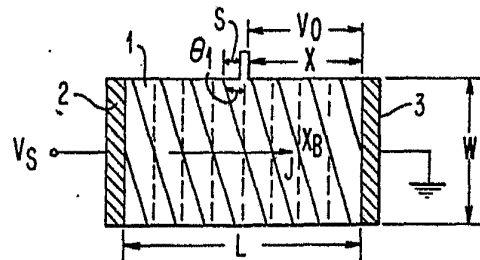


FIG. 8



Fernando de Elizaberré
Por Poderes