

JE.

272455



P Á T E N T E D E I N V E N C I O N

a favor de

MERCK & CO., Inc. de nacionalidad norteamericana, domiciliada en RAHWAY (New Jersey, E.U.) 126 East Lincoln Avenue,

por:

"Procedimiento para la formación de cuerpos semiconductores"

=====

M e m o r i a d e s c r i p t i v a .

Este invento se refiere a la producción de materiales semiconductores monocristalinos, y más concretamente a un procedimiento para producir cuerpos semiconductores monocristalinos que comprenden varias capas de material semiconductor de diferentes conductividades, separa-

5



dos por una región de transición. Una al menos de estas capas se deposita partiendo de un generador de vapor del material semiconductor sobre un substrato semiconductor monocristalino, plano y alargado, orientado cristalográficamente dentro de límites prefijados.

5

Como rasgo específico del presente invento, se desarrolla una técnica para producir un cuerpo semiconductor monocristalino alargado, uniforme, dotado de una gran perfección cristalina. En particular, los resultados aquí descritos se consiguen empleando un elemento semiconductor inicial alargado, con una superficie exterior que se ajusta dentro de límites prescritos a un plano de crecimiento o agregación cristalográficamente orientado.

10

Los cuerpos alargados producidos de conformidad con el procedimiento del presente invento son particularmente ventajosos en sus aplicaciones a diversos aparatos. En particular, la distorsión de los cristales conocida por planos de deslizamiento falta notablemente en estos cuerpos semiconductores. Por consiguiente, es posible producir un gran número de pequeños dispositivos semiconductores, con características eléctricas uniformes, recortando un cuerpo semiconductor alargado obtenido según el presente invento de acuerdo con técnicas corrientes en la especialidad.

15

20

Un objeto del presente invento es proporcionar un método para producir un cuerpo semiconductor alargado que comprende capas semiconductoras de conductividades diferentes, separadas por una región de transición, y del cual pueden obtenerse con facilidad y economía dispositivos semiconductores.

25

30

Otro objeto del presente invento es proporcionar



un método para producir un cuerpo semiconductor monocristalino con capas de material semiconductor de diferentes conductividades, separadas por una región de transición, depositada sobre un sustrato semiconductor monocristalino, plano y alargado, cristalográficamente orientado dentro
5 de ciertos límites.

Estos y otros objetos del invento se apreciarán por la lectura de la siguiente memoria, referida a los dibujos adjuntos, en los cuales indican:

10 La figura 1, una representación esquemática de un aparato adecuado para realizar el procedimiento del presente invento, en la que se expone un elemento semiconductor inicial monocristalino, alargado y plano, utilizado en el presente invento; y

15 La figura 2, un cuerpo semiconductor alargado, obtenido de acuerdo con el procedimiento del presente invento.

En general, este invento comprende un método para formar un cuerpo semiconductor con varias capas de material semiconductor monocristalino de conductividades de
20 tipo o grado distintos, y separadas por una zona de transición. Este procedimiento comprende las operaciones de obtener un cristal alargado de material semiconductor monocristalino, de superficie plana bastante grande, cristalográficamente orientado dentro de ciertos límites; aplicar
25 a este cristal un vapor descomponible que comprende átomos semiconductores y átomos de impureza activa, y depositar los átomos del vapor en forma de capa monocristalina de material semiconductor de conductividad distinta de la del
30 cristal, obteniendo así una zona de transición con superfi-



cies substancialmente planas.

Al practicar el procedimiento conforme al presente invento, se dispone primero un elemento inicial monocristalino de material semiconductor, que en una forma preferida de realización del presente invento es silicio. El elemento inicial monocristalino se hace de una varilla de silicio monocristalino que haya sido refinado, por ejemplo, por zonas, cortando una porción del mismo de manera que quede descubierto en una amplia superficie un plano de crecimiento cristalográficamente orientado dentro de ciertos límites.

