



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

(21) **PI0620959-9 A2**



(22) Data de Depósito: 17/02/2006
(43) Data da Publicação: 29/11/2011
(RPI 2134)

(51) *Int.Cl.:*
H01L 31/109
H01L 27/148

(54) **Título:** DETECTOR DE RADIAÇÃO DE SEMICONDUTOR OTIMIZADO PARA DETECÇÃO DE LUZ VISÍVEL

(30) **Prioridade Unionista:** 05/01/2006 FI PCT/FI2006/000009

(73) **Titular(es):** Aurola, Artto

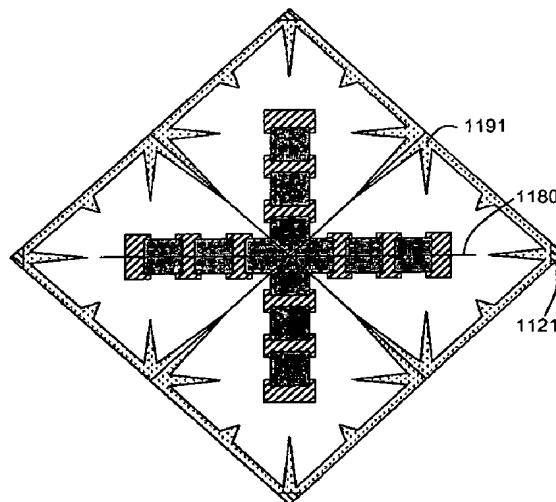
(72) **Inventor(es):** Aurola, Artto

(74) **Procurador(es):** Magnus Aspeby e Claudio Szabas

(86) **Pedido Internacional:** PCT FI2006000058 de 17/02/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/07287de
12/07/2007

(57) **Resumo:** DETECTOR DE RADIAÇÃO DE SEMICONDUTOR OTIMIZADO PARA DETECÇÃO DE LUZ VISÍVEL. Um detector de radiação de semicondutor compreende uma camada de massa de material semicondutor, e, em uma primeira superfície da camada de massa na seguinte ordem: uma camada de porta interna modificada de semicondutor de segundo tipo de condutividade, uma camada de barreira de semicondutor de primeiro tipo de condutividade, e dopagens de pixel de semicondutor do segundo tipo de condutividade. As voltagens de pixel são adaptadas para serem acopladas a pelo menos uma voltagem de pixel de modo a criar pixels correspondentes às dopagens de pixel. O dispositivo compreende um primeiro tipo de condutividade de primeiro contato. Referida voltagem de pixel é definida como uma diferença de potencial entre a dopagem de pixel e o primeiro contato. A camada de massa é do tipo de primeira condutividade. Em uma segunda superfície da camada de massa oposta à primeira superfície, existe uma camada lateral traseira não-condutiva que transportaria cargas secundárias externas à área ativa do dispositivo, ou funcionaria como uma janela de entrada de radiação.



**"DETECTOR DE RADIAÇÃO DE SEMICONDUTOR OTIMIZADO PARA
DETECÇÃO DE LUZ VISÍVEL"**

CAMPO DA INVENÇÃO

5 A invenção está relacionada a detectores de radiação de semicondutor e, particularmente, a um detector de radiação de semicondutor tendo uma porta interna modificada.

10 **ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

 A radiação é convertida em pares de furo de elétron em material semicondutor. Em detectores de radiação de semicondutor, os pares de furo de elétron são separados por um campo elétrico. O tipo de carga do par de furos de
15 elétron que é medido é referido como carga de sinal, e o tipo de carga oposta são referidos como carga secundária.

 Os pedidos de patente PCT/FI2004/000492 e PCT/FI2005/000359, que são incorporados aqui por referência, revelam um detector de radiação de semicondutor tendo uma porta interna modificada (MIG). Este detector é
20 aqui em seguida referido como o detector de MIG. O detector de MIG é iluminado na traseira, e tem um substrato exaurido totalmente espesso e uma camada condutiva delgada no lado traseiro do dispositivo. Esta camada de lado traseiro
25 condutiva tem três funções: quando ela é corretamente inclinada ela capacita à depleção total do substrato espesso, ela transporta as cargas secundárias para fora da área ativa do dispositivo, e ela funciona como uma janela

de entrada de radiação homogênea delgada. O detector de MIG tem muitos benefícios. As cargas geradas na superfície podem ser separadas das cargas de sinal, que proporcionam um ruído de corrente escura pequeno. A carga de sinal pode ser não - destrutivamente lida fazendo com que a carga de sinal seja lida múltiplas vezes, o que reduz o ruído de leitura. A iluminação traseira e a janela de entrada de radiação homogênea delgada capacitam à detecção de radiação penetrante rasa similar a raios-X de baixa energia e partículas com uma boa resolução de energia. O substrato exaurido totalmente espesso capacita à detecção de radiação profundamente penetrante.

O material de substrato do detector de MIG é preferivelmente resistivo alto, isto é, silício quase intrínseco, e a espessura do substrato é umas poucas centenas de micrômetros. Tal detector de LIG pode ser usado para detectar partículas, raios-X de baixa a média energias (~100eV--~10keV), e fótons de luz ultravioleta e azul a radiação quase infravermelha. A radiação perto de infravermelha é aqui referida como radiação que não pode ser vista pelo olho humano, e que tem um comprimento de onda abaixo de 1,1 μm que é o limite de detecção de silício. A radiação perto da infravermelha cujo comprimento de onda é próximo, mas abaixo deste limite, tem uma profundidade de atenuação muito grande em silício, até centenas de micrômetros. Devido à iluminação traseira, devido ao substrato exaurido totalmente espesso, e devido à janela de entrada de radiação delgada, o detector de MIG

tem eficiência de quantum da radiação perto da infravermelha para luz azul. Devido ao substrato espesso, também um fenômeno denominado franjamento é eliminado. O fenômeno de franjamento é um problema nos detectores tendo
5 um substrato delgado. Em tais detectores a radiação perto de infravermelha é refletida muitas vezes entre as superfícies frontal e traseira do detector antes dela ser absorvida, causando modelos de interferência não-desejados. Desde de que o céu noturno sem lua contém pelo menos uma
10 ordem de grandeza mais perto dos fótons infravermelhos do que fótons visíveis, e desde que o coeficiente de reflexão de muitos materiais seja muito mais alto para radiação perto de infravermelha do que para luz visível (por exemplo, a refletividade de folhagem é três a seis vezes
15 mais alta), o detector de MIG é muito bem aplicável à detecção de luz baixa em dispositivos de visão noturnos.

O detector de MIG não se adequa, contudo, muito bem a detecção de luz visível em aplicações de consumidor portátil baseadas em silício pelas razões que se seguem. A
20 depleção do substrato espesso requer pelo menos umas poucas dezenas de volts. Para um dispositivo de consumidor portátil, tal voltagem é claramente muito alta, e resulta em consumo de energia muito grande. O substrato de silício resistivo alto é expansivo e é difícil de processar, com
25 aumento do custo de faturamento. É também difícil contactar a camada lateral traseira condutiva seguramente a partir do lado frontal através do substrato resistivo alto espesso, que seria importante para produção de massa. Muita da

corrente de geração de massa é gerada no substrato exaurido totalmente espesso, que é provavelmente para necessitar do uso de arrefecimento. Em aplicações de consumidor portáteis, o arrefecimento do detector é, contudo, não
5 usualmente possível. A nitidez das imagens é também um tanto degradada desde que a luz visível seja absorvida na lateral traseira do detector, e as cargas de sinal têm que percorrer um longo caminho antes delas alcançarem à superfície frontal. Por esta razão também o uso de filtros
10 de cores na lateral traseira do dispositivo é problemático.

A profundidade de atenuação de luz vermelha em silício é não mais do que dez micrômetros. Para luz verde e azul, a profundidade de atenuação é ainda menor. Não é, desse modo, necessário ter um substrato espesso para detecção de luz
15 visível. Ao invés do substrato espesso pode-se usar um substrato delgado (tipicamente ao redor de 10 μm e menos do que 50 μm) em um detector de MIG mais delgado traseiro. Um dispositivo delgado trava, contudo, muito facilmente e é, desse modo, necessário realizar o processamento do lado
20 traseiro no final do processo de manufaturamento. Existem dois métodos possíveis para fazer isto. No primeiro método o lado frontal do substrato é fixado a um substrato de suporte após o qual o lado traseiro do detector é adelgado. No segundo método, o lado traseiro do detector
25 é gravado somente abaixo da área ativa contendo os pixéis, e uma área de suporte mais espessa é deixada nos lados do detector. Em ambos os métodos é requerido que o processamento do lado frontal seja acabado antes do lado

traseiro ser adelgado. Este fato complica o manufaturamento da camada lateral traseira de condução. De modo a processar a camada lateral traseira condutiva muito delgada capacitando boa eficiência de quantum para luz azul, existem dois processos possíveis que são adequados para produção de massa. No primeiro método, a camada lateral traseira condutiva é feita por implantação, que requer uma etapa de recozimento de alta temperatura. Todos os materiais que são usados no lado frontal do dispositivo, similares a metal, conexões, devem ter um ponto de fusão mais alto do que a temperatura de recozimento. Este fato proíbe o uso de muitos materiais que são comuns em circuitos integrados similares a alumínio. No segundo método uma camada delgada é depositada no lado traseiro do dispositivo. Muita da corrente escura é, contudo, criada na interface entre a camada condutiva e o substrato, e de modo a suprimir esta corrente, arrefecimento é requerido.

Existe também um problema relacionado à camada lateral traseira condutiva no caso do detector de MIG ser usado para detecção de luz visível. De modo a detectar áreas mal iluminadas de uma imagem corretamente, o tamanho do chip tem que ser grande, e uma abertura ótica grande tem que ser usada. De modo a ter também boa eficiência de quantum para a luz azul, a camada lateral traseira condutiva tem que ser muito delgada. Se a imagem contém também áreas muito brilhantes, muita da corrente de carga secundária estará se deslocando na camada lateral traseira condutiva. A corrente grande se deslocando na camada lateral traseira condutiva,

e a espessura pequena e a área grande da camada lateral traseira condutiva resultam em, contudo, uma grande queda de voltagem resistiva na camada lateral traseira condutiva. Esta queda de voltagem resistiva degrada a qualidade da
5 imagem, e pode conduzir a mau funcionamento do condutor, especialmente se o detector é muito delgado.

Outro problema no detector de MIG é que uma voltagem relativamente alta é requerida para limpar a carga de sinal no MIG especialmente se uma faixa dinâmica alta é desejada,
10 isto é, se uma capacidade de carga de sinal grande do MIG é desejada. Ainda outro problema é que, em alguns casos, o isolamento da superfície gerado e cargas de sinal podem ser aperfeiçoados em detectores de MIG.

15 **BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO**

Um objetivo da presente invenção é proporcionar um detector de radiação de semicondutor compreendendo a porta interna modificada, em que os problemas criados pela camada lateral traseira de condução são removidos. Outro objetivo
20 da invenção é proporcionar uma estrutura para um detector de radiação de semicondutor compreendendo a porta interna modificada, pela qual a carga de sinal pode ser limpa usando-se uma voltagem pequena. Ainda outro objetivo da presente invenção é proporcionar meios para intensificar a
25 separação da superfície gerada por cargas e cargas de sinal.

Os objetivos da invenção são alcançados com um detector de radiação de semicondutor que compreende uma

camada de massa de material semiconductor, e adicionalmente compreende na primeira superfície da camada de massa na seguinte ordem: uma camada de porta interna modificada de semiconductor de segundo tipo de condutividade, uma camada
5 de barreira de semiconductor de primeiro tipo de condutividade, e dopagens de pixel de semiconductor do segundo tipo de condutividade, adaptadas para serem acopladas a pelo menos uma voltagem de pixel de modo a criar pixels correspondentes às dopagens de pixel. O
10 dispositivo é caracterizado em que compreende um primeiro tipo de condutividade de primeiro contato, de modo que referida voltagem de pixel é uma diferença de potencial entre a dopagem de pixel e o primeiro contato, e a camada de massa é de primeiro tipo, e o dispositivo não
15 compreende, em uma segunda superfície da camada de massa oposta à primeira superfície, uma camada lateral traseira condutiva que transportaria cargas secundárias externas à área ativa do dispositivo, e que funcionaria como uma janela de entrada de radiação.

20 A invenção é baseada na idéia de remover a camada lateral traseira de condução do detector de MIG. É compreendido que as cargas secundárias geradas na camada de massa podem ser coletadas no interior da área ativa por paradores de canal, ao invés de usar uma camada lateral
25 traseira condutiva para transportá-las para fora da área ativa. A coleta das cargas secundárias a partir da camada de massa no interior da área ativa pode ser adicionalmente aperfeiçoada por folgas na camada de MIG, e por estruturas

de talhes que são corretamente preenchidas. É também compreendido que um novo detector de MIG pode ser frontal iluminado. O novo detector de MIG frontal iluminado sofre, contudo, de pobre resposta a azul devido aos seguintes

5 fatos. A camada de barreira forma uma barreira para as cargas de sinal entre a camada de MIG e a superfície do dispositivo. A luz azul é absorvida principalmente entre esta barreira e a superfície frontal do detector e, desse modo, uma grande porção das cargas de sinal geradas pela

10 luz azul é coletada pela dopagem de pixel e não pela MIG. Pela compreensão que tal barreira não existe abaixo dos paradores de canal, e que a área de parada de canal pode ser usada como uma janela de entrada de radiação, e pela compreensão adicional que os paradores de canal podem ser

15 muito delgados, e que a área de parada de canal pode ser muito grande em tamanho, a resposta azul de um dispositivo frontal iluminado pode ser aperfeiçoada significativamente. A área grande dos paradores de canal reduz, contudo, o gradiente potencial de transporte de carga de sinal na

20 camada de MIG sob os paradores de canal. É adicionalmente compreendido que este gradiente potencial que transporta as cargas de sinal pode ser aperfeiçoado por uma camada de MIG estruturada, isto é, descontínua. Outra possibilidade é alterar a concentração de dopagem na camada de barreira, na

25 camada de MIG, ou na camada de massa próxima à camada de MIG de modo a aperfeiçoar o gradiente potencial que transporta as cargas de sinal. No detector frontal iluminado, as cargas secundárias que são geradas na massa

podem ser coletadas pelos paradores de canal no interior da área ativa, e/ou por um contato de substrato situado fora da área ativa no lado frontal do detector, e/ou por um contato de substrato situado na borda do chip de detector,
5 ou na lateral traseira do chip de detector.

As cargas de sinal podem ser limpas usando-se somente uma pequena voltagem por uma estrutura onde existe na camada de barreira do primeiro tipo de condutividade uma região dopada do segundo tipo de condutividade, ou uma
10 redução local da dopagem de rede de camada de barreira entre a camada de porta interna modificada de segundo tipo de condutividade e uma dopagem de pixel de segundo tipo de condutividade, ou por uma estrutura onde existe um talhe entre a dopagem de camada de MIG e a superfície frontal do
15 detector, e onde uma porta controla o fluxo de cargas de sinal a partir da camada de porta interna modificada para a dopagem de pixel, ou para a superfície frontal do detector através da região dopada de segundo tipo de condutividade, através da estrutura de talhe, ou através da redução local
20 da dopagem de camada de barreira.

A separação das cargas de sinal e cargas geradas por superfície podem ser aperfeiçoadas, por exemplo, por uma região dopada do segundo tipo de condutividade situada entre a camada de barreira e a superfície frontal do
25 detector, ou por uma estrutura com porta.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 2 ilustra um esquema de inclinação alternativo do detector de radiação de semiconductor apresentado na Figura 1,

A Figura 3 ilustra outra concretização da invenção,

5 A Figura 4 ilustra potenciais de elétron do detector apresentado na Figura 1, que usam furos como as cargas de sinal,

10 A Figura 5 ilustra potenciais de elétron do detector apresentado na Figura 2, que usam furos como as cargas de sinal,

A Figura 6 ilustra potenciais de elétron do detector apresentado na Figura 3, que usam furos como as cargas de sinal,

15 A Figura 7 ilustra ainda outra concretização da invenção,

A Figura 8 ilustra o detector de radiação de semiconductor da Figura 7 usando estruturas de proteção,

20 A Figura 9 ilustra potenciais de elétron do detector apresentado na Figura 7, que usam furos como as cargas de sinal,

A Figura 10 ilustra potenciais de elétron do detector apresentado na Figura 8, que usam furos como as cargas de sinal,

25 A Figura 11 ilustra quatro pixéis de uma concretização da invenção,

A Figura 12 ilustra quatro pixéis de outra concretização da invenção,

A Figura 13 ilustra uma seção transversal do detector apresentado na Figura 11,

A Figura 14 ilustra uma seção transversal do detector apresentado na Figura 12,

5 A Figura 15 ilustra quatro pixéis de ainda outra concretização da invenção,

A Figura 16A ilustra uma seção transversal do detector apresentado na Figura 15,

10 A Figura 16B ilustra uma seção transversal do detector apresentado na Figura 15,

A Figura 16C ilustra uma seção transversal do detector apresentado na Figura 15,

A Figura 16D ilustra uma seção transversal do detector apresentado na Figura 15,

15 A Figura 17A ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 17B ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 17C ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 17D ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 17E ilustra uma concretização da invenção,

20 A Figura 17F ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 17G ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 17H ilustra uma seção transversal do detector apresentado na Figura 17G,

25 A Figura 17I ilustra uma seção transversal do detector apresentado na Figura 17G,

A Figura 18A ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 18B ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 18C ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 19 ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 20 ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 21 ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 22 ilustra uma concretização da invenção,

5 A Figura 23 ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 24 ilustra uma concretização da invenção,

A Figura 25 ilustra um detector de porta interno
modificado de sinal de porta,

A Figura 26 ilustra outra concretização do detector de
10 porta interno modificado de sinal de porta,

A Figura 27A ilustra uma seção transversal dos
detectores apresentados nas Figuras 25 e 26,

A Figura 27B ilustra uma seção transversal do detector
apresentado na Figura 26,

15 A Figura 28 ilustra um detector de porta interno
modificado de sinal de porta,

A Figura 29 ilustra outra concretização do detector de
porta interno modificado de sinal de porta,

A Figura 30 ilustra um detector de porta interno
20 modificado de sinal de porta,

A Figura 31 ilustra outra concretização do detector de
porta interno modificado de sinal de porta,

A Figura 32A ilustra uma etapa de processo de um
processo de manufaturamento de detector possível,

25 A Figura 32B ilustra uma etapa de processo de um
processo de manufaturamento de detector possível,

A Figura 32C ilustra uma etapa de processo de um
processo de manufaturamento de detector possível,

A Figura 32D ilustra uma etapa de processo de um processo de manufaturamento de detector possível,

A Figura 33A ilustra uma etapa de processo de um processo de manufaturamento de detector possível,

5 A Figura 33B ilustra uma etapa de processo de um processo de manufaturamento de detector possível,

A Figura 33C ilustra uma etapa de processo de um processo de manufaturamento de detector possível,

10 A Figura 34A ilustra uma etapa de processo de um processo de manufaturamento de detector possível,

A Figura 34B ilustra uma etapa de processo de um processo de manufaturamento de detector possível,

A Figura 34C ilustra uma etapa de processo de um processo de manufaturamento de detector possível,

15 A Figura 34D ilustra uma etapa de processo de um processo de manufaturamento de detector possível,

A Figura 35A ilustra um detector de tira da técnica anterior,

20 A Figura 35B ilustra um detector de tira da técnica anterior,

A Figura 36 ilustra resultados simulados,

A Figura 37 ilustra resultados simulados,

A Figura 38 ilustra resultados simulados,

A Figura 39 ilustra resultados simulados,

25 A Figura 40 ilustra resultados simulados,

A Figura 41 ilustra resultados simulados,

A Figura 42 ilustra resultados simulados,

A Figura 43 ilustra resultados simulados,

A Figura 44A ilustra uma concretização da invenção,
A Figura 44B ilustra uma concretização da invenção, e
A Figura 44C ilustra uma concretização da invenção.

