



República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) (21) **PI 0402196-7 A**



(22) Data de Depósito: 02/06/2004  
(43) Data de Publicação: 17/01/2006  
(RPI 1828)

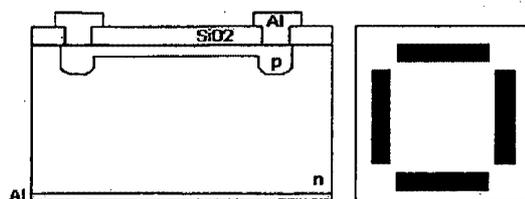
(51) Int. Cl<sup>7</sup>.:  
G01D 5/36

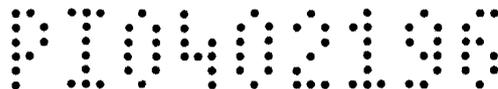
(54) Título: **DISPOSITIVO FOTODETECTOR DE POSICIONAMENTO BIDIMENSIONAL E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO MESMO**

(71) Depositante(s): Universidade Federal do Rio Grande do Sul (BR/RS)

(72) Inventor(es): Henri Ivanov Buoudinov, Ricardo Cunha Gonçalves da Silva

(57) Resumo: "DISPOSITIVO FOTODETECTOR DE POSICIONAMENTO BIDIMENSIONAL E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO MESMO". A presente invenção trata de um dispositivo fotodetector capaz de transduzir diretamente o sinal luminoso em tensão, sendo capaz de monitorar em tempo real a posição bidimensional e a intensidade do feixe de luz incidente na sua superfície; é também descrito um processo para a fabricação do referido fotodetector.





## Relatório Descritivo

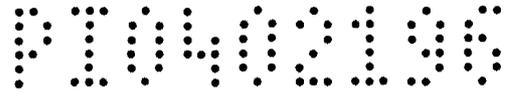
### Dispositivo Fotodetector de Posicionamento Bidimensional e Processo de Fabricação do mesmo

#### 5 Campo da Invenção

A presente invenção está relacionada a um dispositivo fotodetector de posicionamento bidimensional e a um processo de fabricação do mesmo. O referido fotodetector é capaz de determinar com precisão as coordenadas de um feixe de luz incidente a partir de seu centro, sendo, portanto aplicável em diversos equipamentos em que se faz necessário o uso de sensores que determinam com precisão posicionamento bidimensional.

#### Antecedentes da Invenção

É sabido que radiação suficientemente energética incidente em uma junção p-n produz uma fototensão através da junção. Se a junção não é irradiada uniformemente, a fototensão vai, em geral, variar com a posição, produzindo um sinal adicional paralelo ao plano da junção [Lucowsky, G, "Photoeffects in nonuniformly irradiated p-n junctions", Journal of Applied Physics, pp. 1088-1095, 1960]. Pode-se utilizar deste efeito para construir uma célula fotoelétrica sensível a posição. Isto foi investigado e demonstrado pela primeira vez por Wallmark [J. Wallmark, "A new semiconductor photocell using lateral photoeffect", Proc. Inst. Elect. Eng., pp 474-483, 1957]. Com base neste efeito, diversos tipos de sensores ou detectores óticos têm sido construídos. Tais sensores são capazes de determinar precisamente a localização de um ponto de luz incidente em sua superfície e têm sido usados em diferentes áreas, como alinhamento mecânico, visão robótica, seguidor de luz, medidor de vibração, etc. A principal vantagem destes aparatos é que não existe descontinuidade do sinal. Duas características destes aparatos são consideradas como as melhores para determinar a boa funcionalidade do sensor: sensibilidade e linearidade da transferência [J. Henry and J. Livingsstone, IEEE Sensors Journal, pp 372-376, 2002].



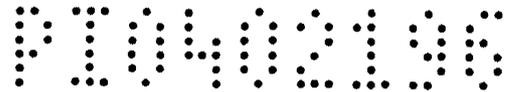
Em que pese o fato de que diversos exemplos de fotodetectores tenham sido produzidos fazendo uso do efeito de fototensão lateral para determinação de posição de um feixe de luz, os aparelhos descritos até a data da presente invenção apresentam uma eletrônica complexa para interpretação do sinal a partir da diferença da corrente elétrica entre dois eletrodos.

