

264401

264401

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a la solicitud de registro de una Patente de Invención, por veinte años, en España, por "Procedimiento para la confección de un transistor a contacto de superficie", a favor de "TELEFUNKEN G.m.b.H.", entidad de nacionalidad alemana, domiciliada en Berlín (Alemania), Charlottenburg, 1.

La entidad solicitante de la presente patente lo es también de otra correspondiente al objeto a que se refiere este procedimiento, patentes que en el país de origen figuran englobadas en una sola solicitud que recibió, en la Oficina Alemana de Patentes, el nº T-17 044 VIIc/21g y que ahora, en cumplimiento de lo dispuesto en el art. 58 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial en relación con el apartado f) del art. 4º del Convenio Internacional para la protección de la Propiedad Industrial, se presentan ante el Registro de la Propiedad Industrial en dos patentes independientes y por separado, una, relativa al aparato y, otra, al procedimiento, reivindicando en ambas la fecha de prioridad de la patente alemana de origen.

Se ha indicado oportunamente una disposición de tetrodo, cuyo cuerpo base se compone de silicio n-conductor. En este cuerpo base semiconductor del tipo n se han difundido dos capas de difusión, o sea, una capa n y una capa p emplazada delante de la capa n. La capa n difundida constituye la zona emisora del tetrodo, mientras que la zona del tipo de potencia p antepuesta a la capa n representa la zona base del tetrodo. A la concentración de puntos perturbadores de la capa n se la ha elegido ahí más grande que la de la capa p. Para la confección del electrodo de base auxiliar y de base de mando se han aleado electrodos en forma de



cinta p-dotados por medio de las dos capas de difusión, en tanto que la zona emisora está puesta en contacto por medio de un electrodo incorporado por aleación en dicha zona emisora de forma plana entre los dos electrodos de base.

5 Si entre el electrodo de base auxiliar y de base de mando se aplica una tensión continua apropiada, se puede generar en esta conocida disposición de tetrodo, a lo largo de la zona de base, un campo eléctrico al cual restringe la emisión del tetrodo a un margen estrecho de la zona emisora, el cual es directamente contiguo al electrodo de base de mando. La conocida disposición tiene la ventaja de ser insignificamente pequeña la resistencia exterior de la base que se presenta entre el electrodo de base de mando incorporado por aleación y el comienzo de la zona emisora directamente contigua. Comoquiera que la resistencia interior de la base que viene a actuar en el margen de la zona emisora, puede mantenerse asimismo pequeña en la conocida disposición, o sea, mediante la correspondiente disminución de la anchura de la zona emisora con ayuda del campo longitudinal en la zona de la base, la conocida disposición, con el correspondiente dimensionado y dotación de la zona de la base, tiene la resistencia de base más pequeña de todas las disposiciones de transistor conocidas.

15 La conocida disposición de tetrodo adolece, sin embargo, de inconvenientes fundamentales que van ligados a dificultades tecnológicas, por lo cual, el comportamiento de alta frecuencia de esta conocida disposición no es mejor que el de las otras también conocidas disposiciones de transistor de alta frecuencia.

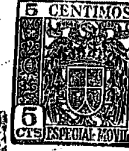
25 Estos inconvenientes de la conocida disposición de tetrodo concebida en forma "mesa" son debidos principalmente a que, al contrario que en las conocidas disposiciones de transistor, por el lado del emisor van situados tres electrodos. A esto hay que añadir que para conseguir pequeñas capacidades de colector, en



disposiciones que han sido previstas para una frecuencia de regí-
men de varios cientos de MHz, la estructura o la superficie "me-
sa" no debe ser sensiblemente más ancha que 100 u, por lo que la
mútua separación de los hilos de entrada en la conocida disposi-
5 ción de tetfodo no debe ser mayor de 25 a 30 u. Para frecuencias
más elevadas se requieren separaciones correspondientemente meno-
res. Es evidente que la escasa separación de los electrodos si-
tuados por el lado del emisor dificulta considerablemente su
puesta en contacto. La pequeña separación de electrodos tiene,
10 además, por consecuencia el que como conductores de entrada para
los electrodos se pueden emplear solamente hilos muy delgados,
los cuales tienen sin embargo resistencias e inductividades de
entrada relativamente elevadas que se ponen principalmente de ma-
nifiesto con carácter perturbador en las altas frecuencias.

15 Para evitar estos inconvenientes se sugiere según el inven-
to que en un transistor a contacto de superficie con una zona de
emisor, de base y de colector, existan por el lado del emisor dos
electrodos, que el primero de estos electrodos esté unido óhmica-
mente con la zona de base y que el segundo electrodo esté también
20 unido óhmicamente con la zona de base para la limitación de la
emisión en la parte de la zona emisora contigua al primer electro-
do, mediante la generación de un campo eléctrico, y que con la zo-
na emisora forme un contacto supresor u óhmico.

25 Con el ejemplo de un transistor con el orden de zonas pnp se
describe más detalladamente la disposición sugerida por el inven-
to, la cual está representada en diversas formas de realización
en las Figs. 1 a 5, siendo por supuesto también posibles otras
formas de realización análogas con el orden de zonas npn. Debe
hacerse observar ya en este lugar que una forma de realización
30 especial del invento según las Figs. 3 a 5 prevé una disposición
de transistor en la que, entre la zona de base y la del colector,
se ha previsto una zona intermedia débilmente dotada o intrínseco



-conductora, Incluso, se ha visto, es ventajoso concebir en forma "mesa" una de estas disposiciones pnp o npin de transistor con características de tetrodo, conforme a un perfeccionamiento del invento.

5 La disposición de transistor con orden de zonas pnp que, como se dijo más arriba, se va a examinar a continuación, será explicada en el ejemplo de un cuerpo semiconductor de germanio, aun cuando, naturalmente, pueden emplearse también otros materiales semiconductores tales como, por ejemplo, silicio o las combinaciones $A_{III}B_V$. La zona emisora 3 de un transistor pnp de esta clase está dotada muy fuertemente de lugares perturbadores p, mientras que la zona de base 4 relativamente delgada está fuertemente entremezclada con lugares perturbadores n, si bien sólo en tal intensidad que la densidad de lugares perturbadores en la zona de base sea menor que la densidad de lugares perturbadores en la zona emisora. La zona colectora 5 contigua a la zona de base 4 está dotada de lugares perturbadores p lo mismo que la zona emisora, para lograr un tipo de potencia p.