5 **DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

A Figura 1 é uma seção transversal esquemática de um detector de radiação, que é preferivelmente delgado e iluminado na traseira. O detector tem uma superfície frontal 101 que é ascendente no desenho. A superfície traseira 102 do detector, através da qual a radiação entra no detector, é descendente no desenho. Na superfície traseira pode estar um revestimento anti-reflexão ou cintilador opcional. A camada de massa 103 do detector é produzida de material semicondutor de um primeiro tipo de condutividade. Os primeiro e segundo tipos de condutividade, ou vive versa, se referem aqui a semicondutores positivamente e negativamente dopados, com um excesso de cargas positivas e negativas, respectivamente. No lado frontal do detector, a partir da superfície traseira em direção à superfície frontal, existe primeiro uma camada 104 do segundo tipo de condutividade, que é, em seguida, referida como a camada de porta interna modificada (MIG). No dispositivo da Figura 1, existem folgas na camada de MIG. Na parte frontal da camada de MIG 104 existe novamente uma camada 105 do primeiro tipo de condutividade, designada aqui como a camada de barreira. No topo da camada 105 podem estar camadas de isolamento de

proteção e camadas condutoras que formam conexões, portas, capacitores, e etc.

Implantações similares a pixéis preferivelmente padronizadas 111, 112, 113, 114, 115 tendo o segundo tipo
5 de condutividade, são produzidas na camada de barreira 105 na superfície frontal do detector, e são, em seguida, referidas como dopagens de pixel. Dopagens de parada de canal inclinado 121, 122, 123, 124, 125 de primeiro tipo de condutividade são colocadas entre ou próximas aos pixéis. A
10 linha tracejada 150 representa o limite da região de depleção quando uma voltagem inclinada V_p é conectada entre as dopagens de pixel e as dopagens de parada de canal. Na concretização da Figura 1, as regiões de depleção de pixéis individuais são não unidas, e a camada de massa está, desse
15 modo, no mesmo potencial do que as dopagens de parada de canal. As dopagens de parada de canal inclinadas coletam todas as cargas secundárias geradas no interior do detector de semicondutor incluindo as cargas secundárias geradas no interior da camada de massa, isto é, cargas secundárias são
20 coletadas no interior da área ativa que contém os pixéis, e não é necessário transportar as cargas secundárias para fora da área ativa. Por esta razão uma camada lateral traseira condutiva não é requerida.

A linha cortada 160 é perpendicular à superfície
25 frontal e traseira, e ela penetra a dopagem de pixel. A linha cortada 170 é também perpendicular à superfície frontal e traseira, e ela penetra a dopagem de parada de canal. As curvas de potencial de elétron nas linhas

cortadas 160 e 170 correspondem ao caso onde o primeiro tipo de condutividade é tipo n, e o segundo tipo de condutividade é tipo p são apresentados na Figura 4. A curva de potencial de elétron 403 na linha cortada 170 é uma linha horizontal reta correspondente ao eixo de distância. As partes horizontais retas das curvas de energia potencial correspondem às áreas neutras, e as áreas de inclinação correspondem às áreas exauridas. A curva de potencial de elétron 402 corresponde à linha cortada 160, e representa o caso onde a diferença de potencial entre a dopagem de parada de canal e a dopagem de pixel é V_p . No interior da camada de MIG é formado um mínimo de energia potencial tridimensional (3D) 412 para furos que são, neste caso, cargas de sinal. A quantidade de furos neste mínimo de energia potencial 3D pode ser detectada como uma diminuição na largura de canal efetiva de um transistor de efeito de campo (FET), ou uma diminuição na largura de base efetiva em um transistor de junção bipolar (BJT). Na Figura 4, isto corresponde à diminuição da largura 415. A localização 416 no interior da camada de barreira é um ponto de sela 3D para ambos os elétrons e furos. A curva de potencial de elétron 401 na linha cortada 160 corresponde ao caso quando uma voltagem limpa V_c é conectada entre as dopagens de parada de canal e as dopagens de pixel. Neste caso, o mínimo de energia potencial 3D 412 para furos desaparece, e os furos de carga de sinal são coletados pelas dopagens de pixel.

A Figura 2 é uma seção transversal esquemática de um detector de radiação de semicondutor iluminado na traseira preferivelmente delgado, tendo folgas na camada de MIG similares no dispositivo da Figura 1. Neste caso, contudo, a voltagem inclinada entre as dopagens de parada de canal e as dopagens de pixel é tão alta que existe somente uma região de depleção unida simples 250. A dopagem de pixel 215 é um anel de proteção que circunda a área ativa. As curvas de potencial de elétron nas linhas cortadas 260 e 270 são mostradas na Figura 5. Quando a diferença de potencial entre a dopagem de parada de canal e a dopagem de pixel é V_p , a curva de potencial de elétron 502 corresponde à linha cortada 260, e a curva de potencial de elétron 503 corresponde à linha cortada 270. Quando a diferença de potencial entre a dopagem de parada de canal e a dopagem de pixel é V_c , a curva de potencial de elétron 501 corresponde à linha cortada 260, e a curva de potencial de elétron 504 corresponde à linha cortada 270. A área neutra 513 nas curvas 503 e 504 corresponde aos paradores de canal. A área neutra no lado reto próximo ao lado traseiro do dispositivo nas curvas de energia de potencial de elétron 501-504 corresponde à camada de massa neutra que é flutuante. Quando a diferença de potencial entre as dopagens de parada de canal e as dopagens de pixel é V_p , isto é, durante o período de integração da carga de sinal, existe na curva 503 uma barreira de energia potencial 514 para os elétrons de carga secundária que são coletados pela camada de massa. Quando a diferença de potencial entre as dopagens de parada

de canal e as dopagens de pixel é V_c , não existe barreira de energia potencial na curva 504, e as cargas secundárias são coletadas na camada de massa durante o período de integração de carga de sinal podem fluir livremente para as
5 dopagens de parada de canal.

A Figura 3 é uma seção transversal esquemática de um detector de radiação de semiconductor iluminado na traseira tendo uma camada de MIG contínua 304. A linha tracejada 350 é o limite da região de depleção. A camada de massa é
10 flutuante neste arranjo de detector quase similar no detector da Figura 2. O princípio de operação do detector da Figura 3 é apresentado na Figura 6, e ele corresponde ao princípio de operação do detector da Figura 2.

Os dispositivos nas Figuras 1-3 são preferivelmente
15 detectores iluminados na traseira delgados. Nos detectores delgados, a luz quase infravermelha deve ser filtrada de modo a remover o fenômeno de franjamento. Os detectores das Figuras 1-3 podem também serem iluminados na parte frontal. Neste caso, a camada de massa é preferivelmente de várias
20 centenas de micrômetros de espessura, mas a região de depleção no lado frontal do detector é de somente de poucos micrômetros de espessura. Devido à espessura da camada de massa, não é necessário filtrar a radiação quase infravermelha. Os detectores nas Figuras 1-3 podem também
25 ter camadas adicionais e estruturas similares a revestimentos anti-reflexão, filtros de cores, micro lentes, camadas de cintilador, etc. Deve-se notar que no caso iluminado frontal, camadas de material possíveis no

lado traseiro da camada de massa não são essenciais para a aplicação, e que no caso iluminado na traseira, camadas de material possíveis no lado frontal não são essenciais para a aplicação. Nos detectores das Figuras 1-3, as cargas secundárias são coletadas no interior da área ativa pelas dopagens de parada de canal, isto é, nenhuma camada lateral traseira de condução é necessária. As dificuldades associadas ao manufaturamento da camada lateral traseira condutiva delgada no lado traseiro de um detector delgado e para a operação de tal detector são, desse modo, evitadas.

A Figura 7 ilustra uma concretização iluminada frontal da invenção onde parte das cargas secundárias é coletada pelas dopagens de parada de canal, e parte é coletada por uma dopagem de primeiro tipo de condutividade 725 que funciona como o contato com a camada de massa. Este contato 725 está no lado frontal do detector, mas ele podia também estar na superfície traseira do detector, ou na borda do chip do detector 700. Se a dopagem 715 forma um pixel, as dopagens de parada de canal estão preferivelmente no mesmo potencial do que o contato 725. O princípio de operação de tal detector é apresentado na Figura 9. O limite de região de depleção 750 é também representado na Figura 7.

A Figura 9 ilustra a situação quando o primeiro tipo de condutividade é tipo n, e o segundo tipo de condutividade é tipo p. As curvas 901 e 902 representam as energias potenciais de elétron na linha cortada 760 que penetra a dopagem de pixel. A curva 901 corresponde à situação quando a dopagem de pixel 111 está conectada ao

potencial V_p , e a curva 902 corresponde à situação quando a dopagem de pixel 111 está conectada à voltagem limpa V_c . A curva 903 representa a energia potencial de elétron na linha cortada 770. O ponto de sela 3D 914 para ambos os elétrons e furos forma uma barreira para os elétrons de carga secundária. Parte das cargas secundárias é, desse modo, coletada pelo contato 725. Se a dopagem 715 forma um anel de proteção que circunda a área ativa, as dopagens de parada de canal e o contato da camada de massa 725 podem estar em um potencial diferente. Esta situação é apresentada pela Figura 10. A curva 1003 na Figura 10 representa a energia potencial de elétron na linha cortada 770. A camada de massa neutra e os paradores de canal estão, neste caso, em potenciais diferentes, isto é, a camada de massa neutra está em potencial zero, e os paradores de sinal estão no potencial V_{cs} .

A Figura 8 representa outra concretização frontal iluminada da invenção. Neste detector, anéis de proteção adicionais 816, 817 e 818 circundam o anel de proteção mais interno 215. Estruturas de talhe não são necessárias nestes anéis de proteção devido à camada de MIG estruturada. A camada 808 é uma camada de semiconductor opcional de primeiro tipo de condutividade. A camada 808 tem, preferivelmente, uma resistividade muito mais alta do que a camada de massa e é, preferivelmente, manufaturada por crescimento epitaxial. A camada 808 pode também ser uma cavidade profunda em cujo caso ela pode ser estruturada. O limite da região de depleção 850 é representado na Figura

8. Se a camada opcional 808 não é usada, o princípio de operação do detector da Figura 8 corresponde exatamente a Figura 10, isto é, as curvas de energia potencial de elétron 901 e 902 correspondem à linha cortada 860, e a
5 curva de energia potencial de elétron 1003 corresponde à linha cortada 870. Se a camada opcional 808 é usada, a única diferença para a Figura 10 é que as curvas potenciais 901, 902 e 1003 terminam essencialmente na interface da camada 808 e no substrato resistivo baixo. A camada
10 opcional 808 é preferivelmente produzida de material semiconductor de primeiro tipo de condutividade, mas pode também ser produzida de material semiconductor de segundo tipo de condutividade. Isto, contudo, necessitaria de um processo onde talhes profundos são gravados através de tal
15 camada opcional de modo a evitar alto vazamento de corrente que ocorre a partir da borda do chip do detector.

Deve-se notar que os paradores de canal nos detectores das Figuras 7 e 8 podem ser flutuantes, significando que a corrente secundária se deslocaria a partir dos paradores de
20 canal sobre uma barreira potencial formada na camada de MIG para a camada de massa, onde seria coletada pelo contato de camada de massa 725. No caso, os paradores de canal são flutuantes, o material semiconductor é silício, dióxido de silício é usado como material isolador, e o primeiro tipo
25 de condutividade é tipo n, nenhuma dopagem de parador de canal é requerida (daqui por diante dióxido de silício é referido como óxido). Neste caso, a carga de óxido positiva resulta em uma camada de acúmulo de elétrons na interface

de silício-óxido. Esta camada de gás de elétron bidimensional (2D) funciona como um parador de canal. Uma camada de gás de elétron 2D ou de furo pode ser formado também artificialmente na interface de isolador de

5 semicondutor pelo uso de uma estrutura de MOS adequadamente inclinada. Neste caso, a camada de gás de carga 2D e a estrutura de MOS formam o parador de canal. A área de parador de canal pode, desse modo, ser formada da camada de gás de carga 2D ou da dopagem de parador de canal, ou de

10 ambas delas. Os detectores apresentados nas Figuras 7 e 8 podem também ter folgas na camada de MIG similar aos detectores nas Figuras 1 e 2. Se os paradores de canal e a camada de massa são inclinados em potenciais diferentes, as folgas na camada de MIG devem ser tais que nenhuma corrente

15 está se deslocando entre a camada de massa e os paradores de canal. Se os paradores de canal não são inclinados em potenciais diferentes, as folgas na camada de MIG podem ser arbitrariamente amplas. Neste caso, os paradores de canal são ou flutuantes, ou no mesmo potencial do que a camada de

20 massa.

É importante notar que as Figuras 7-10 não estão em escala, visto que a camada de massa é, na realidade, muito mais espessa do que apresentada na figura, isto é, a camada de massa é preferivelmente muitas centenas de micrômetros

25 mais espessa. A camada de massa tem preferivelmente uma baixa resistividade, isto é, uma resistência muito mais alta do que o substrato quase intrínseco apresentado nos documentos PCT/FI2004/000492 e PCT/FI2005/000359. Nos

detectores das Figuras 7-8, parte das cargas secundárias é coletada no interior da área ativa pelas dopagens de parador de canal, e parte das cargas secundárias é transportada através da camada de massa para um contato de substrato 725. Devido à iluminação frontal e devido ao substrato de baixa resistividade, nenhuma camada lateral traseira de condução é necessária. As dificuldades associadas ao manufaturamento da camada lateral traseira de condução na lateral traseira de um detector delgado e para a operação de cada tal detector são, desse modo, evitadas.

Uma diferença maior entre as concretizações de detector iluminado nas partes traseira e frontal antes descritas é que os detectores iluminados na parte frontal são muito menos custosos para manufaturar do que os detectores iluminados na parte traseira, mas os detectores iluminados na parte frontal têm um fator de enchimento menor e, desse modo, uma eficiência de quantum menor no espectro visível do que os detectores iluminados na parte traseira.

A Figura 11 ilustra uma concretização da invenção onde a carga de sinal pode ser limpa usando-se somente uma voltagem pequena, isto é, as dopagens de pixel não têm que ser conectadas a uma voltagem limpa de modo a remover a carga de sinal. A área 1191 carece da camada de MIG, significando que a área 1191 corresponde a uma máscara de camada de MIG. A folga 1191 na camada de MIG auxilia a coleta das cargas de sinal pelo aperfeiçoamento do gradiente potencial de transporte de carga de sinal na

camada de MIG. A dopagem de parador de canal 121 coleta as cargas secundárias. Existem quatro pixéis na Figura 11 dos quais a linha cortada 1180 corta dois pixéis. A linha cortada 1180 corresponde à seção transversal apresentada

5 pela Figura 13. As dopagens de pixel 1131, 1132 e 1133 do segundo tipo de condutividade e dopagens de dreno de um transistor de efeito de campo de semiconductor de óxido de metal duplo (MOSFET) pertencente a um pixel e os condutores 1341 e 1342 são as portas do MOSFET duplo. As dopagens de

10 pixel 1335, 1336 e 1337 são fonte e dopagens de dreno, e os condutores 1344 e 1345 são portas de um MOSFET duplo pertencente a outro pixel. As cargas de sinal são coletadas nos intensificadores locais opcionais 1392 das dopagens de

15 camada de MIG que estão abaixo das portas. A intensificação local da dopagem de camada de MIG sob a porta de um FET, ou sob o emissor de um BJT, aperfeiçoa a faixa dinâmica do detector. As cargas de sinal podem ser movidas no interior do pixel entre os intensificadores locais 1392 de dopagens de camada de MIG pela inclinação da fonte e dopagens de

20 dreno, e as portas corretamente. Isto capacita à leitura múltipla da carga de sinal, que reduz o ruído de leitura.