A literatura patentária também descreve alguns exemplos de fotossensores/fotodetectores. O pedido internacional de patente WO 98/28798 intitulado "Semiconductor device with selectively diffused regions" descreve a manufatura de um aparato semicondutor, podendo ser uma célula fotoelétrica, compreendendo a aplicação seletiva de dopantes a superfície de um substrato semicondutor, a difusão do dopante no substrato e a aplicação de um metal que está substancialmente alinhado com a região difusa. No entanto, o referido documento não descreve o uso de uma máscara para a definição das regiões onde se aplicam os dopantes e os metais, o que torna o processo passível de imprecisão, resultando no mau funcionamento do aparato.

Tendo em vista estas limitações, os inventores desenvolveram um dispositivo fotodetector de alta eficiência, que utiliza o efeito de fototensão lateral e não necessita de uma eletrônica complexa. O dispositivo da presente invenção tem diversas aplicações, como em situações em que se faz necessário o uso de sensores que determinam com precisão coordenadas bidimensionais da posição de feixe de luz incidente.

### **Sumário da Invenção**

O dispositivo da presente invenção apresenta características melhoradas de eficiência na determinação de coordenadas de um feixe de luz incidente na sua superfície. Estas características melhoradas são proporcionadas pela capacidade do dispositivo em transduzir diretamente o sinal luminoso em tensão. É, portanto, um objeto da presente invenção proporcionar dispositivos fotodetectores dotados de capacidade de transdução direta de sinais luminosos em tensão.



É um outro objeto da presente invenção fornecer um processo de fabricação de dispositivos fotodetectores de posicionamento bidimensional que apresentam características aumentadas de eficiência na determinação de coordenadas de um feixe de luz.

5

### **Breve Descrição das Figuras**

A figura 1 mostra um design simplificado do fotodetector proposto na presente invenção.

10 A figura 2 mostra as máscaras utilizadas em uma concretização preferencial da presente invenção.

A figura 3 mostra o dispositivo feito em silício com a superfície oxidada.

A figura 4 mostra o resultado da corrosão química do óxido. As janelas abertas são para a implantação iônica.

15 A figura 5 mostra a formação das regiões tipo-p do fotodetector após as duas implantações sucessivas de Boro.

A figura 6 mostra o fotodetector após a etapa de rebaixamento da camada do óxido.

A figura 7 mostra a camada de alumínio depositado na superfície do fotodetector.

20 A figura 8 mostra o fotodetector pronto, após a remoção química de parte da camada de alumínio.

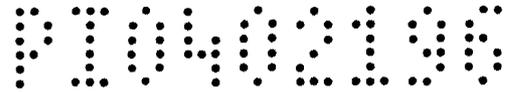
### **Descrição Detalhada da Invenção**

25 Baseado nos conhecimentos e nas limitações do estado da técnica, os inventores desenvolveram um dispositivo fotodetector capaz de determinar com precisão o centro de um feixe de luz incidente em sua superfície, utilizando o efeito de fototensão lateral. Para efeitos da presente invenção, o termo “fotodetector” deve ser compreendido como é um dispositivo sensível a fontes luminosas; o termo “efeito de fototensão lateral” deve ser compreendido como  
30 o efeito que consiste no aparecimento de uma tensão paralela a uma junção p-n quando esta junção é irradiada não-uniformemente.

Uma das principais características e vantagens do presente invento é fornecer um dispositivo fotodetector com a capacidade de transduzir sinais luminosos diretamente em tensão, resultando na utilização de uma eletrônica mais simples e também em monitoramento da intensidade do feixe de luz em tempo real. Em uma concretização preferencial da presente invenção, o dispositivo fotodetector é uma junção p-n construída sobre um substrato com contatos metálicos depositados na superfície, possibilitando a transdução de sinais luminosos. Um design simplificado do sensor está apresentado na figura 1. O referido dispositivo fotodetector, na prática, não precisa de nenhuma aparelhagem adicional complexa. Opcionalmente, pode-se utilizar um circuito amplificador para facilitar a leitura dos dados coletados pelo fotodetector. O referido circuito amplificador pode ser qualquer dos circuitos amplificadores conhecidos no estado da técnica.