10 En la superficie de este transistor pnp por el lado del emisor se han incorporado por aleación solamente dos electrodos, al contrario que en la conocida disposición de tetrodo. El material de aleación para estos dos electrodos de aleación ha sido elegido de manera que por medio de la aleación surjan zonas semiconductoras 6 y 7 fuertemente n-dotadas, pertenecientes a los electrodos de aleación 1 y 2. Estas consideraciones, y las siguientes, son también válidas, naturalmente, en forma análoga para transistores con orden inverso de capas.

20 La disposición sugerida por el invento se conecta ahora lo mismo que un transistor normal y, lo mismo que éste, sólo tiene en total tres entradas al electrodo, a saber: la entrada 10 que pone en contacto al electrodo del colector 9, la entrada 11 que pone en contacto al electrodo de aleación 1 y la entrada 12 que



va unida al electrodo de aleación 2. En el estado de funcionamiento del transistor, por la entrada de electrodo 12 circula ahora, además de la corriente de emisión, otra corriente todavía desde el electrodo de aleación 2 hacia el electrodo de aleación 1 por medio de la zona de base, la cual, lo mismo que un tetrodo, genera en la zona de base el campo longitudinal necesario para la restricción de la emisión. La ventaja esencial del invento estriba en que el efecto tetrodo se consigue con una disposición de tres electrodos.

Mediante una fuerte dotación de la zona emisora 3 y de la zona semiconductor 7 contigua a la anterior, perteneciente al electrodo de aleación 2, se puede conseguir que el tránsito pn formado por esta zona semiconductor y la zona emisora en el margen de transición tenga una tensión de ruptura zener que sea menor que 0,5 voltios, o bien la característica de una de las llamadas "diodo backward". Con semejante característica del tránsito pn formado por la zona emisora 3 y por la zona semiconductor 7 del electrodo de aleación 2, la corriente, lo mismo que en el caso de la disposición según Fig. 1, puede ser conducida al emisor a través de este tránsito pn, por lo que para la zona emisora 3 no se necesita ningún recubrimiento metálico unido óhmicamente con el electrodo de aleación 2. Los transistores de este tipo se pueden construir con relativa facilidad, y a varios cientos de MHz presentan propiedades de amplificación satisfactorias.

Pero si la disposición de semiconductor descrita tiene que responder a mayores exigencias, sobre todo en lo que respecta al límite de frecuencia, entonces se manifiesta con carácter perturbador la resistencia en la zona emisora 3 entre el electrodo de aleación 2 y el lugar emisor 13. Por eso es ventajoso, según se expone en la Fig. 2, aplicar sobre la zona emisora 3 un recubrimiento metálico 14 que establezca contacto metálico con el electrodo 2, pero no con el electrodo 1. El recubrimiento metálico



14 se extiende ventajosamente de tal modo que solo quede una separación de seguridad entre dicho recubrimiento 14 y el electrodo 1 para evitar un cortacircuito, es decir, para el comportamiento de a.f. del transistor sugerido por el invento es ventajoso que la zona emisora se halle lo más recubierta posible con metal, salvo en una cierta separación de seguridad, tecnológicamente estipulada, con respecto al electrodo 1.

El hecho de que la disposición sugerida por el invento, a pesar de su carácter de tetrodo, necesite solamente dos entradas de electrodo en el lado del emisor, permite que dichas entradas sean de mayor grosor que en el caso de tres entradas de electrodo existentes por el lado del emisor y, en consecuencia, que se las pueda confeccionar de baja resistencia óhmica y de poca inducción. La Fig. 2 muestra, por ejemplo, una disposición con entradas de electrodo 11 y 12 confeccionadas en forma de cinta, cuya anchura, en sentido perpendicular al plano del dibujo, puede ser elegida aproximadamente igual a la correspondiente longitud de la cinta de electrodo 1 ó 2.

El electrodo 2, según se muestra en la Fig. 5, pueden también estar construido de modo que rodee completamente, por ejemplo anularmente, al electrodo 1. Además de la ventaja de que con esta disposición no puede llegar ninguna corriente de fuga superficial desde el colector hasta el electrodo 1, las entradas de electrodo 10, 11 y 12 pueden establecerse conforme a la Fig. 5 de tal manera que el transistor pueda ser incorporado fácilmente en un conductor coaxial, en cuyo caso la entrada del emisor 12 se tiende en el conductor exterior.

Se ha comprobado que principalmente la resistencia previa del colector de la conocida disposición de tetrodo contribuye sensiblemente a que ésta no sea utilizable para frecuencias muy elevadas. Unos cálculos detallados han revelado que a frecuencias muy elevadas, las pérdidas en la zona del colector 5 cons-



- 7 - 264401

tituyen la proporción principal de la parte real de la conductancia de uno de estos tetrodos y que, con ello, reducen fuertemente el límite oscilante. Para la evitación de estas pérdidas se sugiere, como perfeccionamiento ulterior del invento, el dotar en muy alta medida a la zona del colector 5, por ejemplo, con 10^{17} hasta 10^{20} lugares perturbadores por cm^3 y, conforme a la Fig. 3, prever entre la zona de base 4 y la zona del colector 5 una zona intrínseco-conductora 8.

Esta zona intermedia puede ser también débilmente conductora n ó p, en el caso de que semejante débil dotación n ó p pueda realizarse tecnológicamente con mayor facilidad. Sin embargo una eventual dotación n de la zona 8 sólo debe ser tan grande que, por lo menos en el margen de emisión 13, la zona de carga espacial del tránsito pn por el lado del colector se extiende por toda la anchura de la zona 8 de alta resistencia óhmica cuando entre el colector y la base se aplica la tensión de régimen más baja prevista.

Se logran las pérdidas mínimas y, al mismo tiempo, las capacidades de reacción y de salida dependientes de la tensión cuando el tránsito entre la zona del colector 5 fuertemente dotada y la zona 8 de elevada resistencia óhmica se lleva a cabo lo más bruscamente posible, y la citada zona 8 está tan escasamente dotada que la zona de carga espacial de la capa aislante del colector se extiende por toda la zona 8, es decir, desde la región altamente dotada de la zona de base 4 hasta la región altamente dotada de la zona del colector 5.