Existe na lateral frontal do dispositivo uma dopagem de pixel 1334 do segundo tipo de condutividade que funciona como um contato limpo. Entre a camada de MIG e o contato

25 limpo 1334, existe uma região dopada 1393 do segundo tipo de condutividade que pode ser produzida por um implante de energia médio. Alternativamente, as áreas 1334 e 1393 representam um talhe que é preenchido com material

semicondutor do segundo tipo de condutividade. O fluxo das cargas de sinal a partir da camada de MIG através da área 1393 é controlado por uma porta 1343. Este arranjo capacita a limpeza da carga de sinal com uma voltagem baixa, e pode
5 também ser usado como uma estrutura anti-irradiação. A camada 1307 é uma camada isoladora protetora que é preferivelmente dióxido de silício, mas pode também ser qualquer outro material isolador. É importante notar que as aberturas de contato através da camada isoladora 1307 e os
10 contatos não são apresentadas na Figura 13 para a proposta de clareza.

A Figura 12 ilustra outra concretização da invenção onde a carga de sinal pode ser limpa usando-se somente uma voltagem pequena. A dopagem de parador de canal 1221 coleta
15 as cargas secundárias. A linha cortada 1280 corresponde a uma seção transversal apresentada pela Figura 14. A porta de MOS 1343 da Figura 11 é substituída por uma dopagem 1443 do primeiro tipo de condutividade que age como uma porta de junção que controla o fluxo de cargas de sinal a partir da
20 camada de MIG para a superfície frontal do detector. A dopagem 1443 é circundada por uma dopagem de pixel circular 1433 do segundo tipo de condutividade que age como a fonte/dopagem de dreno de quatro MOSFETs duplos. A dopagem de segundo tipo de condutividade 1434 que age como o
25 contato limpo de carga de sinal é conectada à camada de MIG usando material isolador 1494 que é depositado nas paredes de um talhe. O material isolador 1494 é preferivelmente dióxido de silício que é positivamente carregado. Devido às

cargas de óxido positivas, uma camada de gás de elétron 2D é formada na interface do dióxido de silício e silício. Se o primeiro tipo de condutividade é tipo p e o segundo tipo de condutividade é tipo n, as cargas de sinal são elétrons.

5 Desse modo, os elétrons de carga de sinal fluem na camada de gás de elétrons 2D a partir da camada de MIG para a dopagem 1434, se a porta 1443 é inclinada corretamente.

A dopagem de parador de canal tem que ser muito grande, similar à dopagem de parador de canal 1221 na
10 Figura 12, se a camada isoladora 1307 é positivamente carregada, e se o primeiro tipo de condutividade é tipo p e o segundo tipo de condutividade é tipo n. Neste caso, a dopagem de parador de canal age como a janela de entrada de radiação. A camada de MIG é também preferivelmente
15 estruturada abaixo da dopagem de parador de canal de área grande 1221. Se a camada isoladora 1307 é positivamente carregada, e se o primeiro tipo de condutividade é tipo p, a dopagem de parador de canal pode ser muito pequena, similar à dopagem de parador de canal 1121 na Figura 11.
20 Neste caso existe uma camada de gás de elétron 2D na interface entre a camada isoladora 1307 e o material semicondutor todo onde, além disso, exceto na proximidade das dopagens de pixel 1331-1337 e as portas 1341-1345. A camada de gás de elétron 2D e a camada isoladora 1307
25 funcionam, neste caso, como o parador de canal, e como uma janela de entrada de radiação que pode ser muito delgada. Em adição a isto, a camada de gás de elétron 2D transporta as cargas secundárias para a dopagem de parador de canal

1121. Também a dopagem de parador de canal de grande área
1221 pode ser produzida muito delgada devido ao fato que as
distâncias de transporte de carga secundária nesta camada
são muito curtas. A janela de entrada de radiação delgada
5 capacita boa eficiência de quantum para luz azul.

A Figura 15 ilustra quatro pixéis de ainda outra
concretização da invenção onde a carga de sinal pode ser
limpa usando-se somente uma pequena voltagem. A dopagem de
parador de canal similar a anel 1521 coleta as cargas
10 secundárias. Fora desta dopagem similar a anel 1521, o
material isolador carregado positivamente forma uma camada
de gás de elétron 2D na interface de semicondutor de
isolador que age como uma janela de entrada de radiação, e
como parador de canal. A área 1591 carece da camada de MIG.
15 As linhas cortadas 1580, 1581, 1582 e 1583 correspondem à
seção transversal apresentada pelas Figuras 16A, 16B, 16C e
16D. A dopagem de pixel 1632 que forma uma fonte/dreno e a
porta 1646 pertencem a um pixel. As dopagens de pixel 1635,
1636 e 1637 que formam fontes e drenos, e as portas 1644,
20 1645 e 1647 pertencem a outro pixel. A dopagem limpa de
carga de sinal 1634 é conectada à camada de MIG através de
uma camada isoladora 1494 que é coberta por uma camada
condutora 1695. A camada condutora 1695 pode ser inclinada
de modo que uma camada de gás de carga 2D se forma na
25 interface do isolador e materiais semicondutores. A camada
de condutor 1695 e as portas 1643, 1646 e 1647 podem, desse
modo, controlar o fluxo de cargas de sinal a partir da
camada de MIG para a dopagem 1634. Pode-se também dividir a

porta em quatro partes diferentes pertencentes a cada pixel (isto se aplica também à porta 1343). É também possível usar somente a camada de condutor 1695 sem o material isolador 1494 se o material de condutor é escolhido corretamente. Neste caso as cargas de sinal podem ser coletadas pela camada de condutor 1695.

Deve-se notar que os pixéis das Figuras 11, 12 e 15 não estão em escala. A área de parador de canal incluindo a área da dopagem de parador de canal e a área de uma possível camada de gás de carga 2D deve cobrir uma grande porção da área total do pixel de modo a capacitar uma boa eficiência de quantum para luz azul. A razão da área de parador de canal pertencente a um pixel para a área de pixel total deve ser pelo menos 0,3. Beneficamente esta razão deve ser mais do que as razões 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, onde o 0,9 corresponde à razão mais benéfica, e 0,4 corresponde à razão menos benéfica.

É também merecedor notar que a folga na camada de MIG não é o único modo de aperfeiçoar o gradiente potencial de transporte de carga de sinal na camada de MIG. Pode-se também alterar a concentração de dopagem na camada de barreira, na camada de MIG, ou na camada de massa próxima à camada de MIG. É possível reduzir ou intensificar a dopagem de camada de MIG, por exemplo, por implantes adequados e estruturas de máscara. Aumentando-se localmente a dopagem de camada de barreira, reduz-se localmente a dopagem de camada de MIG, e aumentando-se localmente a dopagem de camada de massa próxima à dopagem de camada de MIG, cria-se

mínimo potencial local para as cargas de sinal no interior da camada de MIG. Por outro lado, pela redução localmente da dopagem de camada de barreira, pelo aumento localmente da dopagem de camada de MIG, e pela redução localmente a
5 dopagem de camada de massa próxima à camada de MIG, pode-se criar máxima potencial local para cargas de sinal na camada de MIG. Pela estruturação das intensificações ou reduções na camada de MIG corretamente, pode-se aperfeiçoar o gradiente potencial de transporte de carga de sinal na
10 camada de MIG em uma maneira similar do que a folga na dopagem de camada de MIG. O gradiente potencial de transporte de carga de sinal deve ser tal que um gradiente correto existe em toda parte na camada de MIG que transporta as cargas de sinal em direção à localização
15 desejada que é, por exemplo, a intensificação local 1392 da dopagem de camada de MIG. Também a intensificação local da dopagem de camada de MIG pode ser estruturada pela adição de pontos de modo que se assemelha a uma estrela de modo a aumentar o gradiente potencial de transporte de carga de
20 sinal na camada de MIG. Se a razão da área de parador de canal para a área de pixel é grande, pode-se ser forçado a usar, ao invés de um dos métodos antes mencionados, vários métodos ao mesmo tempo de modo a garantir um gradiente potencial de transporte de carga de sinal grande bastante
25 na camada de MIG.

Outro aspecto ainda importante é que ao invés da dopagem 1393 do segundo tipo de condutividade que conecta a camada de MIG e o contato limpo 1393, pode-se também usar

uma radiação local na dopagem de camada de barreira. Esta redução local da dopagem de camada de barreira deve estar situada na mesma localização do que a dopagem 1393, isto é, abaixo do contato limpo 1393, e circundada pela porta limpa 1343. A razão da concentração de dopagem de rede na redução local de primeiro tipo de condutividade da dopagem de camada de barreira para a concentração de dopagem de rede na dopagem de camada de barreira no primeiro tipo de condutividade, sem a redução local da dopagem de camada de barreira, deve ser menor do que 0,9. Beneficamente a razão deve ser menos do que 0,8, 0,7, 0,6, 0,5, 0,4, 0,3, 0,2 e 0,1, onde 0,8 é a razão menos benéfica, e 0,1 é a razão mais benéfica. A remoção da carga de sinal requer uma voltagem mais alta para o contato limpo 1393 através da redução local da dopagem de camada de barreira do primeiro tipo de condutividade do que através da dopagem 1393 do primeiro tipo de condutividade. A dopagem 1393 é, desse modo, mais benéfica do que a redução local da dopagem de camada de barreira.

As concretizações das Figuras 17A, 17B e 17C ilustram modos de aperfeiçoar a separação das cargas geradas por sinal e superfície, e modos de aperfeiçoar a coleta das cargas secundárias a partir da camada de massa. As Figuras 17D, 17E, 17F, 7G, 17H e 17I ilustram modos adicionais de aperfeiçoar a separação das cargas geradas por sinal ou superfície. As dopagens de pixel 1731, 1732 e 1733 formam a fonte e o dreno, e os condutores 1741 e 1742 formam as

portas do MOSFET duplo. A dopagem de parador de canal 1721 coleta as cargas secundárias.

A coleta das cargas secundárias a partir da camada de massa pode ser aperfeiçoada por talhes preenchidos. O talhe na Figura 17A é preenchido com material semicondutor 1726 de primeiro tipo de condutividade; o talhe na Figura 17B é preenchido com material isolador 1727 e o talhe na Figura 17C é preenchido com material isolador 1727 e material condutor 1728. Pode-se remover o material isolador a partir do dispositivo da Figura 17C se o material condutor é escolhido corretamente. O material semicondutor 1726 de primeiro tipo de condutividade pode ser também substituído por uma pluralidade de implantes profundos de primeiro tipo de condutividade tendo energias diferentes. O princípio de operação das estruturas 1726, 1727 e 1728 que aperfeiçoa a coleta das cargas secundárias a partir da camada de massa se assemelha ao princípio de operação das estruturas 1393, 1494 e 1695 que limpa as cargas de sinal a partir da camada de MIG. Neste caso, contudo, cargas secundárias são coletadas em lugar de cargas de sinal. Nos dispositivos tendo uma camada de massa delgada, os talhes preenchidos 1726, 1727 e 1728 podem penetrar através da camada de massa total. A coleta das cargas secundárias pode adicionalmente ser aperfeiçoada pelo circundamento dos talhes preenchidos 1726, 1727 e 1728 por uma folga 1791 na camada de MIG. Os talhes preenchidos 1726, 1727 e 1728 podem ter qualquer forma; eles podem ser, por exemplo, de forma cilíndrica, ou eles podem circundar o pixel total. Se os talhes são

profundos o bastante, o potencial da camada de massa neutra das Figuras 5 e 6 pode ser trazido para o potencial de parador de canal, uma situação correspondente à Figura 4.

As dopagens 1771, 1772 e 1774 do segundo tipo de
5 condutividade, a dopagem 1775 do primeiro tipo de condutividade, e as portas 1773 e 1776 nas Figuras 17A-17F aperfeiçoam a separação das cargas geradas por sinal e superfície. A dopagem 1771 do segundo tipo de condutividade na Figura 17A é preferivelmente exaurida, resultando em um
10 canal para as cargas geradas por superfície do segundo tipo de condutividade. Este canal guia as cargas geradas por superfície do segundo tipo de condutividade em direção às dopagens de pixel 1731 e 1733. A dopagem 1774 do segundo tipo de condutividade na Figura 17D circunda a dopagem de
15 parador de canal 1721. A dopagem 1774 é separada a partir da dopagem de pixel, mas pode igualmente alcançar bem a dopagem de pixel imediatamente similar à dopagem 1771 na Figura 17A. A dopagem 1774 é também, neste caso, preferivelmente exaurida. A área da superfície exaurida
20 pode ser controlada pela inclinação da porta 1773 na Figura 17C. A porta 1776 na Figura 17F pode ser inclinada tal que um canal para as cargas geradas por superfície do segundo tipo é formado abaixo da porta, que aperfeiçoa a separação das cargas geradas por sinal e superfície. As dopagens 1772
25 e 1775 alteram o perfil de potencial no dispositivo de modo a aperfeiçoar a separação de cargas geradas por sinal e superfície. Ao invés da dopagem de segundo tipo de condutividade 1771, pode-se também usar uma dopagem de

primeiro tipo de condutividade que seja preferivelmente parcialmente exaurida.

De modo a impedir a dopagem 1771 do segundo tipo de condutividade de formar uma trajetória condutiva entre as
5 dopagens de pixel 1731, 1732 e 1733, a dopagem 1771 é preferivelmente estruturada. Uma concretização de tal estruturação é apresentada na Figura 17G, onde a dopagem 1777 corresponde à dopagem 1771. As linhas cortadas 1780 e 1781 correspondem às seções transversais apresentadas nas
10 Figuras 17H e 17I. Na Figura 17G, a razão da distância menor entre a dopagem 1777 e as portas 1741 e 1742 e a dopagem de fonte/dreno 1732 é benéficamente maior do que 0,1 vezes à distância L entre as dopagens de fonte/dreno. Benéficamente a razão deve ser mais do que $0,2L$, $0,3L$,
15 $0,4L$, $0,5L$, $0,6L$, $0,7L$, $0,8L$, $0,9L$, L , $1,2L$, $1,5L$ e $2L$, onde a primeira razão é a razão menos benéfica, e a última razão é a razão mais benéfica.

As concretizações das Figuras 18A, 18B e 18C ilustram modos de aperfeiçoar a faixa dinâmica do detector, isto é,
20 aperfeiçoar a capacidade de carga de sinal da MIG. As dopagens de pixel 1831 e 1833 são dopagens de fonte/dreno, e os condutores 1841 e 1842 são as portas de um MOSFET duplo. A capacidade de carga de sinal da camada de MIG já é aperfeiçoada pelas intensificações locais 1392 da dopagem
25 de camada de MIG. Na Figura 18A, a capacidade de carga de sinal de MIG é adicionalmente aperfeiçoada pela produção da dopagem de fonte/dreno 1832 mais larga, e pela adição de uma folga 1891 na camada de MIG entre as duas

intensificações locais 1392 da dopagem de camada de MIG. Na Figura 18B, a capacidade de carga de sinal de MIG é aperfeiçoada pela repartição da dopagem de fonte/dreno 1832 em duas partes separadas 1834 e 1835, e pela adição de uma porta 1843. Na Figura 18C, a capacidade de carga de sinal é adicionalmente aperfeiçoada pela adição entre as duas dopagens 1834 e 1835 de uma dopagem do segundo tipo de condutividade 1836 e duas portas 1844 e 1845.

O MOSFET não é o único transistor possível a ser usado com o MIG. Na Figura 19, os MOSFETs são substituídos por BJTs. As dopagens de pixel 1931 e 1932 do segundo tipo de condutividade são as dopagens bases, e as dopagens 1951 e 1952 do primeiro tipo de condutividade são as dopagens emissoras dos BJTs. A dopagem de parador de canal 1921 do primeiro tipo de condutividade age como o coletor dos BJTs que coleta as cargas do primeiro tipo de condutividade emitidas pelos emissores. Em adição aos três nodos convencionais do BJT, existe um quarto nodo, isto é, a MIG. As cargas de sinal na MIG reduzem a largura de base efetiva. As cargas de sinal na MIG aumentam a corrente do emissor. Este efeito pode ser medido e a quantidade de cargas de sinal pode ser deduzida a partir desta medição. A dopagem de pixel 1931 contém uma deformação adicional 1974. Existe também uma intensificação do local 1929 da dopagem de camada de barreira sob a dopagem de parador de canal 1321 que aumenta o componente de campo elétrico na camada de MIG que transportam as cargas de sinal em direção a intensificação de local 1392 da dopagem de camada de MIG. A

forma desta intensificação de local da dopagem de camada de barreira pode também ser estruturada no mesmo modo do que as folgas 1101 e 1591 na dopagem de camada de MIG.

Na Figura 20, os MOSFETs são substituídos por transistores de efeito de campo de junção (JFET), onde as dopagens de porta são substituídas pelas portas de MOS 2041 e 2042. As dopagens de pixel 2031 e 2032 agem como a fonte, dreno e dopagens de canal. As dopagens de pixel têm também uma deformação 2075.

Em todos os transistores compreendendo a MIG que foram introduzidos até agora as cargas de sinal na MIG diminuem o canal efetivo ou largura de base. As Figuras 21 e 22 ilustram transistores compreendendo a MIG onde as cargas de sinal na MIG aumentam o canal efetivo ou largura de base. Na Figura 21, as dopagens de pixel 2131 e 2132 agem como dopagens de coletor, e as dopagens de 2151 e 2153 do primeiro tipo de condutividade agem como dopagens de base. Os emissores 2161 e 2162 são formados, por exemplo, de material semiconductor policristalino similar a silício policristalino. Na Figura 22, a dopagem de pixel 2206 é uma camada contínua que encapsula a dopagem de parador de canal 2221. No interior da dopagem de pixel 2206 de primeiro tipo de condutividade existem também as dopagens de fonte e de dreno 2251, 2252, 2253 e 2254 de dois MOSFETs. Os condutores 2241 e 2242 são as portas dos dois MOSFETs.