Para a fabricação do referido dispositivo fotodetector utiliza-se um material como substrato, preferivelmente silício cristalino. Para todo o processamento são necessárias apenas 2 máscaras, que são desenhadas a fim de obter sensores de 4 tamanhos diferentes em cada lâmina (figura 2). As máscaras são feitas com emulsão em fotolito e coladas em suportes de vidro. O processamento do silício começa pela preparação e limpeza das amostras usando RCA [W.Kern and D.Puotinen, RCA review, 31, p187, 1970.] e um processo conhecido como zona desnuda, que para efeitos da presente invenção remove oxigênio das regiões abaixo da superfície do silício. A zona desnuda é formada expondo a superfície do silício a uma atmosfera contendo oxigênio a altas temperaturas por 3-4 horas e posterior remoção do óxido. Os detalhes da limpeza RCA podem ser aqueles descritos por W. Kern and D. Puotinen, RCA Review, 31, p. 187, 1970., aqui incorporados por referência.

A lista tecnológica específica do fotodetector começa com a oxidação da superfície do substrato. Dióxido de silício é crescido termicamente e servirá como camada de barreira para a implantação de dopantes e camada anti-refletiva. Um óxido com espessura de aproximadamente 4000 Å é inicialmente crescido (figura 3). Abaixo o regime preferido de oxidação:



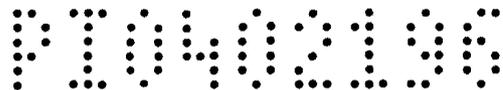
- Aquecimento do forno a 900°C em ambiente de N<sub>2</sub>;
- Carregamento das amostras, 900°C, atmosfera de O<sub>2</sub> super seco;
- Aumento da temperatura de 900°C a 1200°C em O<sub>2</sub>SS e TCA (0,2%);
- 180 minutos a 1200°C, O<sub>2</sub>SS e TCA (0,2%);
- 5     • Decréscimo da temperatura de 1200 para 1000°C em O<sub>2</sub>SS;
- Decréscimo da temperatura de 1000 para 900°C em ambiente de argônio;
- Descarregamento das amostras.

10     O primeiro processo fotolitográfico, utilizando a máscara I, define as regiões que serão expostas à implantação de dopantes, ao mesmo tempo definindo a camada de barreira para as outras regiões. O resultado é mostrado na figura 4 e os detalhes preferidos do processo são descritos abaixo:

- Deposição da fotorresina;
- Espalhamento na base giratória, 4000RPM por 45 segundos;
- 15     • *Soft Baking*: 5-10 minutos a 80°C;
- Exposição à luz ultravioleta, 40 segundos;
- *Hard Baking*: 10 minutos à 110°C;
- Revelação da fotorresina, 50 segundos;
- Corrosão química do SiO<sub>2</sub> com HF, 4-5 minutos;
- 20     • Remoção da fotorresina com acetona e álcool.

25     Com o silício exposto nas regiões desejadas, duas implantações de íons aceitadores se sucedem. A primeira com uma dose mais forte e energia menor, dopa a região exposta fortemente e nas regiões com óxido pré-existente os dopantes não atingem o silício. A segunda implantação, que dopa a região ativa, se dá com uma energia maior do que a primeira, suficiente para os átomos atravessarem a camada de barreira e com dose menor para uma dopagem fraca. A formação das regiões tipo-p conseqüente das implantações são mostradas na figura 5 e o regime preferido do processo é descrito abaixo:

- 30     • Primeira implantação: BF<sub>2</sub><sup>†</sup>, 200 keV, 1x10<sup>15</sup> cm<sup>-2</sup>; († =energia efetiva com que átomos de boro são implantados está em torno de 40 keV)



- Segunda implantação: B, 150 keV,  $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$  ;
- Recozimento: 1050°C em Ar por 10 minutos, O<sub>2</sub>SS por 120 minutos e 20 minutos em Ar.

5           A seguir, um rebaixamento do óxido é necessário para o uso como camada anti-refletora. O óxido é corroído quimicamente até sua espessura diminuir a aproximadamente 1500 Å (figura 6). Este processo de corrosão química é feito em banho térmico e as proporções dos compostos na mistura são rigorosamente controladas a fim de obter uma taxa de corrosão controlada.

10           A etapa seguinte é a deposição do metal, preferencialmente alumínio, por evaporação. O metal é depositado sobre toda a superfície (fig. 7).