Para muchas aplicaciones es deseable que no sólo sean pequeñas las partes reales de la conductancia de salida y de reacción, lo que según la sugerencia anterior se consigue mediante una zona intermedia intrínseca 8 uniforme, es decir, de la misma anchura, sino también las partes reactivas. Esto se puede lograr por el hecho de que, según un perfeccionamiento ulterior



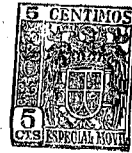
del invento, la separación entre la zona de base y la del colector, es decir la anchura de la zona intrínseca, se hace más pequeña por el lugar en el que tiene lugar en esencia la emisión, que en las restantes regiones de dicha zona intrínseca.

5 Así pues, esto confirma que la anchura de la zona intrínseca tiene que variar, y en la región del lugar 13 de emisión preferente, ser más pequeña que en las demás regiones, cuando se tienen que reducir las proporciones reactivas.

10 Este requerimiento puede realizarse según la Fig. 3 por el hecho de que, en caso de una anchura invariable de la zona del colector, la zona de base se halla situada en la región de emisión 13 a mayor profundidad que en las restantes regiones. Otra posibilidad consiste en hacer que la zona del colector 5, según Fig. 5, no sea uniforme, sino que tenga diferente anchura, de tal modo que la separación entre la zona de base y la del colector en los lugares de emisión 13 sea más pequeña que en las regiones restantes. Dicho con otras palabras, la zona intrínseca 8 debe ser, en este caso especial, por los lugares de emisión más delgada que en sus restantes regiones. En semejante disposición, en donde la zona intermedia 8 es por la región exterior más gruesa que por la interior, una configuración anular cerrada del electrodo 2 impide el riesgo de una ruptura superficial.

15 Sobre este particular hay que hacer observar que las medidas que se acaban de describir, o sea, adición de una zona intrínseca entre la zona del colector y de base y el variable dimensionado de la anchura de esta zona intrínseca, se pueden aplicar asimismo a disposiciones de transistor normales sin efecto de tetrodo, y que, en tales disposiciones, dan también por resultado un mejoramiento del límite oscilante mediante la disminución de la conductancia de salida.

20 Las medidas que se describieron últimamente se refirieron a la evitación de pérdidas de a.f. Sin embargo, en transistores de alta frecuencia hay que tener también en cuenta que la ampli



ficación de corriente en el circuito de base del emisor sea lo más grande posible. Si se señala con f_1 la frecuencia en la que la amplificación de corriente ha descendido hasta el valor 1, la relación que rige entonces es, como se sabe:

5
$$1/2\pi f_1 = \tau_c/2 + \tau_B + \tau_E + \tau_R$$

τ_c es ahí el tiempo de marcha de los portadores de carga de minoría por la capa aislante del colector, τ_B , su tiempo de recorrido por la zona de base. Las demás magnitudes τ_E y τ_R representan las constantes de tiempo de la cohesión en paralelo de la resistencia de emisión con la capacidad emisora estática (τ_E) o con la capacidad marginal (τ_R). La capacidad marginal se da en el límite entre la zona emisora 3 y la zona semiconductor 6 del electrodo 1.

15 El tiempo de marcha del colector τ_c es proporcional al espesor w_{SC} de la capa aislante del colector e inversamente proporcional a la velocidad de flujo de los portadores de carga de minoría. Comoquiera que la conductancia de salida del transistor depende en gran manera de la capacidad del colector, conviene entonces hacer w_{SC} lo más grande posible, de modo que f_1 esté determinada en esencia por τ_c . Per consiguiente debe ser $\tau_c \approx \tau_E + \tau_B + \tau_R$.

25 Puesto que en los tetrodos y también en la disposición sugerida por el invento, la zona emisora es muy estrecha y limita directamente con el electrodo 1, es necesario no alear este electrodo 1 a demasiada profundidad para que en el lugar emisor 13 no reduzca el electrodo 1, por la zona semiconductor adelantada 6, la intensidad de campo del colector debido a efectos de pantalla. Por lo mismo, en disposiciones sin capas intermedias de elevada resistencia óhmica o intrínseco-conductoras, el electrodo 1 no debe hallarse alearo dentro del cuerpo semiconductor, a más

30 profundidad que la mitad del espesor de la capa aislante del co-



264401

lector.

Los electrones de defecto alcanzan, con una intensidad de campo de $E_m = 10^4$ V/cm o mayor todavía, en germanio, una velocidad límite de aproximadamente $5 \cdot 10^6$ cm/seg. Para $v = v_m$, y con un tiempo de marcha del colector $C = W_{SC}/v_m$, asciende a $2 \cdot 10^{-11}$ segundos.

En el dimensionado del transistor según el invento hay que tener presente que la intensidad de campo en la capa aislante es mayor o, por lo menos, igual a esta intensidad de campo E_m . Así pues, cuando todavía no se ha presentado la corriente de emisión, la tensión U_0 en la capa aislante del colector tiene que ser mayor que 1 V por 1 μ de espesor de dicha capa supresora. Si, por el contrario, circula por la capa supresora del colector una corriente de emisión, en esta capa se forma entonces una carga espacial, la cual viene dada por la relación de densidad de corriente j_E a velocidad del flujo. Pero esta carga espacial requiere una tensión de colector adicional, cuya magnitud resulta de la consideración de que a una densidad previamente estipulada de carga espacial y espesor de capa aislante está subordinada una tensión determinada.

Para conseguir una elevada densidad de corriente j_E y, por consiguiente, una τ_E pequeña, es ventajoso por lo mismo hacer que los transistores trabajen con tensiones lo más altas posibles, por ejemplo a un tercio hasta la mitad de la tensión de ruptura U_B , la cual viene a ser de unos 20 V en transistores pnp de germanio con un espesor de capa aislante de 1 μ . A una tensión de colector de 10 V, la disposición sugerida por el invento puede hacer funcionar, por consiguiente, con densidades de corriente j_E hasta de 8000 C/cm², sin que se produzca ninguna disminución de la velocidad del flujo de los electrones de defecto o de la emisión con carga espacial limitada.