As Figuras 23 e 24 ilustram dispositivos semicondutores que podem ser usados como unidades de memória, ou como transistores. As dopagens 2331 e 2332 do

segundo tipo de condutividade são o dreno e fonte, e o condutor 2341 é a porta de um MOSFET. A porta 2342 controla o fluxo das cargas de sinal a partir da dopagem 2333 do segundo tipo de condutividade através da região 1393 de

5 segundo tipo de condutividade para a camada de MIG. Na Figura 24, o MOSFET é substituído por um BJT tendo uma base 243 do segundo tipo de condutividade, e um emissor 2451 do primeiro tipo de condutividade. No dispositivo da Figura 24, o talhe preenchido 1494, 1695 tem a mesma função

10 conforme a região dopada 1393 na Figura 23. Se os dispositivos das Figuras 23 e 24 são usados como células de memória, um MIG cheio de cargas de sinal e um MIG vazio de cargas de sinal correspondem a um e zero, e vice versa. Se os dispositivos nas Figuras 23 e 24 são usados como

15 transistores, a camada de MIG pode ser muito pesadamente dopada, isto é, ela pode ser neutra no interior, e ela forma um quarto nodo nos transistores em adição à fonte, dreno e porta em FETs, e em adição ao emissor, base e coletor nos BJTs.

20 Existe ainda um ou mais modos de operar o detector de MIG e o novo detector de MIG que não foi anteriormente introduzido. Neste caso, os potenciais de fonte, dreno e porta de um FET são tais que o canal abaixo da porta é fechado, isto é, não existe trajetória de corrente entre as

25 dopagens de fonte e de dreno. Se as dopagens de fonte e de dreno estão no mesmo potencial, pode-se usar somente uma dopagem de pixel ao invés de duas dopagens separadas (ver, por exemplo, Figura 25). Quando, por exemplo, um pulso

ótico é absorvido no detector, as cargas de sinal fluirão para o MIG. Isto criará um pulso de corrente na porta, e este pulso de corrente pode ser usado para regulação precisa do incidente. Novos detectores de MIG correspondentes ao modo de detecção de sinal de porta são apresentados nas Figuras 25-31. A linha cortada 2580 e a linha cortada 2680 na Figura 26 correspondem à seção transversal apresentada na Figura 27A. O potencial da dopagem de parador de canal opcional 2721 da dopagem de pixel 2731 e da porta 2741 são tais que a interface do isolador de semicondutor sob a porta é exaurida para capacitar a formação de sinais de porta. Se a interface de isolador de semicondutor é travada no potencial de dopagem de pixel, isto é, se existe um canal abaixo da porta, nenhum sinal ou somente um sinal muito fraco será produzido na porta quando um número de cargas de sinal chega no MIG. A carga de sinal é limpa, por exemplo, pela aplicação de uma limpeza clara entre a dopagem de parador de canal e a dopagem de pixel.

O detector de MIG de sinal de porta da Figura 25 pode estar ligado ao chip de leitura. Neste caso devido a estrutura de detector com pixel ambos os tempo e informação de posição 2D podem ser obtidos. Outra possibilidade é conectar as portas de uma série ou coluna de pixéis por um fio de metal de modo a formar um detector de tira. O detector de tira capacita a detecção de tempo e uma informação de posição de uma dimensão (1D). Ainda outra possibilidade é dividir em duas ou três partes diferentes e

conectar cada parte a uma linha de sinal diferente que aponta para direções diferentes de modo a alcançar ambos os tempo e informação de posição 2D. O detector de MIG de sinal de porta da Figura 26 é um detector de tira, e a
5 linha cortada 2680 corresponde à seção transversal apresentada na Figura 27A. Na Figura 27B, a porta 2741 do detector na Figura 26 é circundada por uma camada de isolador 2707 no topo da qual está uma cobertura de metal 2742. A cobertura de metal opcional 2742 reduz
10 adicionalmente o ruído do detector.

Os detectores de tira nas Figuras 28-31 representam concretizações diferentes do detector de MIG de sinal de porta. Na Figura 28 a porta 2841 é conectada a uma segunda camada de metal 2842 que é usada para conectar as portas em
15 uma série ou coluna de pixéis. A dopagem de pixel está, neste caso, separada em duas partes 2831, 2832. O detector na Figura 29 é o mesmo do que na Figura 26, exceto que a dopagem de pixel 2731 é dividida em um número de partes 2931, 2932. A linha pontilhada na Figura 29 corresponde a
20 dopagem de pixel que está localizada sob a porta. A mesma prática é também aplicada nas Figuras 30 e 31. O detector na Figura 30 tem somente uma dopagem de pixel 3031 próxima a qual estão duas portas 3041 e 3042. Na Figura 31 existe somente uma porta 3141 e uma grandeza de dopagens de pixel
25 3131. Uma intensificação da dopagem de camada de MIG pode estar localizada sob as portas nas Figuras 28-31.

Os detectores de tira da técnica anterior são apresentados nas Figuras 35A e 35B. Na estrutura da Figura

35A, as cargas de sinal são coletadas pela dopagem 3531 que altera o potencial da dopagem 3531. Isto cria um sinal para a porta 3541 que é mantida em potencial constante. A dopagem 3531 coleta, contudo, também a corrente gerada na superfície em adição a corrente gerada na massa. O vazamento de corrente resulta em também uma corrente de tamanho igual na porta. O ruído no detector é comparável a raiz quadrada do vazamento de corrente. A corrente gerada por superfície é tipicamente ao redor de 20 vezes mais alta do que a corrente gerada na massa de tais detectores de tira e, desse modo, o ruído do detector de tira na Figura 35A é alto. No dispositivo da técnica anterior da Figura 35B, as dopagens 3532 e 3533 coletam a carga gerada na superfície, significando que a dopagem 3531 coleta somente a corrente gerada na massa. As dopagens 3532 e 3533 coletam, contudo, também parte das cargas de sinal. Desse modo, a razão de sinal para ruído é tipicamente mais pobre no detector de tira da Figura 35B do que no detector de tira da Figura 35A. A razão de sinal para ruído do detector de tira na Figura 35A e do detector de MIG de sinal de porta pode ser facilmente comparada. A razão parasítica para capacitância total do dispositivo na Figura 35A é perto de zero. No dispositivo de MIG de sinal de porta, a razão parasítica para capacitância total é ao redor de 0,5, resultando em uma metade de sinal menor do que no dispositivo da técnica anterior. Contudo, no detector de MIG as dopagens de pixel coletam as cargas geradas por superfície e o MIG coletam somente a corrente gerada na

massa. Desse modo, o ruído no dispositivo da técnica anterior da Figura 35A é a raiz quadrada de 20 mais alta do que no detector de MIG. Desse modo, a razão de sinal para ruído no detector de MIG é estimada para ser 2,2 vezes mais
5 alta do que no detector da técnica anterior da Figura 35A.

A carga de sinal pode também ser transferida através de um número de pixéis para um pixel de leitura, onde a quantidade de carga de sinal é medida. O dispositivo apresentado na Figura 44A é um exemplo de tal dispositivo
10 que é operado no mesmo modo do que um dispositivo acoplado de carga (CCD). Quando os potenciais das dopagens de pixel 4431, 4432 e 4433 do primeiro tipo de condutividade são mudados ciclicamente, a carga de sinal pode ser transportada na camada de MIG 104. As dopagens de pixel
15 operam também como estruturas de anti-irradiação. A carga de sinal na camada de MIG pode ser removida pela aplicação de uma voltagem limpa entre as dopagens de parador de canal 4421 e as dopagens de pixel. Se o dispositivo é iluminado na parte frontal, o tamanho da área de parador de canal
20 deve ser maior de modo a ter uma boa eficiência de quantum para luz azul. As linhas cortadas 4480 e 4481 correspondem às seções transversais apresentadas pelas Figuras 44B e 44C.

As Figuras 32B-32D, 33A-33C e 34A-34D representam
25 exemplos de métodos de manufaturamento diferentes do novo detector de MIG. O ponto de partida destes processos é o substrato exposto 103 de primeiro tipo de condutividade apresentado na Figura 32A. O processo de manufaturamento

apresentado nas Figuras 32B-32D se assemelha a um processo de CMOS. Na Figura 32B, duas etapas de mascaramento, dois implantes tipo segundo e um acionamento é realizado de modo a formar uma cavidade 3204 e uma região dopada 3292 ambas sendo de segundo tipo de condutividade. A cavidade 3204 é usada para formar a camada de MIG e a região dopada opcional 3292 é usada para formar a intensificação da dopagem de camada de MIG. Na Figura 32C, uma etapa de mascaramento, um implante de primeiro tipo de condutividade e um acionamento é realizado de modo a formar a cavidade 3205 de primeiro tipo de condutividade. A cavidade 3205 age como a camada de barreira. Na Figura 32D pelo menos uma etapa de máscara e implante é efetuada para formar a dopagem de pixel 3231 de segundo tipo de condutividade. A dopagem 3234 do segundo tipo de condutividade é um contato limpo de carga de sinal opcional. Neste estágio também outras etapas de máscara e de implante podem ser realizadas formando, por exemplo, paradores de canal, contato de substrato, e outras regiões dopadas anteriormente introduzidas. Após isto uma etapa de recozimento é realizada, que é seguida pela formação de camadas de isolador e de metal, e de vias através das camadas de isolador.

Um método de manufaturamento do novo detector de MIG envolvendo implantes profundos é apresentado nas Figuras 33A-33C. Na Figura 33A, uma etapa de máscara, um implante de primeiro tipo de condutividade e um acionamento é realizado de modo a formar a cavidade 3305 de primeiro tipo

de condutividade. A cavidade 3305 age como a camada de barreira. Na Figura 33B, duas etapas de máscara e dois implantes profundos de alta energia de segundo tipo de condutividade são feitos de modo a formar a camada de MIG 3304 e a intensificação opcional 3392 da dopagem de camada de MIG. Uma etapa de máscara e um segundo tipo de implante são feitos na Figura 33C de modo a formar a dopagem de pixel 3331. A dopagem 3334 do segundo tipo de condutividade é um contato limpo de carga de sinal opcional. A região 3396 é uma redução de local da dopagem de camada de barreira de rede situada sob o contato limpo. Neste estágio também outras etapas de máscara e de implante podem ser realizadas. Em seguida, uma etapa de recozimento é efetuada que é seguida pela formação de camadas de isolador e de metal, e de vias através das camadas de isolador. A cavidade 3305 que forma a camada de barreira pode igualmente ser bem manufaturada usando-se um implante de energia média.

O processo de manufaturamento apresentado nas Figuras 34A-34D se assemelha a um processo BiCMOS. Na Figura 34A, duas etapas de máscara e dois implantes de segundo tipo de condutividade e uma etapa de recozimento opcional são realizados de modo a formar a camada de MIG 3404 e a intensificação opcional 3492 da dopagem de camada de MIG. Na Figura 34B, uma camada epitaxial 3405 do primeiro tipo de condutividade é desenvolvida no topo do substrato de semiconductor 103. A camada epitaxial 3405 forma a camada de barreira. Na Figura 34C, uma etapa de máscara e um implante

de primeiro tipo é produzida na epicamada 3405 de modo a formar a dopagem de pixel 3431 e o contato limpo opcional 3434. Neste estágio, outras etapas de máscara e de implante podem ser realizadas de modo a formar, por exemplo, os
5 paradores de canal. Na Figura 3D é apresentada uma etapa de máscara opcional e de implante de energia média de segundo tipo de condutividade para formar um segundo tipo de dopagem 3493 entre o contato limpo 3434 e a camada de MIG 3404. Deve-se notar que se a dose deste implante de energia
10 média de segundo tipo é baixa, somente uma redução da dopagem de camada de barreira de rede é resultada sob o contato limpo 3434.

Deve-se notar que os métodos anteriormente apresentados para manufaturar o novo detector de LIG são
15 apenas exemplos. Além destes existem numerosos outros métodos. As etapas de processo diferentes anteriormente introduzidas dos métodos diferentes podem também serem combinadas em qualquer modo ou ordem adequados. O contato de substrato e a dopagem de parador de canal não são
20 apresentados nas Figuras 32A-32D, mas conforme já citado eles podem ser adicionados ao fluxo de processo na situação adequada. O dispositivo iluminado na parte traseira delgado pode ser manufaturado a partir dos dispositivos das Figuras 32D, 33C e 34D, por exemplo, pela moagem da lateral
25 traseira da camada de massa 103, ou pelo manufaturamento dos dispositivos das Figuras 32D, 33C e 34D em uma pastilha SOI. A pastilha SOI tem duas camadas de semiconductor e entre elas uma camada de isolador. Após a outra superfície

de semiconductor ser processada, o outro lado da pastilha de semiconductor pode ser gravada abaixo da área ativa do detector até que a camada de isolador seja alcançada. Após isto a camada de isolador pode ser gravada após a qual a lateral traseira da camada de semiconductor processada, isto é, da camada de massa pode ser coberta, por exemplo, com um revestimento de anti-reflexão.

O primeiro tipo de condutividade pode ser tipo n, e o segundo tipo de condutividade pode ser tipo p. As concretizações das Figuras 11-34D e 44A-44C são aplicáveis para ambos os detectores iluminados na parte frontal e na parte traseira, e qualquer combinação deles podem ser usadas. É importante notar que as concretizações e processos apresentados nas Figuras 11-34D e 44A-44C podem também serem usadas no detector de MIG apresentado pelos documentos PCT/FI2004/000492 e PCT/FI2005/000359, e tendo a camada lateral traseira condutiva. Os pixéis podem ter qualquer forma, ou formas ao invés das apresentadas nas Figuras 11, 12 e 15. Pode-se usar ao invés dos pixéis de transistor duplos, pixéis de transistor simples ou pixéis de transistor múltiplos. A leitura da carga de sinal um número de vezes é, contudo, duas vezes mais rápida em pixéis de transistor duplos, como nos pixéis de transistor simples. Ao invés do MOSFET, JFET e o BJT, pode-se usar qualquer transistor unipolar ou bipolar nos pixéis. A fonte de um FET ou o emissor de um transistor bipolar pode ser flutuante, e pode ser conectada a um capacitor. Os pixéis podem ser circundados por estruturas de proteção

preferivelmente em forma de anel que são formadas de estruturas de MOS, ou de dopagens de modo a aumentar a área de pixel. As dopagens da invenção podem também serem providas em qualquer modo possível usando-se implante tendo 5 máscaras diferentes, energias diferentes, doses diferentes e tipos de condutividade diferentes. Em alguns casos as dopagens podem também serem substituídas com contatos de metal adequados, isto é, com contatos tipo Ohmic ou Schottky. O material semiconductor é preferivelmente 10 silício, mas qualquer outro material semiconductor pode ser usado. O material semiconductor pode, por exemplo, ser Germânio. As aberturas de contato através da camada de isolador 1307 e o contato para as dopagens diferentes não são mostradas. As dopagens de parador de canal são 15 opcionais nos dispositivos das Figuras 7 e 8, e elas podem ser flutuantes. Pode-se usar revestimentos de anti-reflexão, revestimento de cintilação em ambos os detectores iluminados na parte frontal e traseira.

A quantidade de carga de sinal no MIG de um MIGFET 20 pode ser obtida, por exemplo, pela medição da mudança na voltagem limite, pela medição da mudança na corrente que se desloca através do MIGFET, ou pela medição de uma mudança em uma saída de voltagem sobre um resistor conhecido, a mudança na saída de voltagem correspondendo à mudança na 25 corrente que se desloca através do MIGFET. A quantidade de carga de sinal no MIG de um MIGBJT pode ser obtida, por exemplo, pela medição da mudança na corrente do emissor, ou pela medição da mudança em uma saída de voltagem sobre um

resistor conhecido, a mudança na saída de voltagem correspondendo à mudança na corrente que se desloca através do emissor, ou pela medição da mudança na base ou limite de emissor. O limite base é referido como a voltagem base na qual a corrente do emissor começa a se deslocar. O limite de emissor é referido como a voltagem de emissor na qual a corrente do emissor começa a se deslocar. Existem também outros esquemas de leitura de carga de sinal, e todos os esquemas de leitura podem, envolver, por exemplo, capacitores, transistores, resistores, etc.

É importante notar que o MIG faz com que todas as pequenas quantidades de carga de sinal sejam detectadas. Isto pode ser alcançado efetuando-se uma medição quando existe carga de sinal no MIG, pela remoção da carga de sinal a partir do MIG, efetuando-se uma medição quando não existe carga de sinal, pela subtração da primeira medição a partir da segunda medição, e fazendo-se isto n vezes. Como um resultado, o ruído de leitura será o ruído de leitura de uma medição dividido pela raiz quadrada de n . Este é, contudo, não o único método de detectar pequenas quantidades de cargas de sinal. Pode-se também designar o novo detector de MIG (e o detector de MIG) de tal modo que com voltagem de operação adequada, a transferência de carga de sinal a partir do MIG e de volta para o MIG resulta em multiplicação de avalanche da carga de sinal. Este ciclo de multiplicação de avalanche pode ser realizado n vezes após o qual a carga de sinal foi multiplicada por $N \times m^n$, onde m é o ganho de multiplicação de avalanche de uma

transferência de carga de sinal simples. O primeiro dos dois métodos capacita uma faixa dinâmica mais alta. Contudo, os dois métodos podem também serem combinados, isto é, um pode primeiro realizar o primeiro método, e após 5 isto o segundo método. O primeiro método, isto é, o método de leitura múltipla, é realizado com voltagens de inclinação aplicadas inferiores e o segundo método, isto é, o método de ganho de avalanche, é realizado com voltagens de inclinação aplicadas mais altas. Tal método combinado 10 tem a mesma faixa dinâmica do que o método de leitura múltipla.