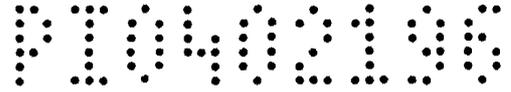
          O segundo processo fotolitográfico define as regiões da superfície onde o alumínio deve ser removido e as regiões onde serão os contatos metálicos do sensor. O processo é idêntico à primeira fotolitografia com exceção da corrosão do material. O alumínio é removido com ácido ortofosfórico. O resultado, 15           mostrado na figura 8, é a visão em corte do fotodetector em seu estado final.

          Os versados na arte apreciarão que dispositivos fotodetectores e processos de produção dos mesmos que compreendam pequenas variações em relação aos exemplos preferenciais demonstrados na presente invenção 20           devem ser compreendidos como dentro do escopo da invenção e das reivindicações anexas.

## Reivindicações

### Dispositivo Fotodetector de Posicionamento Bidimensional e Processo de Fabricação do mesmo

- 5 1. Dispositivo fotodetector capaz de monitorar em tempo real a intensidade e a posição bidimensional de feixe de luz incidente sobre sua superfície, compreendendo um substrato de silício, sendo o referido dispositivo caracterizado pelo fato de transduzir o sinal luminoso diretamente em tensão.
- 10 2. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender uma junção p-n construída sobre um substrato com contatos metálicos depositados na superfície.
3. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de adicionalmente compreender um circuito amplificador.
- 15 4. Processo de fabricação de fotodetector utilizando um substrato de silício cristalino, caracterizado por compreender as etapas de:
  - crescimento de uma camada de barreira na superfície do substrato;
  - definição das regiões de exposição a dopantes;
  - pelo menos uma implantação de íons aceitadores;
  - 20 - rebaixamento da camada de barreira;
  - deposição do metal e;
  - definição das regiões e remoção do metal.
5. Processo, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato da espessura da referida camada de barreira estar contida no intervalo  
25 compreendido entre 1000 e 7000 Å.
6. Processo, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a etapa de crescimento da camada de barreira constituir uma oxidação do substrato de silício.
7. Processo, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato da  
30 referida etapa de definição das regiões expostas a dopantes é efetuada utilizando-se uma máscara.



8. Processo, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato da referida etapa de rebaixamento da camada de barreira compreende uma corrosão química.
9. Processo, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato da referida etapa da deposição do metal ocorre por evaporação ou *sputtering*.
10. Processo, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato da referida etapa de definição das regiões do metal é efetuada utilizando uma máscara.