Es evidente que unas densidades de corriente de tal magnitud se pueden lograr, con miras al calor que se desarrolla de

26440



paso, únicamente con disposiciones en las que, lo mismo que en el caso de la disposición sugerida por el invento y también en el del tetrodo, la zona emisora es muy estrecha. τ_E es relativamente pequeña en comparación con τ_C , incluso en el caso de

5. bruscos tránsitos pn entre la zona de emisión y de base. Así, por ejemplo, en una dotación de la base de 10^{18} lugares perturbadores por cm^3 y con una caída de potencia V_{EB} de 0,1 V, a través de esta capa aislante de emisión y de base el espesor de esta capa ascenderá aproximadamente a $1,4 \cdot 10^{-6}$ cm y, la capacidad específica emisora estática $c_{ES} = 1 \cdot 10^{-6}$ F/cm², mientras que la constante de tiempo de emisión τ_E , toma el valor de $3 \cdot 10^{-12}$ segundos.

De las presentes consideraciones se desprende que en disposiciones de transistor que trabajan con densidades de corrientes tan elevadas; es poco el beneficio que puede reportar un curso de plano de la dotación entre la zona de emisión y de base. Seméjante curso de la dotación se pone incluso negativamente de manifiesto ya que con un espesor doble aproximadamente de la capa aislante entre la zona de emisión y de base se producen, con estas elevadas densidades de corriente, aglomeraciones de electrones de defecto por ambos lados de la capa supresora, lo cual tiene por consecuencia un fuerte aumento de la capacidad del emisor y de la base. Además, con idéntico espesor de la base, un curso de concentración en el que por la capa aislante para el emisor predomina una concentración de lugares perturbadores más baja que en el centro de la zona de la base, da por resultado un tiempo de marcha de la base considerablemente mayor que un curso de concentración con dotación de base constante o decreciente desde el emisor hacia el colector.

- 20.
- 25.
30. Por eso es desfavorable establecer las zonas de emisión y de base según el método de doble difusión en el caso de las disposiciones de semiconductor, las cuales están ideadas para la ampli-

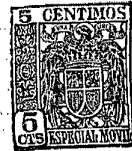


5 ficación de frecuencias extremadamente elevadas, como sucede por ejemplo en la conocida disposición de tetrodo, ya que de ahí resulta siempre una zona de transición ligeramente dotada entre la zona de emisión y de base, aproximadamente de la anchura de la zona de la base.

10 Por lo mismo, según perfeccionamiento ulterior del invento, es ventajoso concebir bruscamente el tránsito pn entre la zona de emisión y de base. Semejante tránsito pn brusco puede establecerse, por ejemplo, como se exponer más adelante, por difusión desde una zona aleada de emisión que contenga en menor densidad lugares perturbadores de más rápida difusión del tipo de potencia que no det rmina el tipo de potencia de la zona de emisión, por ejemplo en un cuerpo semiconductor de germanio por adición de Sb al emisor dotado de galio. En este procedimiento alloy-diffused, los
15 lugares perturbadores que determinan la zona de la base pueden en ocasiones concentrarse muy intensamente directamente en el límite del emisor, por lo que se pueden presentar capacidades estáticas extremadamente altas del emisor-base.

20 Sin embargo se puede evitar este efecto si a la zona de emisión no se la dota en mayor dimensión que la densidad de degeneración a temperatura ambiente T_2 (en Ge aproximadamente 10^{19} lugares perturbadores por cm^3); y si la dotación máxima de la base N_{Bm} es igual o menor que el múltiplo T_Z/T_D de la densidad de autoco nducción n_i a la temperatura T_D en la que se establece la zona de la base por difusión. T_Z y T_D están medidas aquí en grados Kelvin. A continuación debe enfriarse lo más deprisa posible. A una temperatura T_D de 973°K, equivalentes a 700°C, la densidad n_i de autoc nducción es, en germanio aproximadamente igual a 3,4 .
25 10^{18} lugares perturbadores por cm^3 .

30 Si como ejemplo del curso de la capa de base se toma un perfil aproximadamente lineal con 10^{18} lugares perturbadores por cm^3 de dotación máxima y un espesor de dicha capa w_B de $1,5 \cdot 10^{-5}$ cm, se calcula de ahí conforme a relaciones ya conocidas, un tiempo



de marcha de la base τ_B igual a $3,8 \cdot 10^{-12}$ segundos.

Sin embargo la resistencia plana específica R_B de la zona de la base es relativamente grande. Como resistencia plana específica se califica la resistencia de un cuadrado, puesto en contacto por los lados frontales, de la capa conductora de la base. Además, a altas frecuencias límites f_1 , las densidades j_E de corriente del emisor adquieren valores considerables y, por lo mismo, estipulan una elevada conductancia transversal capacitiva específica entre el emisor y la base. Esto tiene por consecuencia el que la tensión alterna de alta frecuencia existente entre la capa e la base y el emisor disminuya fuertemente a medida que aumenta la distancia con la conexión de la base. Como anchura eficaz del emisor B_{EW} se puede designar el multiplo de 0,7 de la distancia del borde del emisor, en la que la tensión existente entre la base y el emisor ha disminuido hasta las 2,7 partes de la tensión de entrada. B_{EW} es al mismo tiempo la anchura de un transistor con $R_B = 0$ - aunque con la misma τ_E, τ_C, τ_B -, el cual a idéntica densidad de corriente j_E y con la misma frecuencia f , presenta la misma magnitud de la pendiente y de la resistencia de entrada que un transistor sensiblemente más ancho con R_B finita.

Como quiera que a la frecuencia límite f_{10} , la conductancia transversal específica de la capacidad estática y dinámica entre el emisor y la base es aproximadamente igual a j_E/U_T , se obtiene según las fórmulas conocidas, para un conductor eléctrico homogéneo, a la frecuencia f , la relación

$$B_{EW} \approx B_{EW0} \cdot \sqrt{f_{10}/f},$$

en donde

$$B_{EW0} = \sqrt{U_T/R_B j_E}$$

y f_{10} es aquella frecuencia en la que la amplificación de corriente ha descendido hasta el valor uno, sin tomar en con-



2644.01

sideración la influencia de la zona marginal.

5 Para la disposición utilizada como ejemplo numérico, la frecuencia límite sin zona marginal ($\tau_R \rightarrow 0$) es igual a $9,5 \cdot 10^9$ Hz. A esta frecuencia límite, la anchura eficaz del emisor B_{EW} llega a ser igual a $0,61 \mu$, y, a $f = 3000$ MHz, aproximadamente $1,1 \mu$.