Nas Figuras 11, 12 e 15 apresentando um grupo de quatro pixéis, a superfície frontal ou a superfície traseira dos pixéis individuais podem ser cobertas por um 15 filtro de cor, e possivelmente com uma ou mais micro lentes. O pixel mais superior e mais inferior pode, por exemplo, ter um filtro de cor verde, e o pixel esquerdo e direito pode ter um filtro de cor azul e vermelho, respectivamente. A superfície frontal e traseira nas 20 Figuras 11, 12 e 15 podem também serem cobertas com um filtro de cor simples possivelmente com micro lentes. Em tal caso a luz é preferivelmente dividida em três componentes diferentes sendo, por exemplo, vermelho, verde e azul e, preferivelmente, três chips separados são usados 25 na câmera. Deve ser notado que o detector inventado deve ser designado tal que não existe área neutra na camada de barreira entre o canal de um FET e a camada de MIG, e entre a base de um BJT e a camada de MIG, visto que tal área

neutra aumenta o ruído nas medições. Deve ser notado também que todas as Figuras 1-35B não estão em escala, e que todas as portas e camadas de metal apresentadas nas Figuras 1-35B podem ser formadas de condutores transparentes. É também
5 benéfico usar estruturas auto-alinhadas de modo a reduzir o desalinhamento das máscaras. Ao invés dos FETs quadrados, pode-se também usar FETs circulares. As figuras não estão em escala e, desse modo, a área das dopagens de parador de canal podem ser muito maiores do que apresentadas nas
10 figuras. Aqui podem também estar camadas adicionais no dispositivo se elas não afetam o princípio de operação do MIG. Tais camadas adicionais podem ser, por exemplo, camadas delgadas de material semiconductor de primeiro ou segundo tipo de condutividade.

15 Aqui podem também estar eletrônicos de leitura e de seleção no chip do detector. Um dispositivo que inclui um detector de acordo com uma concretização pode também incluir outros chips semicondutores, alguns dos quais podem ter conexões ligadas aos pixéis do detector. Isto capacita
20 a construção de estruturas muito compactas que incluem detecção, amplificação, leitura e, em alguns casos, ainda armazenagem em um espaço muito pequeno, similar a um MCM (módulo de multi-chip).

Os resultados da simulação 2D das Figuras 36-43
25 demonstram a praticabilidade do conceito de detector de MIG. A Figura 36 representa um detector de MIG tendo uma camada de massa tipo n 103, uma camada de MIG tipo p 104, e uma camada de barreira tipo n 105. As dopagens de pixel

tipo p 3631, 3632 e 3633 agem como dopagens de fonte/dreno, as portas 3641 e 3642 são usadas para medição e transporte da carga de sinal, e os contatos de parador de canal 3621 são usados para limpeza da carga de sinal. A intensificação

5 3692 da dopagem de camada de MIG coleta as cargas de sinal que são furos neste caso. A situação mostrada na Figura 36 é reta após a carga de sinal tiver sido limpa pela aplicação de uma voltagem limpa ao contato de parador de canal. A Figura 37 mostra a situação após alguns furos

10 gerados por massa serem acumulados na intensificação local da dopagem de camada de MIG. Na Figura 38, todos os furos na intensificação local esquerda da dopagem de camada de MIG são alterados para a intensificação local direita da dopagem de camada de MIG pela aplicação de transientes de

15 voltagem adequados às dopagens de pixel e às portas. Na Figura 39 os furos na intensificação direita de dopagem de camada de MIG são transferidos para a intensificação esquerda da dopagem de camada de MIG pela aplicação de transientes de voltagem adequados às dopagens de pixel e às

20 portas. É importante notar que todos os potenciais nas Figuras 36-39 são os mesmos; somente a localização dos furos é diferente. A Figura 40 mostra a concentração de furo em ambas as intensificações locais das dopagens de camada de MIG, e a Figura 41 mostra a concentração de furo

25 combinada das intensificações locais da dopagem de camada de MIG.

Na Figura 42 os potenciais da dopagem de pixel tipo p 4233, do contato limpo tipo p 4234, da porta limpa tipo n

4243, e da dopagem tipo n 4221, são tais que furos são acumulados na camada de MIG abaixo da dopagem de pixel tipo p 4233. Na Figura 43, o potencial de porta limpa é mudado, e os furos podem se mover livremente a partir da camada de
5 MIG para o contato limpo através da dopagem tipo p 4293. Além dos efeitos antes introduzidos, as simulações têm mostrado que a mudança na voltagem limite pode ser maior do que 100 μm .

REIVINDICAÇÕES

1.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, compreendendo uma camada de massa (103) de material
5 semicondutor, e em uma primeira superfície da camada de massa (103) na seguinte ordem:

- uma camada de porta interna modificada (104, 304) de semicondutor de segundo tipo de condutividade,

- uma camada de barreira (105) de semicondutor de
10 primeiro tipo de condutividade, e

- dopagens de pixel (111, 112, 1331, 1332, 1333, 1334, 2206) de semicondutor do segundo tipo de condutividade, adaptadas para serem acopladas a pelo menos uma voltagem de pixel de modo a criar pixéis correspondentes a dopagens de
15 pixel, **caracterizado pelo fato de que:**

- o dispositivo compreende um primeiro tipo de condutividade de primeiro contato, referida voltagem de pixel sendo definida como uma diferença de potencial entre a dopagem de pixel e o primeiro contato, e

20 - a camada de massa (103) é do primeiro tipo de condutividade.

2.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um número de dopagens de pixel (111, 112, 1331, 1332,
25 1333, 1334, 2206) compreende um condutor específico de pixel desenvolvido na dopagem de pixel, referido transistor sendo um transistor de efeito de campo ou transistor bipolar, e o dispositivo detector de radiação de

semicondutor compreende um circuito de leitora de carga de sinal adaptado para medir características elétricas de transistores específicos de pixel relacionadas ao canal efetivo ou dimensões de base dos transistores específicos de pixel.

3.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que referido circuito de leitora de carga de sinal é adaptado para medir características elétricas de um transistor específico de pixel relacionadas a diminuição de canal ou largura de base causada por furos induzidos por radiação ou elétrons que se acumulam na camada de porta interna modificada em uma localização coincidente com um pixel contendo referido transistor específico de pixel.

4.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que referido circuito de leitora de carga de sinal é adaptado para medir características elétricas de um transistor específico de pixel relacionadas a aumento de canal ou largura de base causado por elétrons induzidos por radiação ou furos que se acumulam na camada de porta interna modificada em uma localização coincidente com um pixel contendo referido transistor específico de pixel.

5.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-4, caracterizado pelo fato de compreender uma área paradora de canal entre pixéis.

6.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que referida área paradora de canal compreende dopagens (121, 122, 1121, 1221, 1521, 1721) do primeiro tipo de
5 condutividade, exibindo, desse modo, o tipo oposto de condutividade comparado aos pixéis.

7.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que as dopagens paradoras de canal entre pixéis
10 correspondem ao primeiro contato.

8.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que as cargas secundárias que são geradas na camada de massa são coletadas pelas dopagens paradoras de canal.

9.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a camada de massa é adelgada a partir da segunda superfície, e o dispositivo detector de radiação de semicondutor é iluminado a partir da superfície traseira
15 (102).

10.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-6, caracterizado pelo fato de que o primeiro contato (725) está em uma superfície traseira (102) do detector, ou fora
25 da área ativa na superfície frontal (101) do detector, ou na borda (700) do chip do detector.

11.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato

de que as cargas secundárias que são geradas na camada de massa são coletadas pelo primeiro contato (725).

12.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-8, 10 ou 5 11, caracterizado pelo fato de que o detector é iluminado a partir da primeira superfície.

13.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-12, caracterizado pelo fato de que existe na camada de barreira 10 (105) do primeiro tipo de condutividade uma região dopada (1393) do segundo tipo de condutividade, ou uma redução local (3396) da dopagem de rede de camada de barreira entre a camada de porta interna modificada (104) de segundo tipo de condutividade, e uma dopagem de pixel (1334, 1434, 1634, 15 3334) de segundo tipo de condutividade, ou no qual existe um talhe (1334, 1393, 1494, 1695) entre a camada de porta interna modificada (104) e a superfície frontal do detector.

14.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, 20 de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que uma porta (1343, 1443, 1643, 1695) é adaptada para controlar o fluxo de cargas de sinal a partir da camada de porta interna modificada (104) para a dopagem de pixel (1334, 1434, 1634, 3334), ou para a superfície frontal do 25 detector através da região de dopagem (1393) de segundo tipo de condutividade, através da redução local (3396) da dopagem de rede de camada de barreira, ou através do talhe (1334, 1393, 1494, 1695).

15.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que a porta é formada de uma dopagem de primeiro tipo de condutividade (1443).

5 16.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que a porta é formada de uma estrutura de MOS (1343, 1643).

10 17.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-16, caracterizado pelo fato de que uma região (1726) de primeiro tipo de condutividade ou uma estrutura de talhe (1727, 1728) penetra através da camada de porta interna modificada de segundo tipo de condutividade de modo a
15 aperfeiçoar a coleta das cargas secundárias a partir da camada de massa (103).

18.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-17, caracterizado pelo fato de compreender estruturas (1771,
20 1772, 1773, 1774, 1775, 1776, 1777) que aperfeiçoam a separação do sinal e cargas geradas por superfície.

19.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-16, caracterizado pelo fato de que a camada de porta interna
25 modificada é descontínua.

20.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender uma camada de material semicondutor (808) de

primeiro ou segundo tipo de condutividade entre a camada de massa e a camada de porta interna modificada.

21.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-20, 5 caracterizado pelo fato de compreender pelo menos um dos seguintes: uma alteração (1929) da dopagem de camada de barreira, uma folga na dopagem de camada de porta interna modificada (1991, 1591), uma intensificação (1392) da dopagem de camada de porta interna modificada, uma 10 alteração na dopagem de camada de massa próxima à camada de MIG de modo a aperfeiçoar o gradiente potencial de transporte de carga de sinal na camada de MIG.

22.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-21, 15 caracterizado pelo fato de compreender um intensificador local (1392) da dopagem de camada de porta interna modificada sob a porta de um transistor de efeito de campo, ou sob o emissor de um transistor de junção bipolar de modo a aperfeiçoar a faixa dinâmica do detector.

20 23.- Método para detecção de radiação, compreendendo:

- acoplamento de um número de pixéis (111, 112, 113, 114) em uma superfície de um dispositivo detector de radiação de semicondutor a uma voltagem de pixel, e

- iluminação de referido dispositivo detector de 25 radiação de semicondutor com radiação;

caracterizado pelo fato de que compreende:

- coleta de cargas de sinal induzidas por radiação de primeiro tipo de uma camada de massa (103), de uma camada

de porta interna modificada e de uma camada de barreira de referido dispositivo detector de radiação de semicondutor a um mínimo local (412) de uma função potencial tridimensional para referidas cargas de primeiro tipo, 5 referido mínimo local sendo locacionalmente coincidente com pixéis (111) em uma camada de porta interna modificada (104, 304) situada próxima a referida camada de massa (103), e

- detecção da quantidade de carga de sinal coletada ao 10 mínimo local que coincide com pixéis (111).

24.- Método, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que a detecção da quantidade de carga de sinal compreende observar as características elétricas de transistores específicos de pixel relacionadas a canal efetivo ou dimensões de base dos transistores 15 específicos de pixel.

25.- Método, de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que a detecção da quantidade de carga de sinal compreende observar as características 20 elétricas de transistores específicos de pixel relacionadas a diminuição de canal ou dimensões de base dos transistores específicos de pixel.

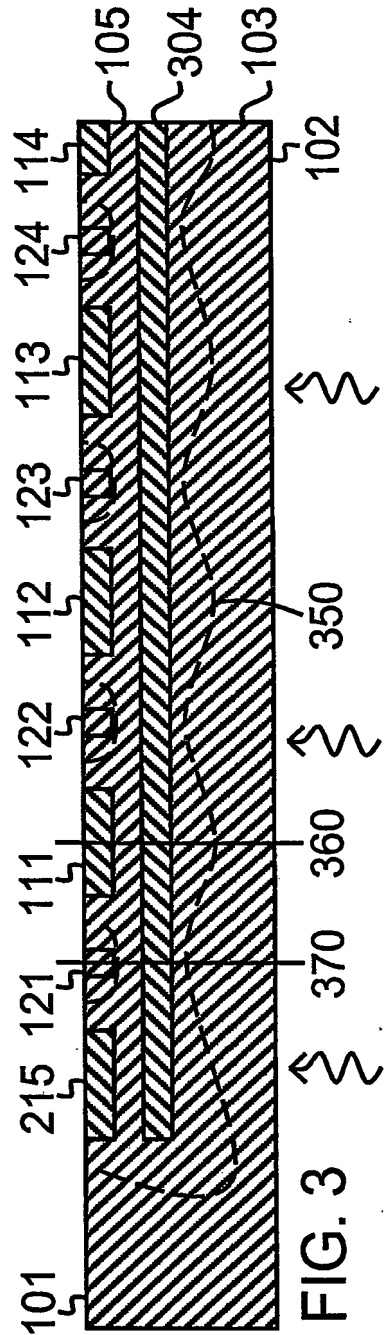
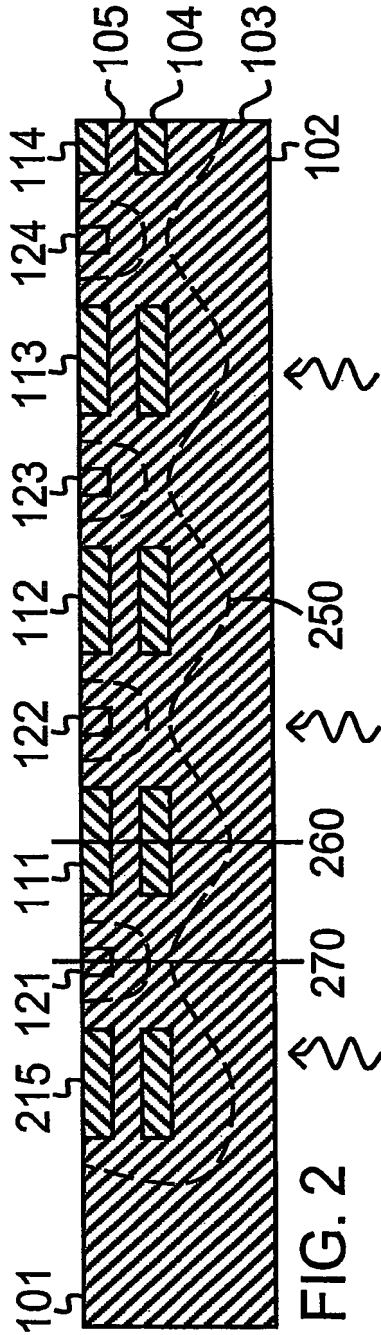
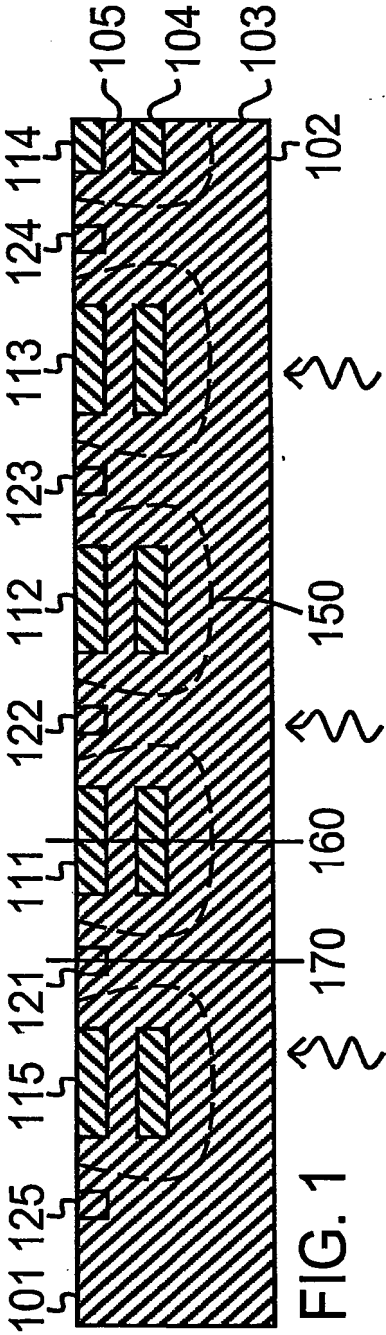
26.- Método, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que a detecção da quantidade de 25 carga de sinal compreende observar as características elétricas de transistores específicos de pixel relacionadas a aumento de canal ou dimensões de base dos transistores específicos de pixel.

27.- Método, de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de que a detecção da quantidade de carga de sinal compreende transferir carga relacionada a pixel através de um número de pixéis para um pixel de
5 leitura, e observação das características elétricas de referido pixel de leitura.

28.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a razão da área paradora de canal de um pixel para a
10 área de pixel total é pelo menos 0,3.

29.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 e 14, caracterizado pelo fato de que a razão da concentração de dopagem de rede na redução local de primeiro tipo de
15 condutividade da dopagem de camada de barreira para a concentração de dopagem de rede na dopagem de camada de barreira de primeiro tipo de condutividade sem a redução local da dopagem de camada de barreira é menos do que 0,9.

30.- Dispositivo detector de radiação de semicondutor,
20 de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o canal de um transmissor de efeito de campo abaixo da porta do transistor de efeito de campo é exaurido, e no qual um pulso de cargas de sinal gerado pela radiação e entrada da porta interna modificada é detectada como um
25 pulso de corrente na porta.