Concretamente, el plano de crecimiento $-211-$ puede situarse en una varilla refinada con una zona orientada $-111-$ grabando primero una línea de vibración característica de la varilla con KOH, dirigiendo un rayo de luz hacia la línea grabada, con un ángulo de incidencia de 90° , y ajustando la posición de la varilla hasta que el rayo se desvie de nuevo a su trayectoria primitiva de incidencia. Luego se corta la varilla a lo largo de un plano perpendicular a dicho ángulo de incidencia y paralelo al eje longitudinal de la varilla, descubriendo así el plano de crecimiento $-211-$. Un procedimiento similar puede seguirse para descubrir un plano de crecimiento $-111-$ de una varilla con orientación $-211-$.

Para asegurar la unidad y perfección cristalina del silicio subsiguientemente agregado, es esencial que la superficie descubierta de la varilla alargada se ajuste en substancia a la orientación del plano de crecimiento prefijado. Concretamente, al emplear elementos iniciales alargados de unos 12.5 cm. o más de longitud, conforme al pre-

14 NOV 1955



sente invento, es necesario que la superficie plana descubierta no se desvíe más de 0,5 grados de los ejes antes indicados, a fin de depositar en ella capas planas de silicio monocristalino sumamente perfectas.

5 Las superficies de corte del elemento inicial se preparan luego para el depósito subsiguiente de silicio monocristalino puliéndolas, por ejemplo, con polvo de alundum de 600 mallas. El elemento inicial se pone luego en una solución corrosiva durante un tiempo prefijado, para
10 eliminar cualquier impureza, como polvo, óxidos y similares, que pueda presentar. Si bien se conocen ya diversas soluciones corrosivas, es preferible emplear una solución de ácido nítrico y ácido fluorhídrico. Después de la corrosión, el elemento inicial se lava y se seca de acuerdo
15 con técnicas bien conocidas.

De conformidad con una realización práctica preferida del presente invento, pueden depositarse capas de silicio sobre los substratos planos alargados preparados según el presente invento exponiendo tales substratos a un
20 generador de un vapor descomponible de átomos de silicio y de átomos de impureza activa de conductividad opuesta a la de los substratos; depositando los átomos de este vapor de manera que formen sobre los planos de crecimiento -211- descubiertos del substrato una capa de silicio semiconductor monocristalino, y prosiguiendo la deposición hasta que
25 la capa adquiriera un espesor conveniente, de modo que el cristal resultante tenga dos capas de silicio separadas por una zona de transición, todas tres de superficie substancialmente plana y adaptada al plano de crecimiento -211-
30 del substrato inicial.



En particular, se puede depositar una capa de silicio monocristalino de 0'0025 mm. de espesor sobre un plano de crecimiento -211- de conductividad tipo N, calentando dicho plano a una temperatura de 1150°C a 1250°C, exponiendo el plano calentado a una corriente gaseosa de 240 g/hora de silicio en cloroformo, transportado en 330 litros hora de hidrógeno con suficiente tricloruro de boro para proporcionar unos 10^{18} transportadores de silicio por cc., y dejando que el gas se descomponga y deposite el silicio sobre el plano de crecimiento durante 30 minutos.

En la figura 1 se representa en esquema un aparato adecuado para la realización práctica del procedimiento del presente invento. El número -1- designa en general una cámara de reacción que encierra el substrato inicial monocristalino -2-, alargado y plano, del presente invento. Un conducto eléctrico -3- sostiene el substrato dentro de la cámara. El contacto eléctrico con el substrato se obtiene por medio de una fuente de corriente eléctrica -4- conectada al conductor por medio del hilo -5-. Un sistema de admisión -6- introduce por la tobera -7- un chorro descomponible de átomos de silicio con átomos asociados de impureza activa y un gas diluyente en la citada cámara de reacción, provocando una turbulencia dentro de la misma. La lumbrera -8- permite que salgan de ella los gases que no hayan reaccionado y los productos de descomposición.

La técnica del invento, empleando el aparato de la figura 1, es como sigue: El chorro descomponible de átomos de silicio con átomos de impureza activa, de conductividad opuesta a la del substrato inicial -2-, se introduce turbulentamente en la cámara de reacción -1-, donde se des-



5 compone térmicamente para formar una capa de silicio sobre las superficies descubiertas -2'-, calentadas a la temperatura de descomposición mediante el paso de una corriente eléctrica a través de ellas suministrada por una fuente de corriente eléctrica -4-.