10 La frecuencia límite $f_{\beta 10}$ es reducida ahora fuertemente por la capacidad de la capa supresora marginal entre la zona emisora 3 un espesor semiconductor 6 del electrodo 1. Si se toma para la zona emisora 3 un espesor W_R de 1μ y, para la zona marginal, una dotación máxima $N_R = 4 N_B = 4 \cdot 10^{18}$ lugares perturbadores por cm^3 , cuando N_B representa la dotación de la base, τ_R es entonces aproximadamente igual a $\tau_E \frac{W_R}{B_{EW}} \cdot \sqrt{\frac{N_R}{N_B}}$. Así pues, para el ejemplo de cálculo indicado la frecuencia límite

15 $f_{\beta 1}$, incluida la zona marginal, es sensiblemente menor que $f_{\beta 10}$, o sea igual a 6000 MHz. Por eso es ventajoso el reducir la capacidad marginal concibiendo delgada la zona de emisión, de modo que la superficie límite entre el primer electrodo y dicha zona de emisión sea igual o más pequeña que la

20 superficie emisora.

25 Después es ventajoso establecer entre la zona de semiconductor 6 del electrodo 1 y la zona de emisión 3, un tránsito que se extienda paulatinamente. La mejor manera de hacerlo es dotando a la zona emisora 3 solamente de 3 a 10 veces tan grande como la zona de la base 4 y, la zona 6, por lo menos el doble de grande que la zona de emisión.

30 Si se establece el espesor definitivo W_B de la zona de base 4 sólo después de realizada la aleación de los electrodos 1 y 2 mediante un emplado pasajero a una temperatura que sea sólo un poco inferior a la máxima temperatura de aleación, los donadores fácilmente movibles de la zona de semiconductor 6 se difunden en la zona de emisión 3 y dan por resultado un



transito pn de curso plano.

Sin embargo hay que hacer observar que las relaciones anteriores han sido derivadas para un transistor con superficie de emision mu, ancha. Si emite solamente una cinta estrecha del emisor, como en la disposicion sugerida por el invento, la amplificacion de corriente es entonces mas pequena.

Si se designa con B_{EE} la separacion entre la zona de semiconductor 6 y el electrodo 1, en donde la emision de la zona emisora 3 ha disminuido hasta las 2,7 partes, en el caso mas desfavorable, o sea cuando la frecuencia limite es determinada solamente por la capacidad estatica del emisor o del borde (tau_E+tau_R >> tau_C/2+tau_B), la relacion beta/beta₀, en terminos vectoriales, es igual a 1/(1+sqrt(j) * B_{EW}/B_{EE}), cuando representan, beta la amplificacion, de corriente del tetrodo, beta₀ la amplificacion de corriente de un transistor don zona de emision relativamente ancha, y j el vector unitario imaginario. para B_{EE} = B_{EW}, beta es igual a 0,54 * beta₀.

Para la amplificacion de señal grande y para la produccion de oscilaciones es ventajoso hacer que B_{EE} sea menor o igual que B_{EW}, ya que entonces se puede maniobrar toda la corriente del emisor, Si para la amplificacion de seales pequenas interesa un beta grande, B_{EE} se puede agrandar entonces ventajosamente hasta unos 3 B_{EW}. En una disposicion de transistores en forma de cinta segun las Figs. 1 a 4 con resistencia plana constante R_B de la base, es

$$B_{EE} = U_T \cdot B_E / U_{EB}$$

Ahi B_E es la anchura de la zona de emision 3 entre los electrodos 1 y 2, U_T es igual a 25 mV y U_{EB} es la tension de regimen entre el emisor y labase, que para disposiciones de germanio es aproximamente de 0,5 V. Asi, en una disposicion lineal, B_{EE} es aproximamente igual que B_E/20. Asi pues, segun sean las condiciones de servicio, para la disposicion

264401



sugeri a por el invento es ventajosa una anchura de emisor de $10 - 100 \mu$.

Para la confección de un transistor según la Fig. 1, se parte por ejemplo de discos semiconductores dotados de p, con una resistencia específica de unos $0,3 \text{ a } 1 \Omega \text{ cm}$. Por evaporación al alto vacío se aplica primero una delgada capa de un metal dotador de p, por ejemplo In con algo de Ga, bajo adición de un pequeño porcentaje de material dotador de n As ó Sb, sobre el disco semiconductor, y se prepara la zona emisora por aleación. Durante el templado posterior, los lugares perturbadores n móviles se difunden a través de la zona de aleación en el material de fondo y forman una zona de base conductora de n.

La capa metálica se disuelve ahora en un ácido apropiado y se distribuye en plaquitas de $1 \times 1 \times 0,5$ aproximadamente. A continuación se alean en forma corriente dos glóbulos de aleación de unos 80μ de diámetro, por ejemplo de una aleación In-Sb-Ag, con una separación de unos 130μ , y se temple seguidamente a temperatura un poco más baja. Después de un breve ataque, se cubre por el método de fotoresist, a lo largo de la línea de unión entre los dos globulos de aleación, una tira de unos 70μ de anchura y se realiza un ataque "mesa".

Después de la separación del recubrimiento fotoresist se puede soldar la plaquita semiconductor sobre el pie de transistor y ponerla en contacto con dos tiritas de plata.

Para transistores según la Fig. 2, después de la separación del recubrimiento fotoresist, se aplica por evaporación, por ejemplo, cinc sobre la superficie del elemento de transistor. A continuación se vuelven a tapar por el método fotoresist aquellos lugares de la superficie del emisor, los cuales han de llevar un recubrimiento metálico. En los lugares no tapados, el cinc se elimina mediante un breve ataque en ácido nítrico.



diluido, y al elemento semiconductor se le provee, como antes, del zócalo y se le monta.

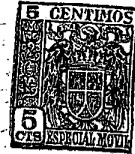
Para poder confeccionar también con globulos de aleación esféricos, disposiciones análogas a las de la Fig. 5, se recomienda confeccionar según el procedimiento antes citado, sobre una plaquita semiconductor, tres o más transistores, y luego disponer los mismos en forma de estrella. Semejante montaje permite proveer de contactos a todos los electrodos exteriores de estos transistores, con un disco metálico perforado, lo mismo que el electrodo 2 en la Fig. 5, y dotar de contactos a todos los electrodos interiores, en común por medio de un conductor interior cilíndrico o cónico, en forma parecida al electrodo 1 en la Fig. 5. También se pueden disponer los transistores de manera que en vez de emplear varios electrodos interiores, se use un solo electrodo interior que sea común a todas las disposiciones de transistores.