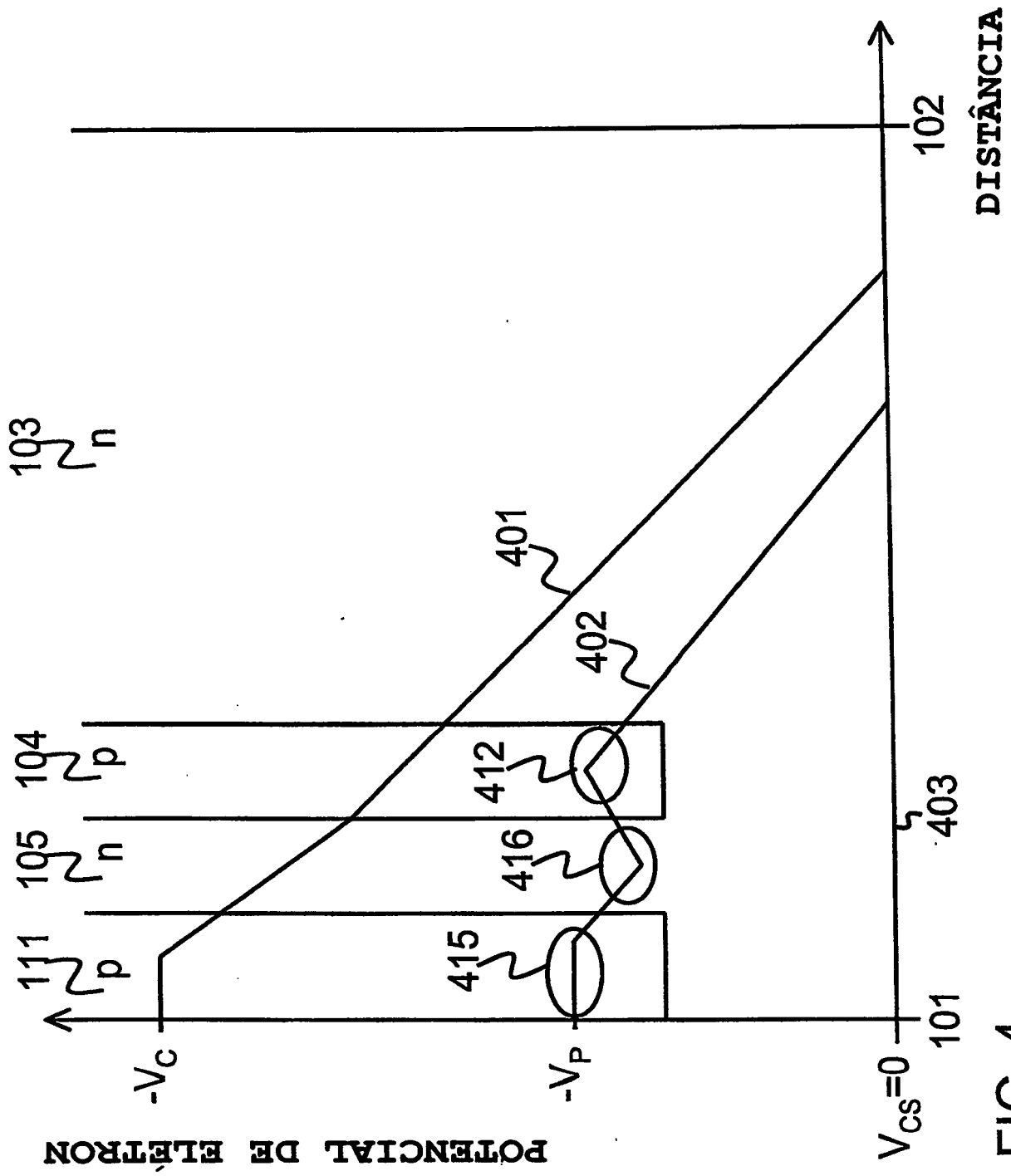


FIG. 4

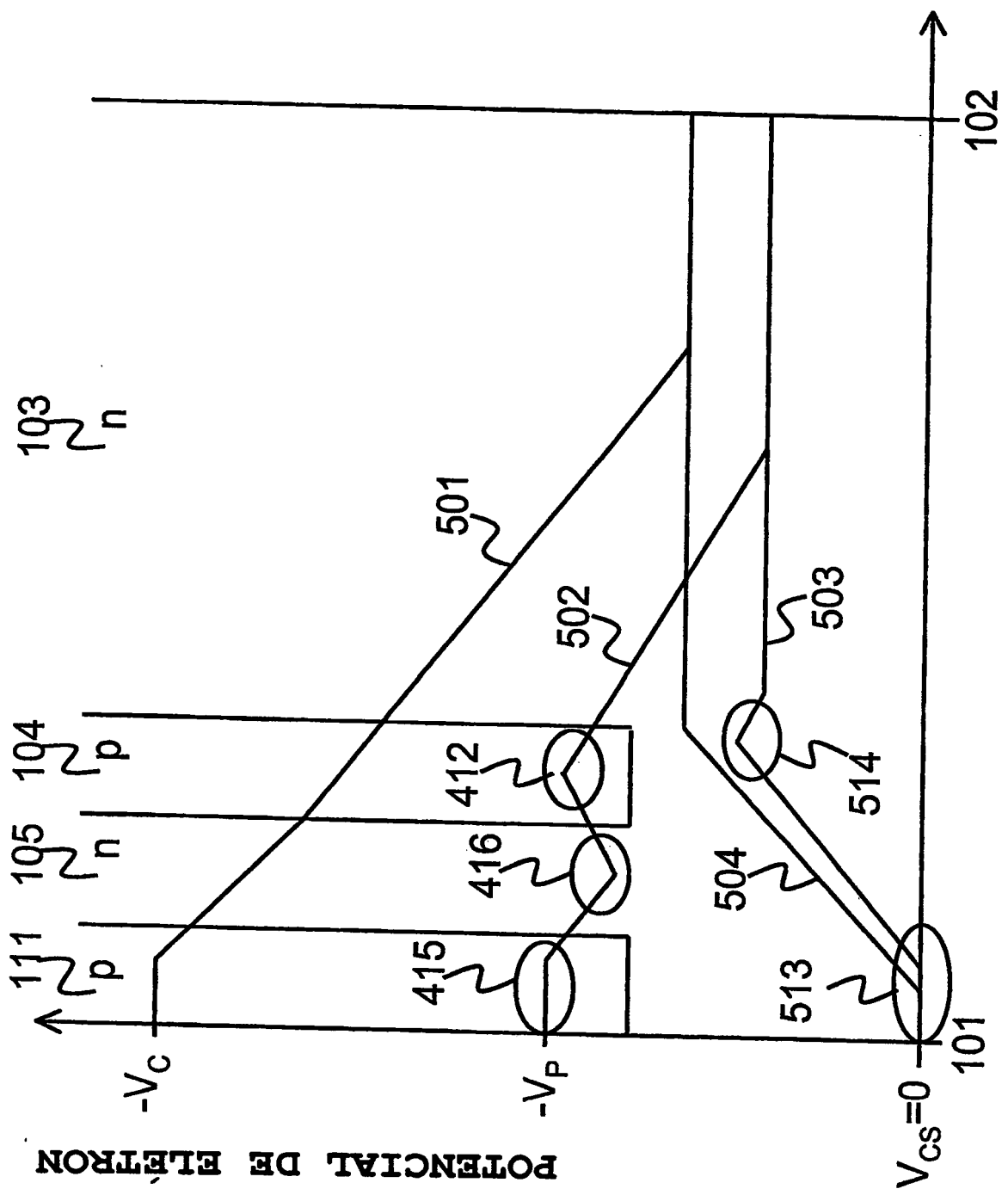


FIG. 5

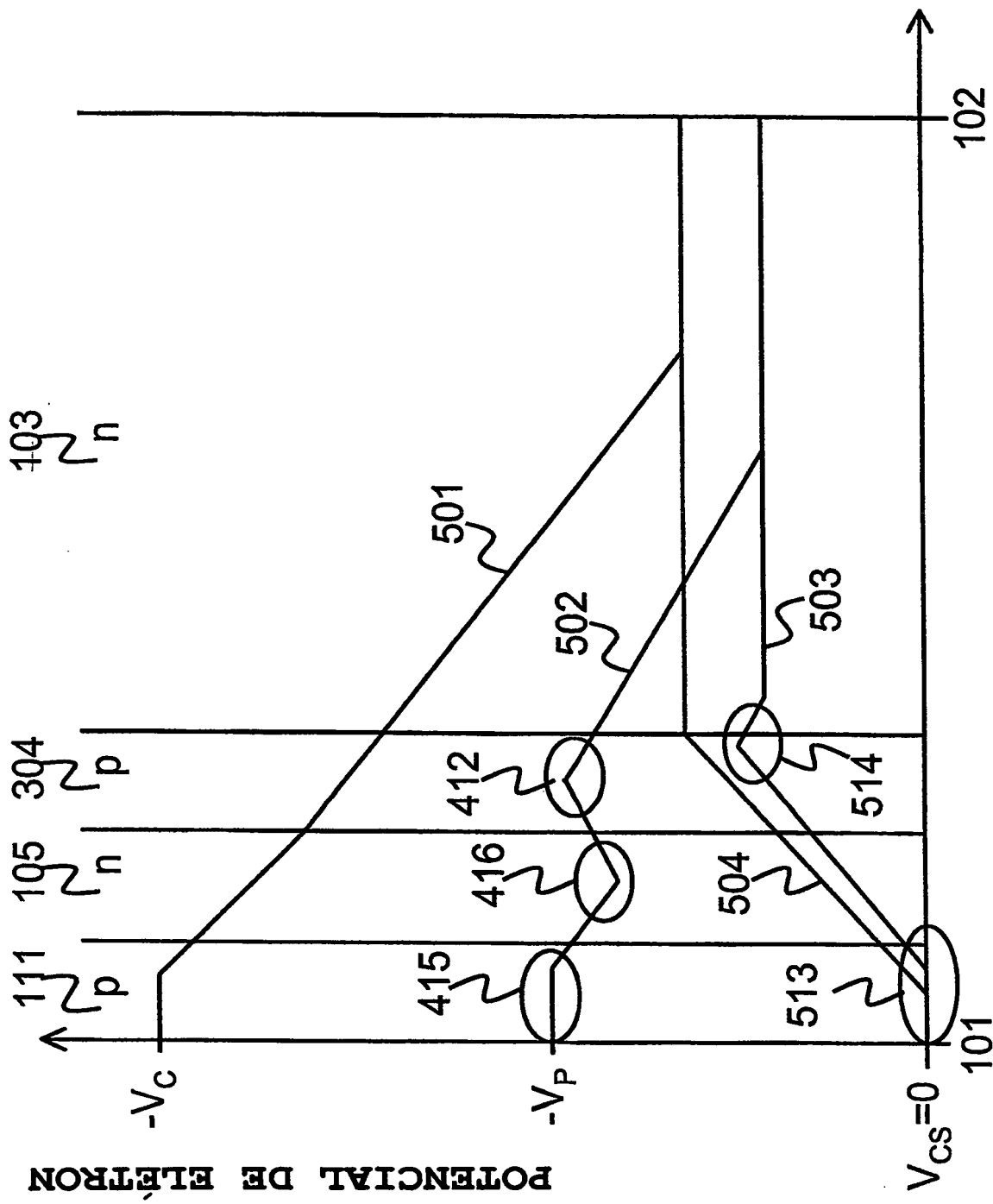


FIG. 6

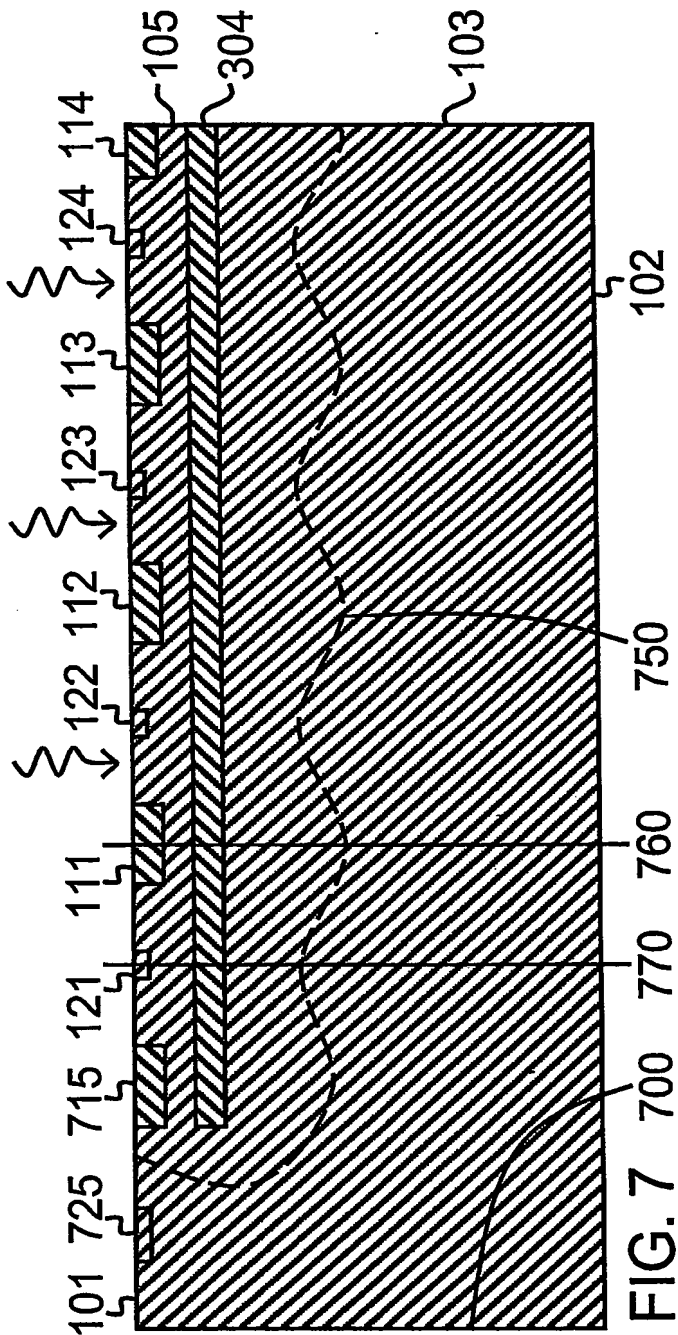


FIG. 7

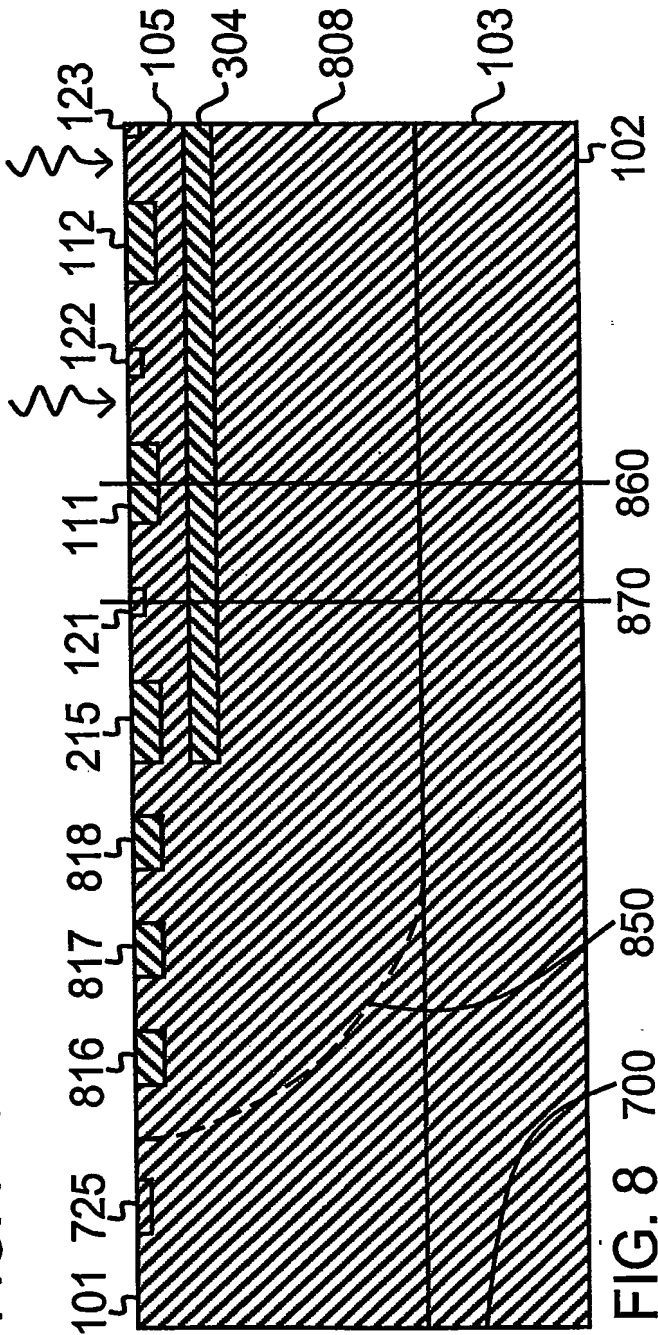


FIG. 8

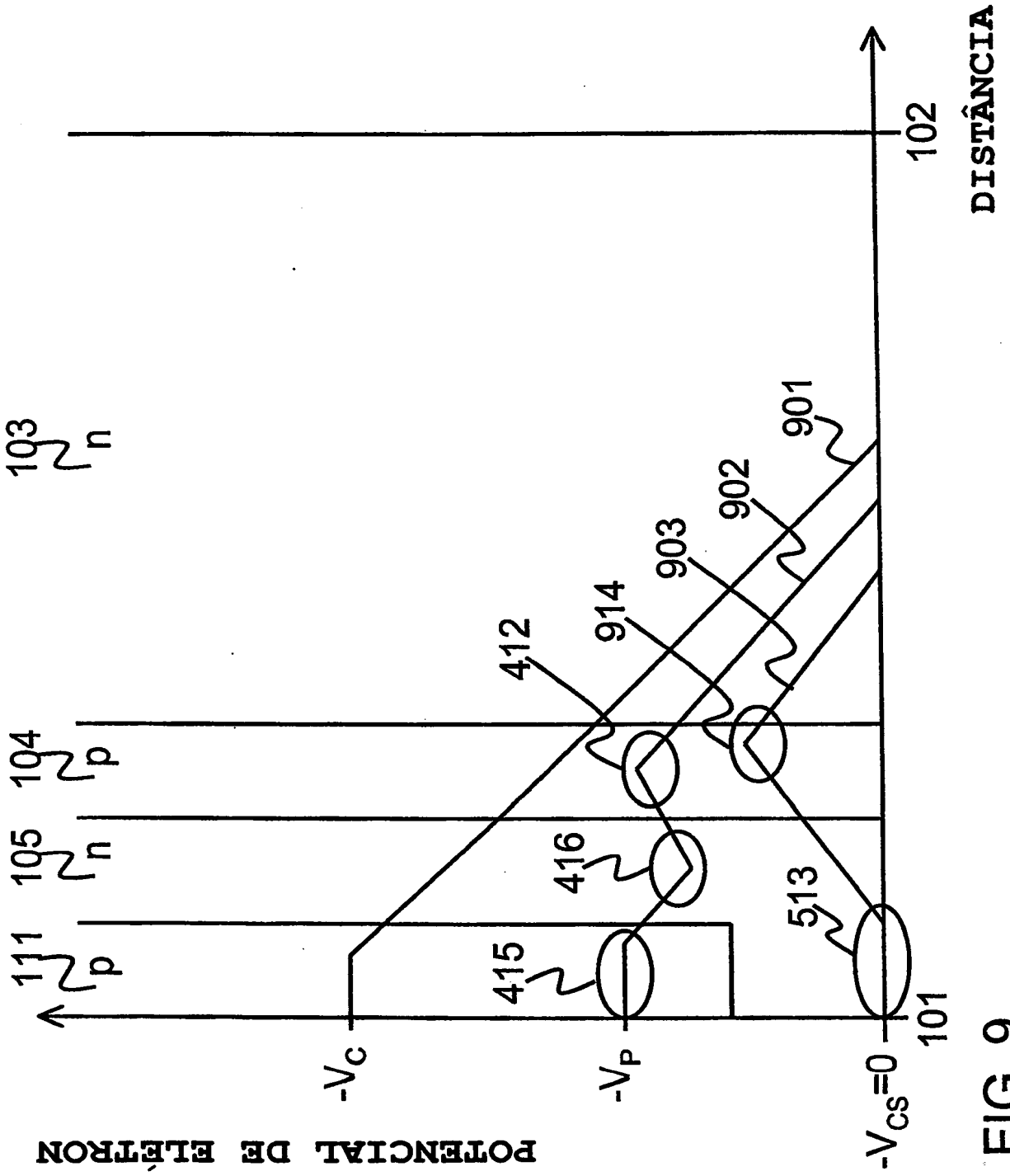


FIG. 9

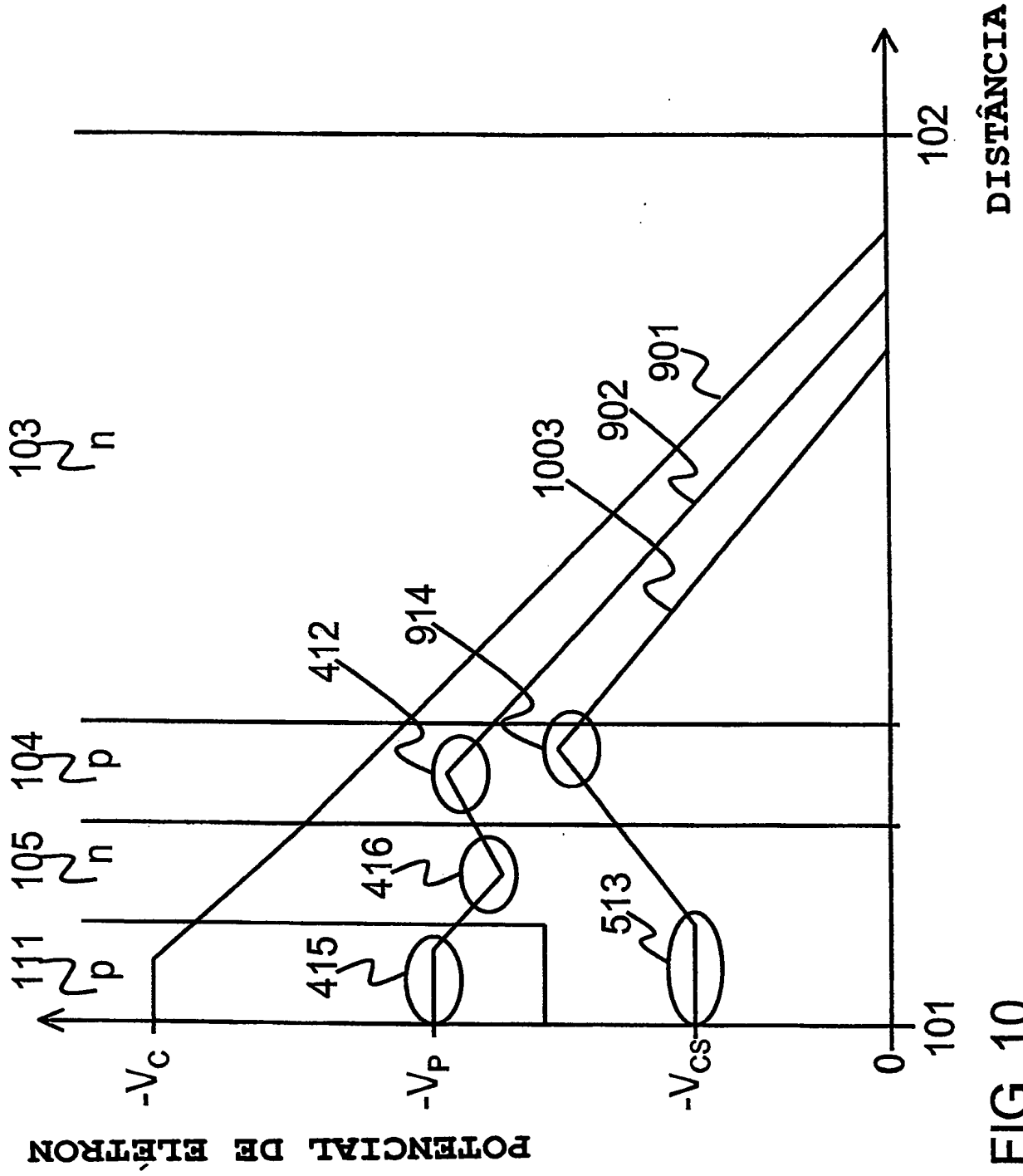


FIG. 10

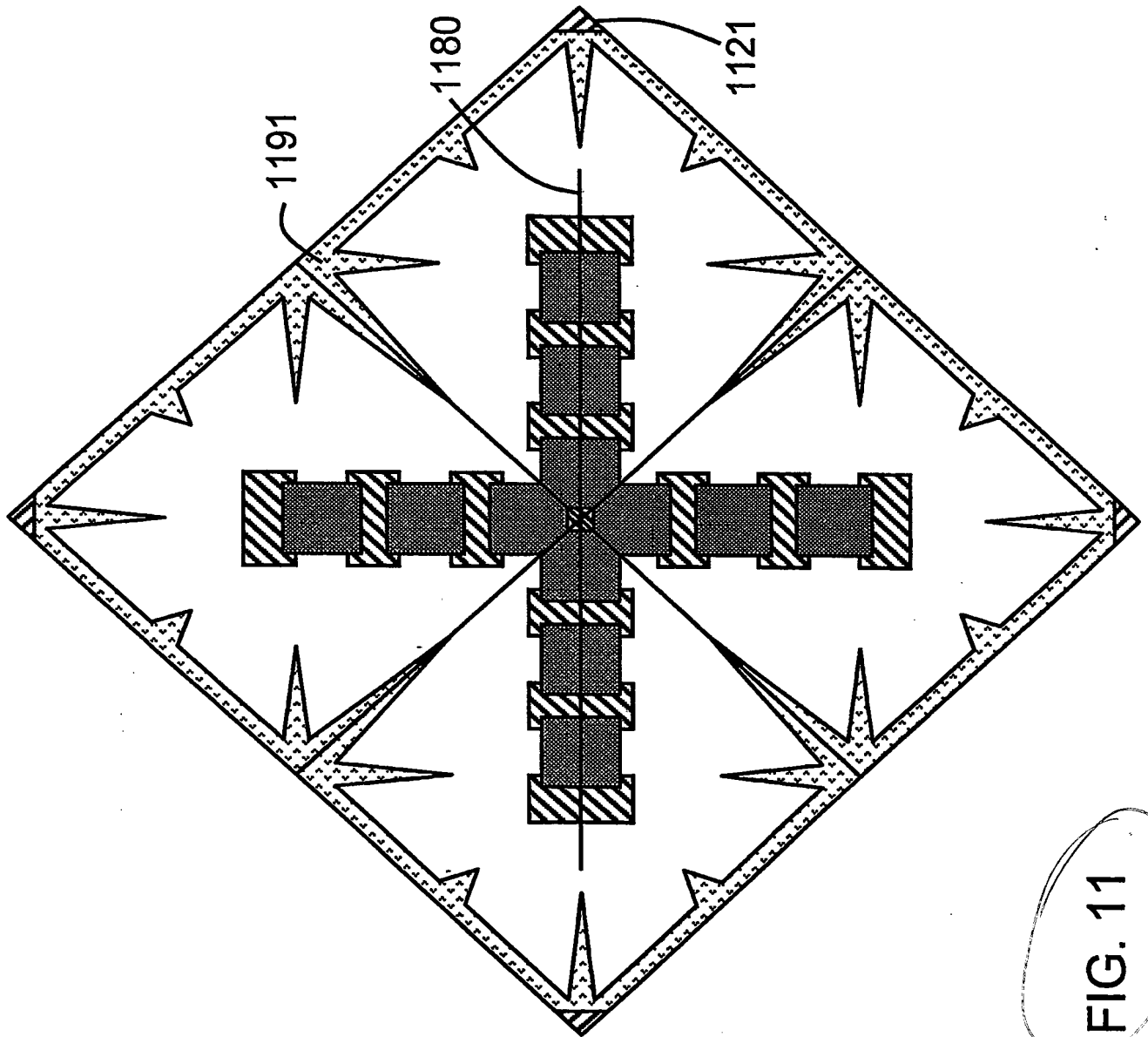