P O W E R

### Figuras

Figura 1

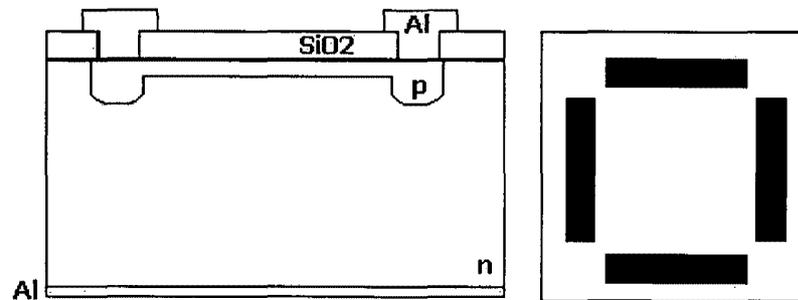


Figura 2

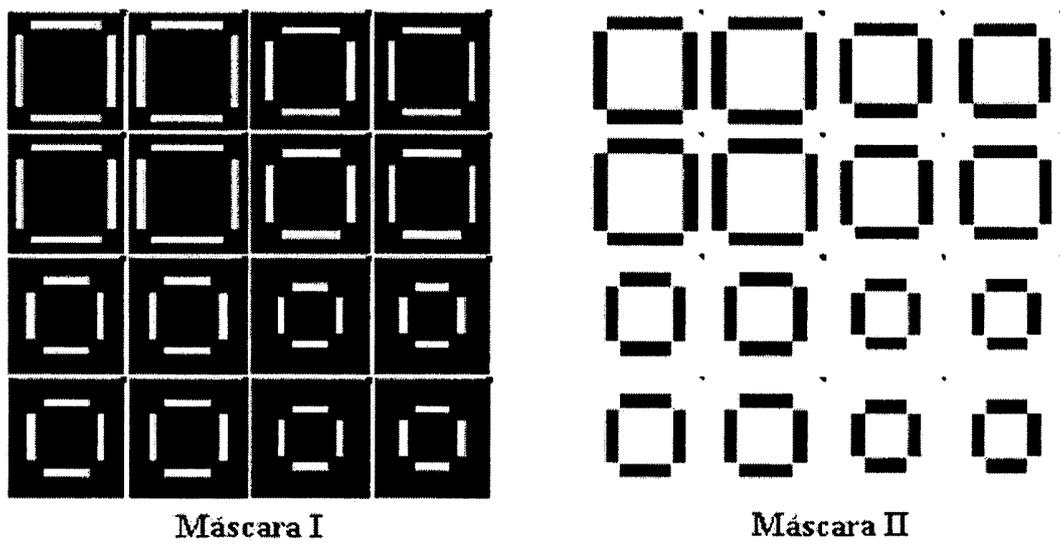


Figura 3

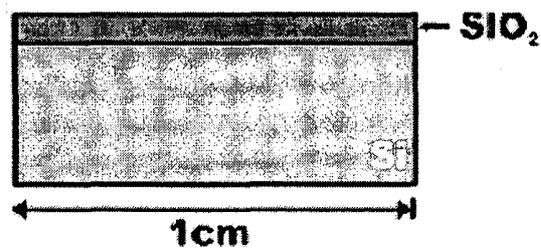


Figura 4

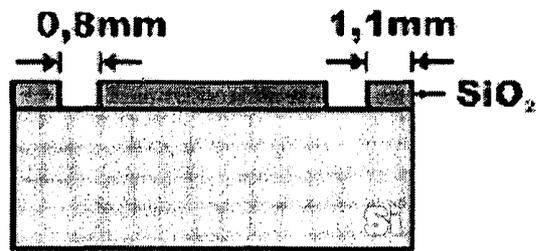


Figura 5

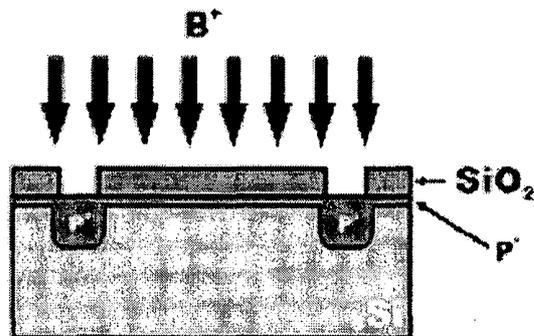


Figura 6

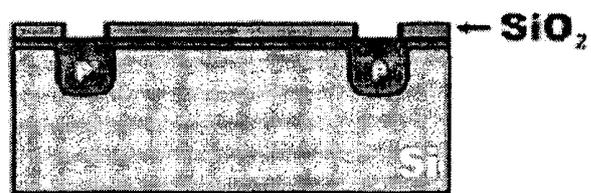


Figura 7

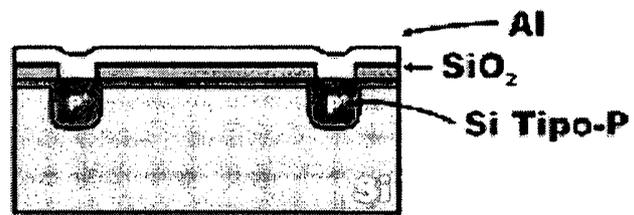
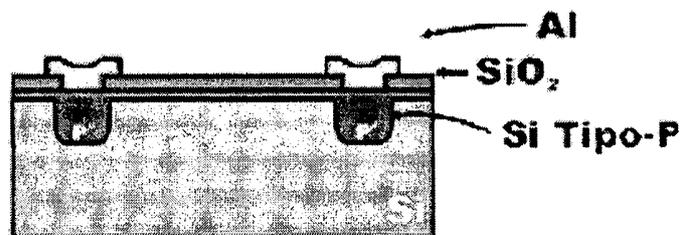


Figura 8



**Resumo****Dispositivo Fotodetector de Posicionamento Bidimensional e  
Processo de Fabricação do mesmo**

- 5 A presente invenção trata de um dispositivo fotodetector capaz de transduzir diretamente o sinal luminoso em tensão, sendo capaz de monitorar em tempo real a posição bidimensional e a intensidade do feixe de luz incidente na sua superfície; é também descrito um processo para a fabricação do referido fotodetector.