En la disposición pnip del tipo "mesa" conforme a la Fig. 3, ha que confeccionar discos semiconductores, en cuyo interior están fuertemente dotados de p y tienen una capa superficial uniformemente delgada, debilmente dotada de n, de 1 a 10 u aproximadamente de espesor, según sea el tipo de transistor.

La forma mas sencilla de obtener estos discos es la de alejar (por ejemplo con In) un electrodo de gran superficie que abarque casi todo el disco, sobre discos más gruesos de la deseada dotación de n de la capa superficial, de acuerdo con el procedimiento empleado en los rectificadores de potencia.

Las condiciones de aleación y de enfriamiento deben elegirse ahí de modo que el frente de aleación contra el material de fondo sea lo mas plano posible y que la parte precipitada con caracter monocristalino y homogéneo de la capa de germanio recristalizada sea lo más gruesa posible. Además, el frente de aleación debe quedar cerca por debajo de la superficie

204401



opuesta del disco.

En el borde del disco se incorpora por aleación un contacto auxiliar (base) dotador de n, y lo mismo que el electo-
todo In, se le provee de hilos de alimentación y se le cubre
5 con un barniz aislante apropiado. La parte delantera no tapa-
da del disco preparada de esta manera es atacada según un pro-
cedimiento de ataque electrolítico autolimitador. Durante el
ataque existe una tensión negativa entre el electrodo posterior
y el contacto auxiliar, por lo que en el contacto posterior
10 se forma una capa aislante, cuyo espesor depende de la dota-
ción el material n y de la tensión en el contacto posterior.
Entre el electrolito y el contacto auxiliar se aplica una ten-
sión, la cual tiene que ser asimismo negativa pero, respecto
a la cuantía, ha de ser menor que la tensión que existe entre
15 el electrodo posterior y el contacto auxiliar.

Sobre el disco a atacar, con una potente fuente luminosa
se proyecta a través del electrolito una tira luminosa de unos
100 μ de anchura que pasa por todo el disco, y se la va movien-
do por esto último despacio, perpendicularmente a sus extensión
20 longitudinal.

El germanio es atacado rápidamente por los lugares ilu-
minados. Sin embargo, el ataque cesa por si mismo cuando en
un lugar se llega a la capa aislante del lado posterior (mas
exacto, la capa aislante que corresponde a la diferencia de
25 tensión electrodo posterior-electrolito).

Así pues, de esta manera se pueden confeccionar discos
altamente dotados de p, los cuales tienen en la superficie
una delgada capa debilmente dotada de n de un espesor exac-
tamente previsible. Después de la separación del recubrimien-
30 to y de la capa metálica por el lado posterior, a estos discos
se les puede proveer, como se dijo oportunamente, de una capa de
emisión y una de base.

En disposiciones de semiconductor según Fig. 4, la zona



intrínseca 8, por los lugares no emisores. tiene que ser mas gruesa que en los lugares emisores. Según el procedimiento anterior, esto se puede conseguir fácilmente ajustando primero la tensión previa que corresponde al menor espesor de capa, y exponiendo a la luz unicamente aquellos lugares del disco semiconductor, en los que mas tarde el espesor de capa de la zona intrínseca ha de ser menor que en los restantes lugares. A continuación se aumenta la tensión previa, y en la forma descrita, se ataca a tiras la superficie restante hasta llegar al deseado espesor de capa de la zona intrínseca.

El curso de capa expuesto en el Fig. 5 puede conseguirse, por ejemplo, según el siguiente procedimiento. En un disco de material semiconductor debilmente dotado de n se alean primero, por aquellos lugares que mas adelante deben dar por resultado una zona 8 mas delgada de alta resistencia óhmica, unos electrodos dotadores de p a unos 10 - 15 μ de profundidad. Sobre esta superficie se aplica entonces una delgada capa de sus ancia dotadora de p, por ejemplo In, de modo que cubra toda la superficie. Sobre esta capa se oprime un segundo disco semiconductor, ya este conjunto se le calienta hasta temperatura de aleación de tal manera, que el segundo disco semiconductor adquiera mayor temperatura que el disco de partida. De este modo se obtiene un cuerpo semiconductor con una mitad fuertemente dotada de p y, otra mitad, dotada de n. A continuación se va rebajando la superficie dotada de n, según el procedimiento descrito, hasta el punto de que los lugares previamente incorporados por aleación sean justamente visibles como prominencias. Si esto es así, el proceso de ataque se da por finalizado.

La disposición según el invento puede, por supuesto, prepararse también conforme al procedimiento de doble difusión o de otra manera. La línea a rayas 15 indica en cada caso el



límite de la zona de emisión 3 antes de la incorporación por
aleación de los dos electrodos 1 y 2. Sobre todo en el proce-
so de doble difusión se pueden establecer las conexiones de la
base 6 y 7 por el hecho de que antes de la difusión del emisor,
se cubren estos lugares, por ejemplo, con una capa de cuarzo.
Si después de la separación de la capa de cuarzo se llevan se-
guidamente los discos a una solución apropiada de sal metálica,
tal como se la utiliza corrientemente, por ejemplo, para hacer
visibles los tránsitos pn, en las zonas 6 y 7 se pueden deposi-
tar entonces los contactos metálicos 1 y 2.

La disposición anular según Fig. 5 puede hacerse por evapo-
ración de los materiales de aleación, haciendo uso de pantallas
apropiadas o por precipitación galvánica después de la cubri-
ción del resto de la superficie semiconductora con fotoresist.

En la forma de realización según Fig. 5, el electrodo 2 ro-
dea al electrodo 1. Pero también es posible una forma de reali-
zación en la que el electrodo 1 rodea al electrodo 2, principal-
mente en forma anular. Los ensayos han demostrado que las dispo-
siciones, en las que un electrodo rodea al otro completamente,
facilitan el empleo de capas de base 4 particularmente delga-
das. La razón de esto estriba en que en tales disposiciones,
la delgada zona de base 4 no aparece por ningún lado en la su-
perficie y, por lo mismo, no es posible ninguna perforación su-
perficial a través de la delgada capa de base.