10 En la figura 2 se representa por -9- el cuerpo obtenido de acuerdo con la anterior descripción. Tras la deposición inicial, el substrato primitivo capta los átomos depositados, y con la orientación preferida -211- de las superficies descubiertas -2'- de dicho substrato, el cristal crece, como se indica en la figura 2, por depositarse una capa -10- de conductividad prefijada en virtud de la composición de la corriente de gas. La deposición continúa hasta que la capa -10- adquiere un determinado espesor, según lo requiera la aplicación subsiguiente del cuerpo semiconductor. Como se indica en la figura 2, el cristal de silicio así formado es un cristal simple alargado perfecto, con la superficie exterior ajustada a la red cristalina del elemento inicial subyacente, el cual, en la forma preferida descrita, tiene descubierto el plano de crecimiento -211-. Se apreciará que las capas depositadas después se adaptarán de manera análoga a la cristalografía de la capa inferior precedente, y darán un cuerpo de material semiconductor con varias capas contiguas al elemento inicial, formando una expansión del mismo.

25 Siguiendo el procedimiento de este invento, es posible formar cuerpos semiconductores alargados de gran extensión y muy planos, con varias capas de diferentes conductividades superpuestas a un plano preferido de determinada orientación. De tal cuerpo pueden obtenerse muchos

30

14 NOV 1957



dispositivos pequeños cortándolo y fijando conductores eléctricos a las porciones cortadas conforme a técnicas bien conocidas.

5 Como se ha indicado antes, aunque se han descrito las técnicas específicas de este invento con referencia al crecimiento cristalino sobre el plano -211- de un elemento inicial de silicio, ha de entenderse que el invento puede emplearse con otros planos de crecimiento de este elemento, y utilizando materiales semiconductores
10 distintos del silicio, como germanio, carburo de silicio, diversos compuestos de los grupos III y IV, por ejemplo, arseniuro de galio, antimoniuro de indio, fosfuro de galio y similares.

N O T A

15 Se reivindica como objeto de esta patente:

1) Procedimiento para la formación de cuerpos semiconductores monocristalinos alargados que contengan al menos dos capas semiconductoras de gran superficie
20 cristalográficamente orientadas, con distintos tipos de conductividad, separadas por una zona de transición, el cual consiste en exponer una superficie plana de un elemento semiconductor inicial alargado, de tipo de conductividad previsto, que se ajuste con un margen de 0,5 grados a un plano de crecimiento de orientación cristalográfica
25 prefijada; poner dicho plano de crecimiento en contacto con un compuesto descomponible de dicho semiconductor que contenga átomos de impureza activa de tipo de conductividad opuesto, y descomponer térmicamente dicho compuesto para depositar una capa monocristalina del semiconductor y

272455

14 NOV



de los átomos de impureza activa de tipo de conductividad opuesto sobre el citado plano de crecimiento.

5 2) Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el elemento inicial es alargado, de silicio y de tipo de conductividad prefijado, con una superficie que se ajusta dentro de un margen de 0,5 grados al plano de crecimiento (211).

10 3) Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el elemento inicial es alargado, de silicio y de tipo de conductividad prefijado, con una superficie que se ajusta dentro de un margen de 0,5 grado al plano de crecimiento (111).

15 4) Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho compuesto se introduce en una cámara de reacción de modo que se produzca en ella una corriente turbulenta.

5) Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que se hace pasar una corriente eléctrica a través del cuerpo, para calentarlo.

20 6) Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que todas las superficies alargadas del elemento inicial están orientadas similarmente y expuestas al compuesto descomponible.

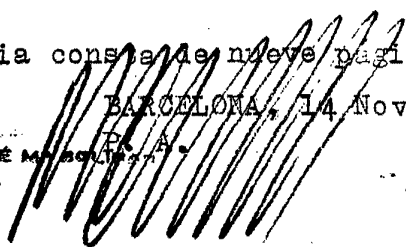
25 7) Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el elemento inicial es de sección transversal rectangular.

8) Procedimiento para la formación de cuerpos semiconductores.