FIG. 11

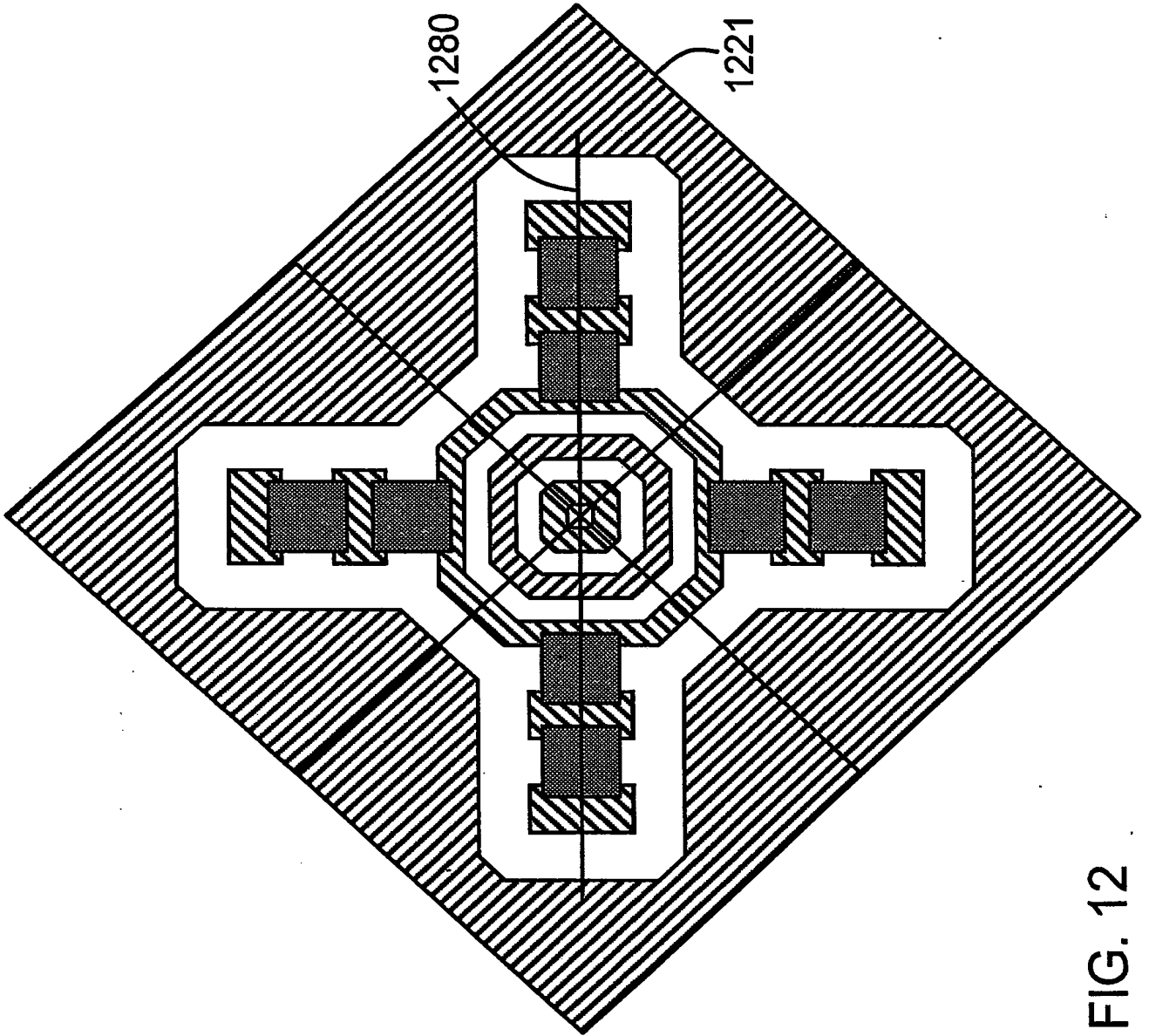


FIG. 12

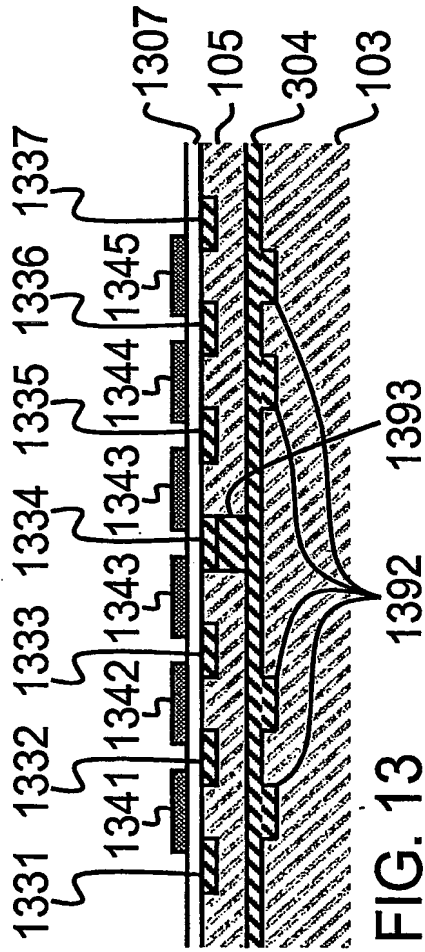


FIG. 13

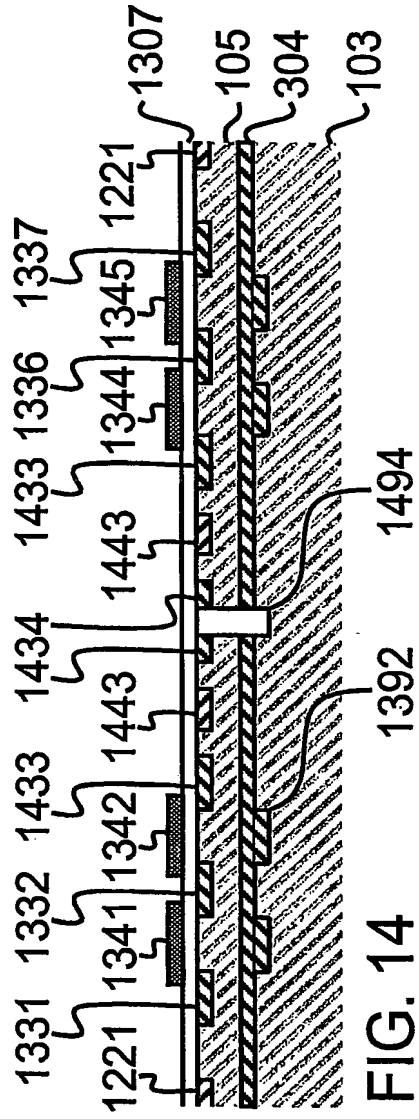


FIG. 14

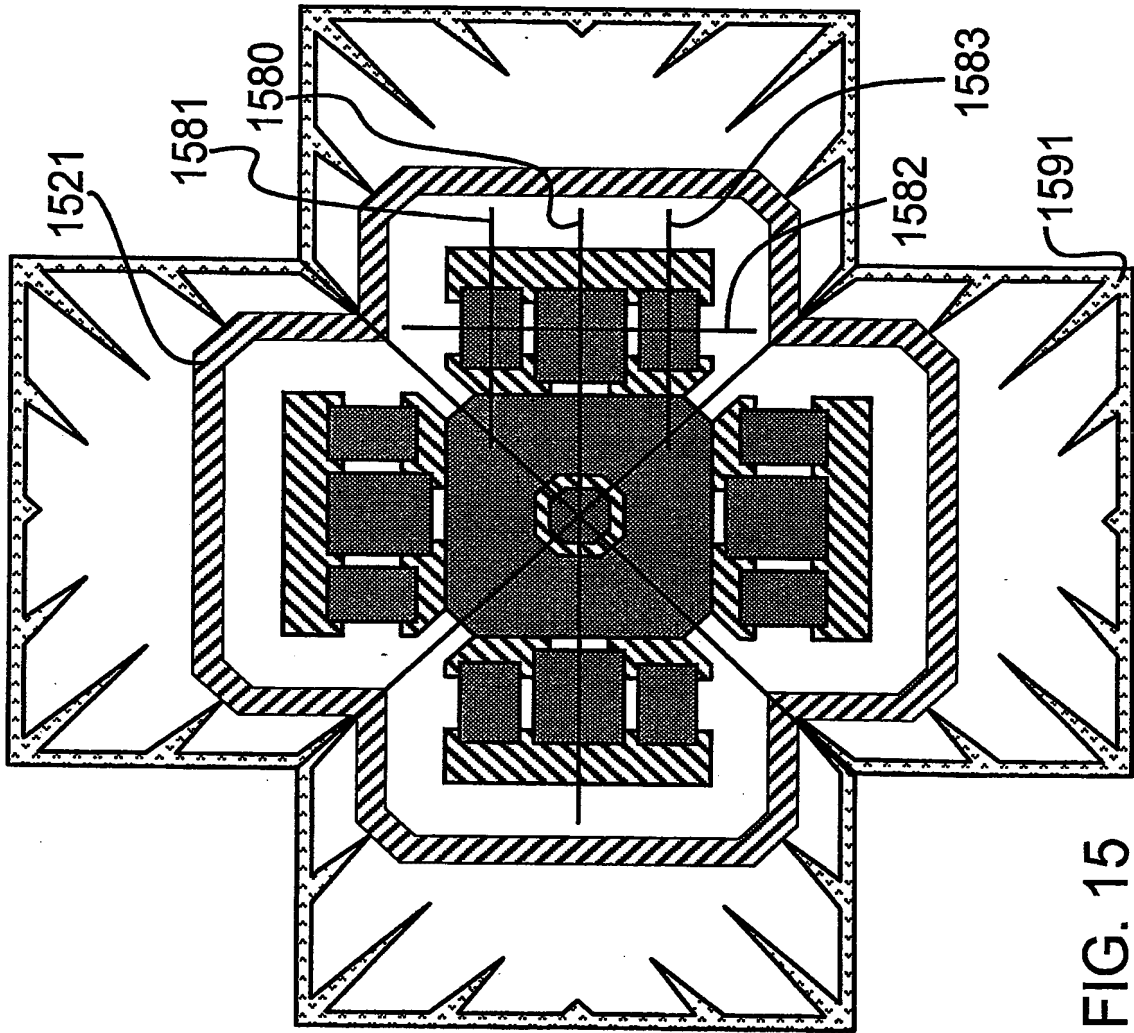


FIG. 15

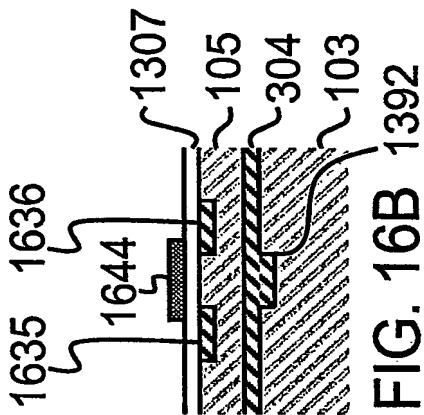


FIG. 16B 1392

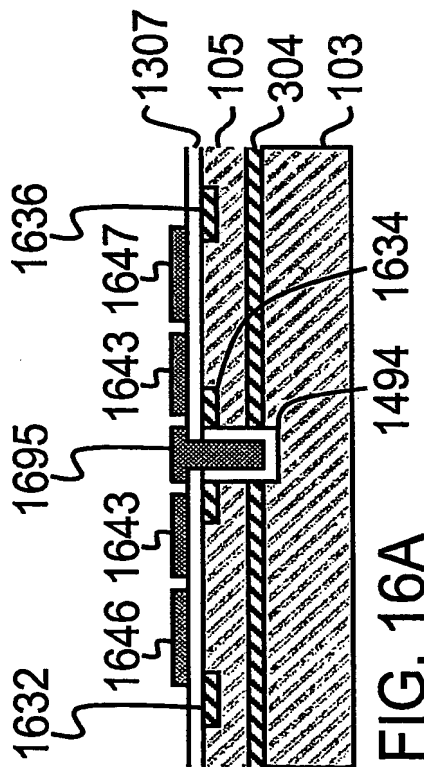


FIG. 16A

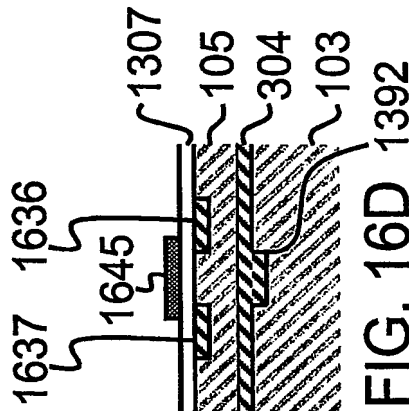


FIG. 16D 1392