N O T A

Descrito suficientemente el objeto de la presente patente
de invención y sus distintas partes, interesa afirmar que las
disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modi-
ficaciones de detalle, materia, forma, dimensiones y proporcio-
nes, en cuanto no alteren su esencialidad, que los dibujos pre-
sentados son a escala variable, siendo lo que constituye el ob-
jeto de esta solicitud de patente, que se acoge a los derechos



de prioridad de la patente de invención alemana nº T 17 044 VIIc/21g depositada en la Oficina alemana de patentes el día 6 de agosto de 1.959, lo que se concreta en las siguientes reivindicaciones:

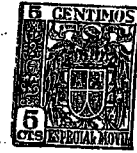
5 1ª.- Procedimiento para la confección de un transistor a contacto de superficie, caracterizado porque una plaquita semiconductoras es provista primero de una zona emisora y de una delgada zona de base situada por debajo, y por que luego se alea el primer electrodo por la zona emisora.

10 2ª.- Procedimiento para la confección de un transistor a contacto de superficie, según las reivindicación anterior, caracterizado, además, porque la zona de emisión se confecciona por aleación empleando de paso una sustancia aleante, la cual, para la confección de la zona de base, contiene adicionalmente una materia contradotante, y porque luego se produce
15 la zona de base por difusión a partir de dicha zona de emisión o de la aleación fluida del emisor.

20 3ª.- Procedimiento para la confección de un transistor a contacto de superficie, según las reivindicaciones anteriores, caracterizado, además, porque la zona de emisión y la de base se preparan por difusión simultánea o consecutiva a partir de la fase gaseosa, o por difusión a partir de una materia no aleante, aplicada sobre la superficie semiconductoras.

25 4ª.- Procedimiento para la confección de un transistor a contacto de superficie, según las reivindicaciones anteriores, caracterizado, además, porque la profundidad de difusión en la preparación de la zona de base por difusión se ha elegido menor que el espesor definitivo de dicha zona de base, y porque después de la incorporación por aleación del electrodo del lado
30 del emisor, se temple al cuerpo semiconductor a una temperatura ligeramente por debajo de la temperatura de aleación, hasta que se obtiene el espesor definitivo de la zona de base.

5ª.- Procedimiento para la confección de un transistor a



264401

5 contacto de superficie, según las reivindicaciones anteriores, caracterizado, además, porque la temperatura mínima absoluta para la preparación de la zona de base por difusión guarda, con respecto a la temperatura ambiente absoluta, la misma relación que la concentración intrínseca a la temperatura de difusión con respecto a la deseada concentración máxima de la dotación de la base.

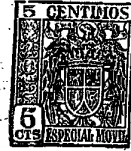
10 6ª.- Procedimiento para la confección de un transistor a contacto de superficie, según las reivindicaciones anteriores, caracterizado, además, porque después de la preparación de la zona de base por difusión se enfría rápidamente el cuerpo semiconductor, y durante el tratamiento posterior no se le calienta ya tanto, que aparezca una notable difusión.

15 7ª.- Procedimiento para la confección de un transistor a contacto de superficie, según las reivindicaciones anteriores, caracterizado, además, porque en una plaquita semiconductor se difunde primero la zona de base, y porque antes de la difusión de la zona de emisión se cubren con una materia apropiada que impide la intradifusión de los lugares perturbadores, aquellos lugares de la superficie semiconductor en los que se han previsto los dos electrodos del lado del emisor.

25 8ª.- Procedimiento para la confección de un transistor a contacto de superficie, según las reivindicaciones anteriores, caracterizado, además, porque los lugares tapados se recubren química o galvanicamente con metal después de la separación del material de crubrición.

30 9ª.- Procedimiento para la confección de un transistor a contacto de superficie, según las reivindicaciones anteriores, caracterizado, además, porque como material de partida se emplea una plaquita fuertemente dotada la cual, debajo de una superficie, tiene una capa debilmente dotada.

10ª.- Procedimiento para la confección de un transistor a contacto de superficie, según las reivindicación anterior, ca-



racterizado, además, porque en la preparación de una disposición pnp, el espesor deseado de la capa de alta resistencia óhmica se obtiene de tal manera mediante un método de ataque electroquímico, que la zona fuertemente dotada de p quede más pretensada negativamente hacia la capa debilmente dotada de n, que el electrolito.

11ª.- Procedimiento para la confección de un transistor a contacto de superficie, según la reivindicación anterior, caracterizado, además, porque para obtener una capa de alta resistencia óhmica con lugares concebidos más delgados por ataque electrolítico, se ajusta primero la tensión previa que corresponde a los lugares más delgados y sólo a éstos se les expone intensamente a la luz, y porque a continuación se aumenta la tensión previa y se ataca el resto de la superficie hasta lograr el deseado espesor de capa.

12ª.- Procedimiento para la confección de transistores a contacto de superficie, según las reivindicaciones anteriores, caracterizado, además, porque de una plaquita semiconductor se establecen al mismo tiempo tres o más sistemas de semiconductor y se les dispone en forma de estrella, y porque a todos los electrodos exteriores se les provee de contactos por medio de un disco metálico dotado de un taladro y, a todos los electrodos interiores, por medio de un conductor interior común de forma cilíndrica o cónica.

13ª.- Procedimiento para la confección de transistores a contacto de superficie, según las reivindicaciones anteriores, caracterizado, además, porque de una plaquita semiconductor se establecen al mismo tiempo varios sistemas de semiconductor, y se les dispone entre sí de tal modo que en lugar de varios electrodos interiores, sólo sea necesario un electrodo interior común.

14ª.- Procedimiento para la confección de un transistor



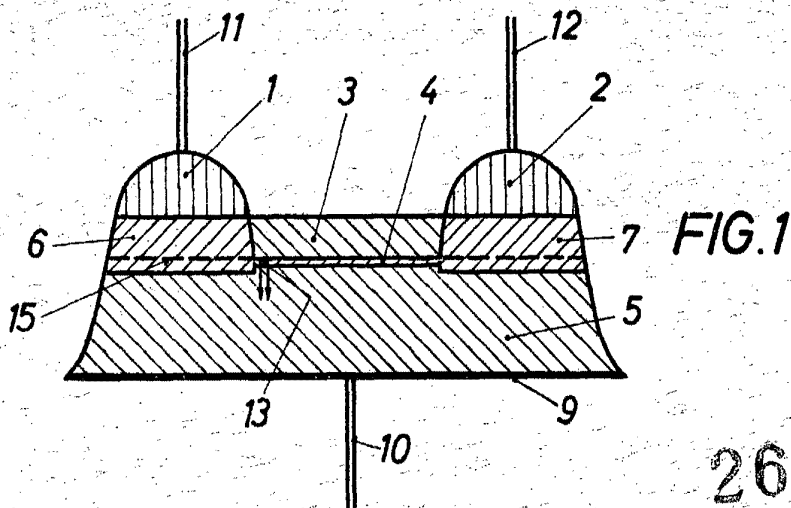
264401

a contacto de superficie.