Esta memoria consta de nueve paginas escritas por una sola cara.

BARCELONA, 14 Noviembre de 1961

JOSÉ M. ...
P.P.



7540



272455

Fig. 1.

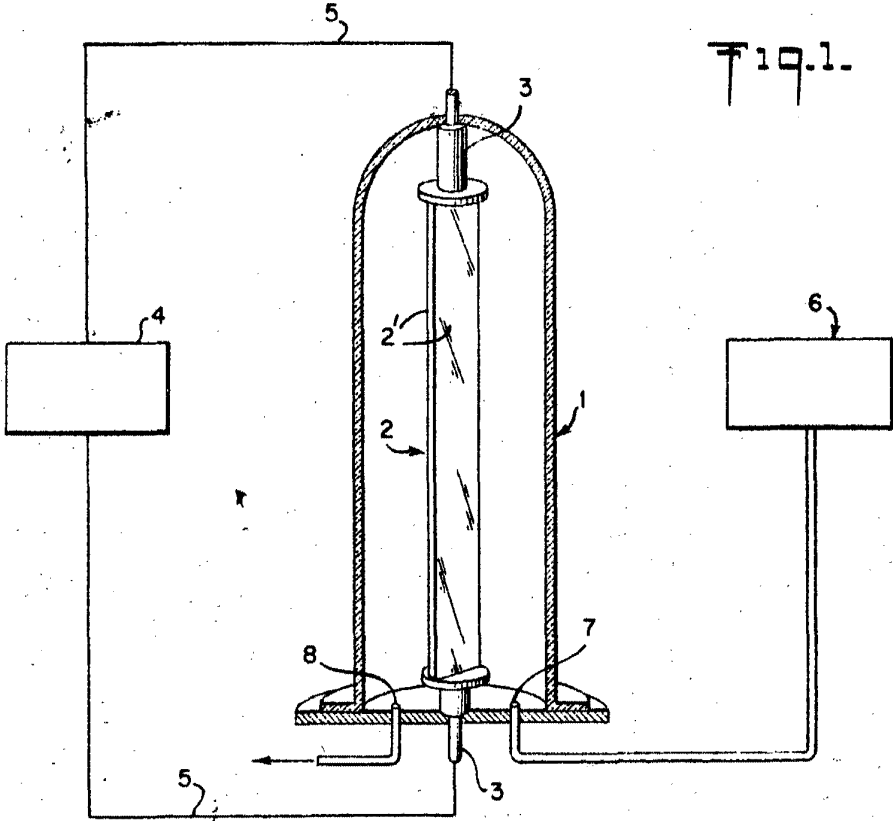
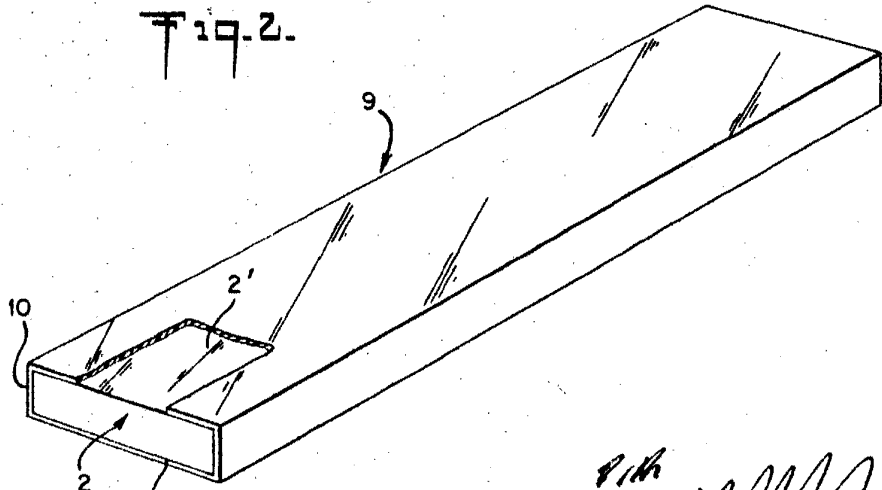


Fig. 2.



J. H.
 JOSÉ M. ...
 P. P.