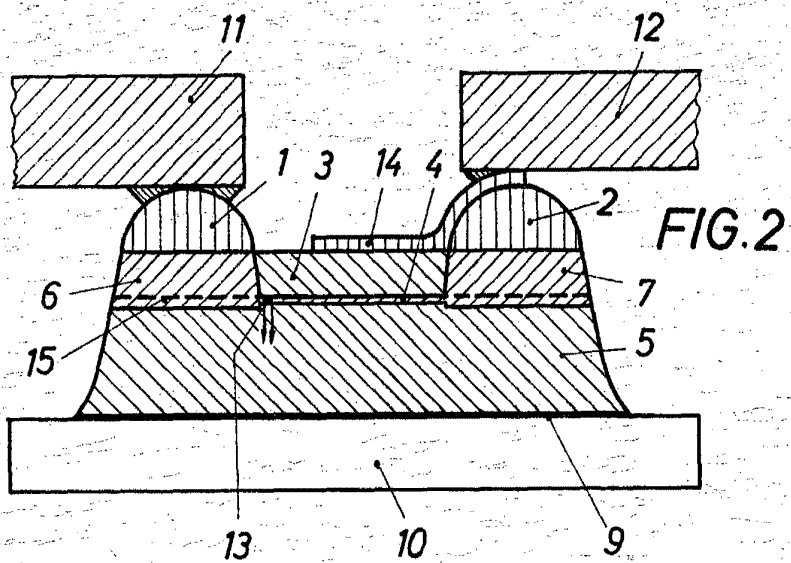
Todo según queda descrito y reivindicado en la presente Memoria que consta de veinticuatro hojas foliadas y escritas a máquina por una sola de sus caras y se representa en las adjuntas hojas de planos.

Madrid, 4 de agosto de 1.960.

EL AGENTE,
P. P.



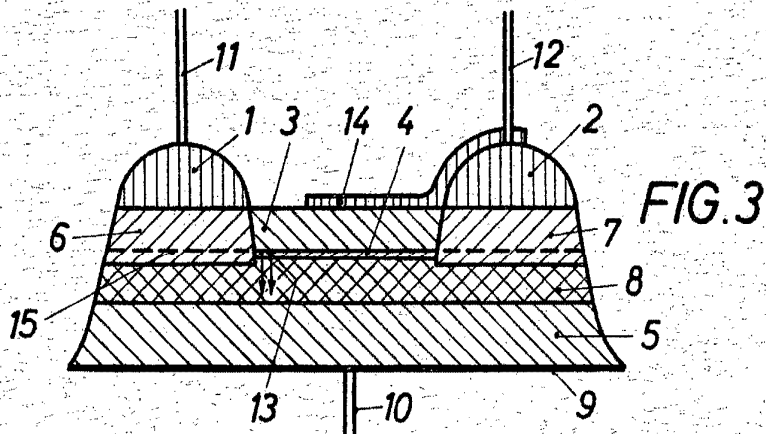
264401



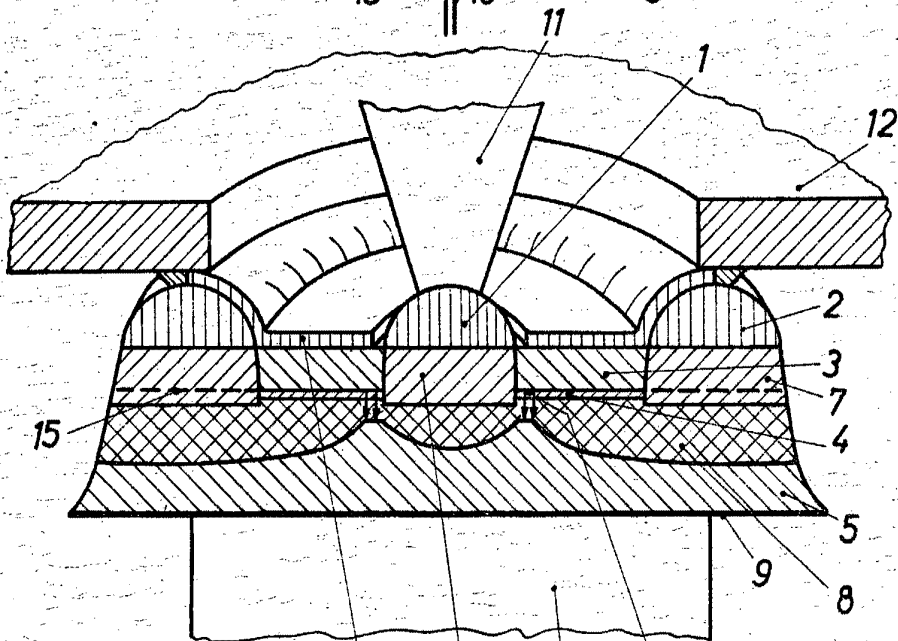
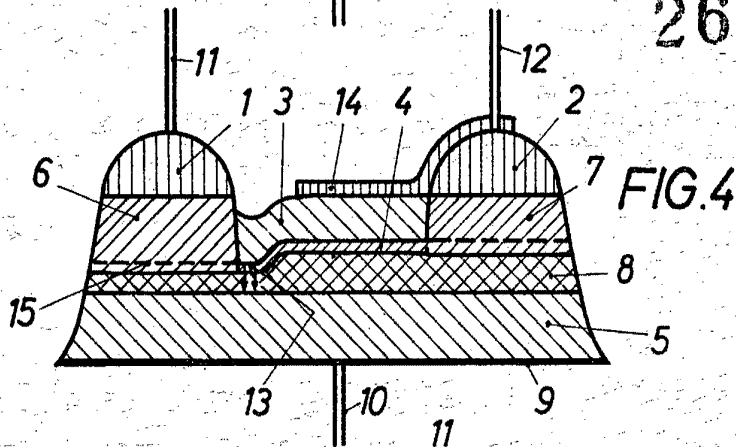
Escala variable

Madrid 4-agosto-60

EL Agente S. P.



264401



Escala variable
Madrid, 4 agosto 60
El Agente S. S.

FIG. 5