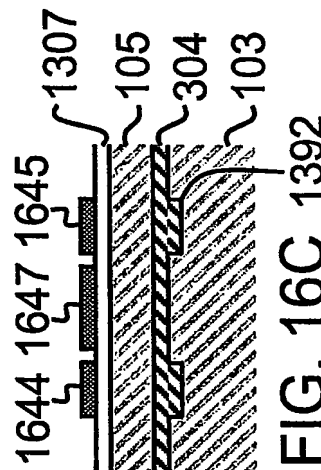


FIG. 16C 1392

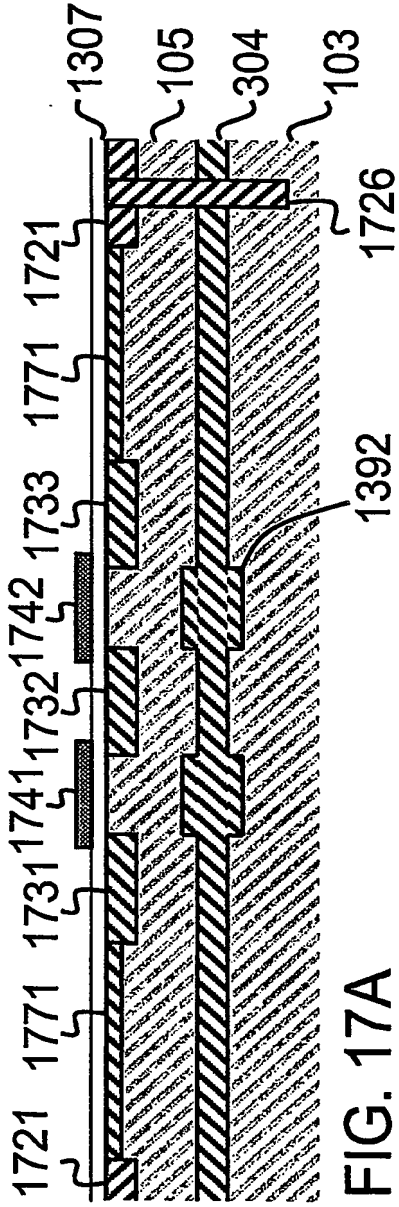


FIG. 17A

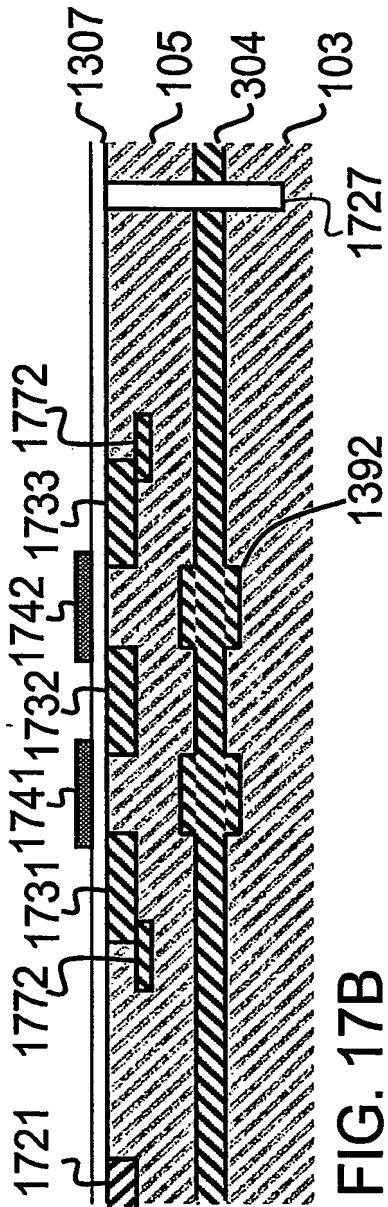


FIG. 17B

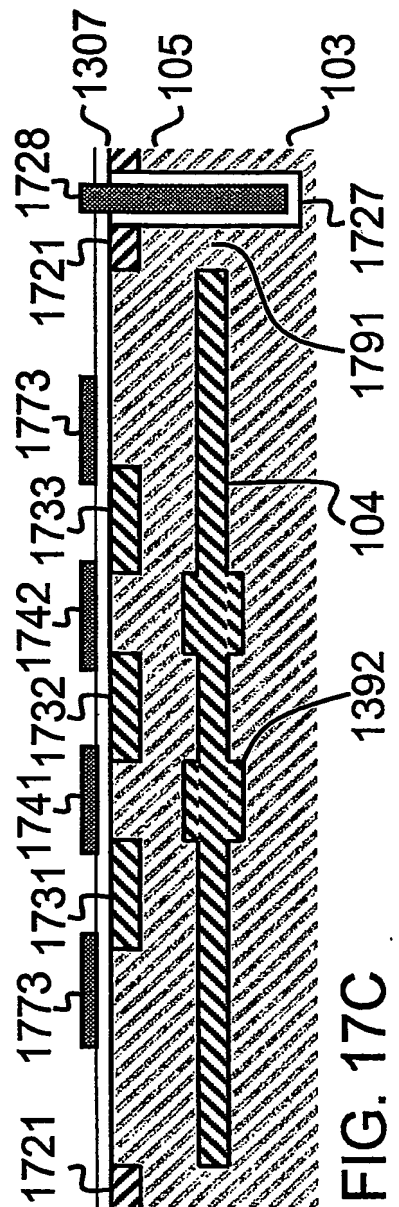


FIG. 17C

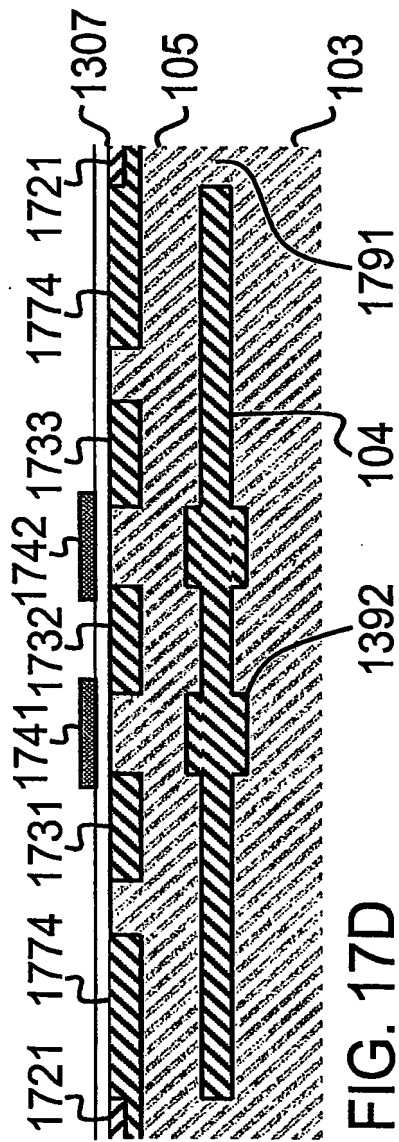


FIG. 17D

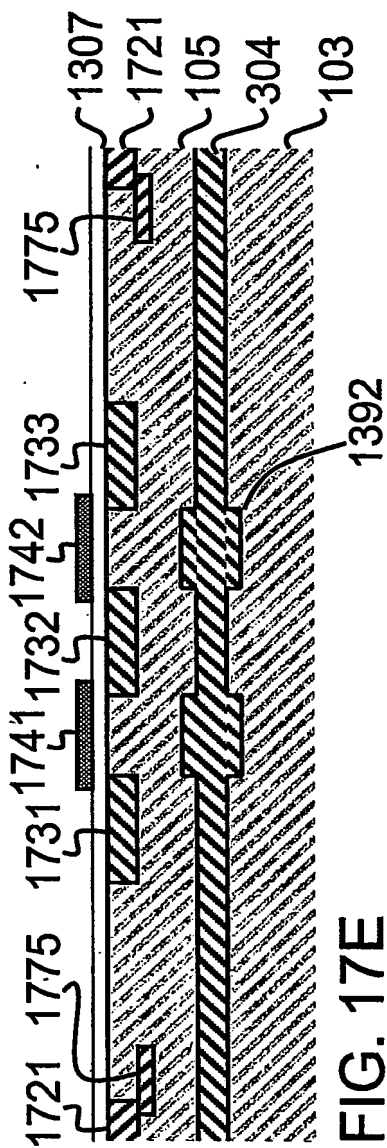


FIG. 17E

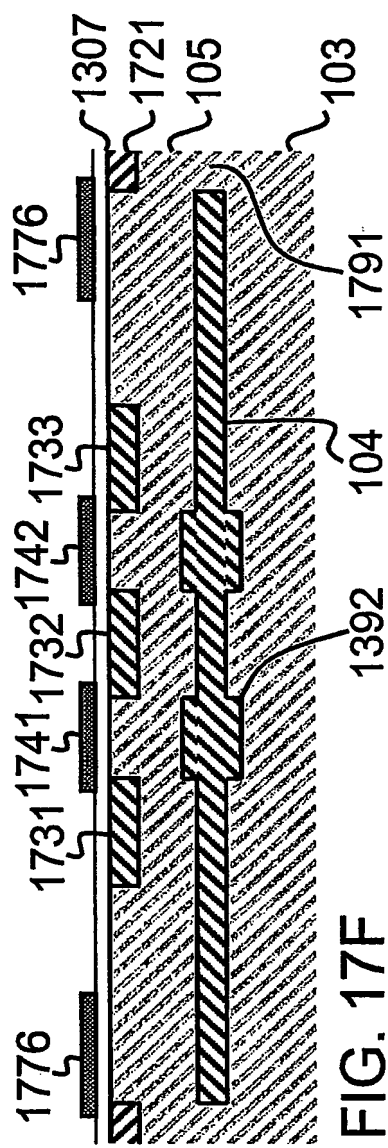
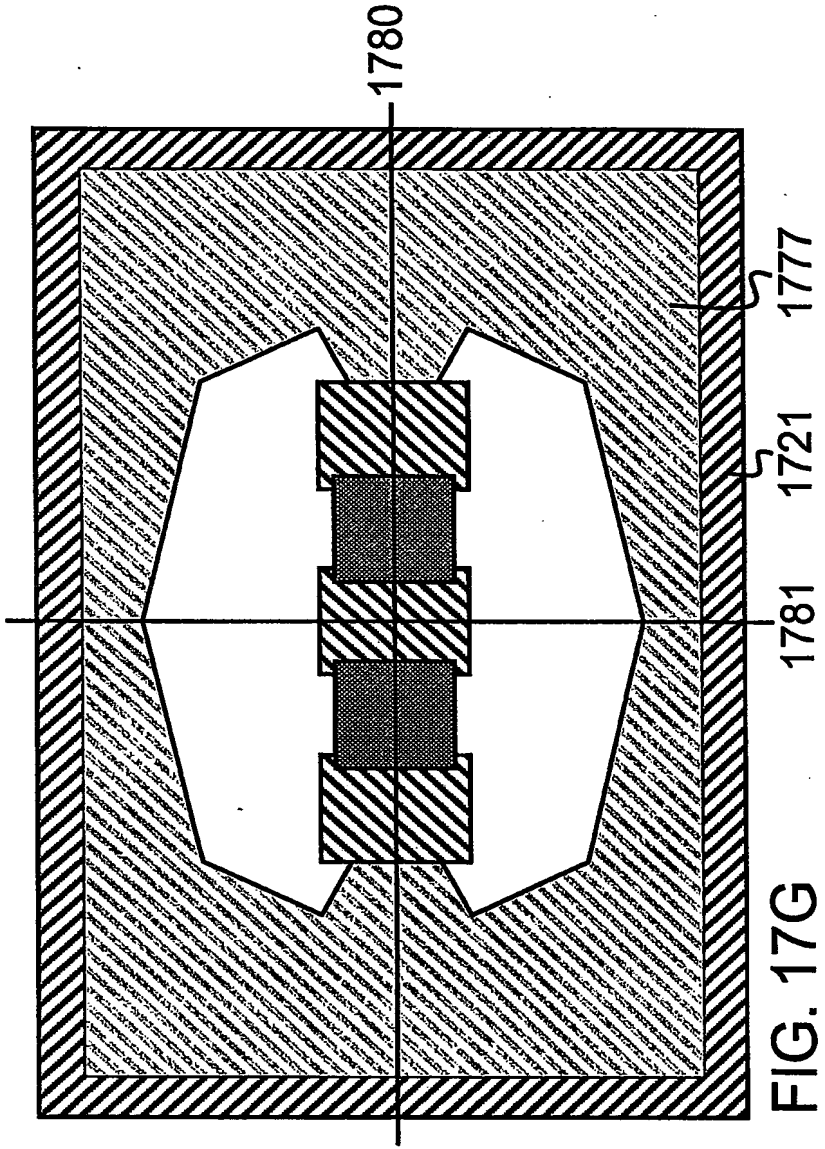


FIG. 17F



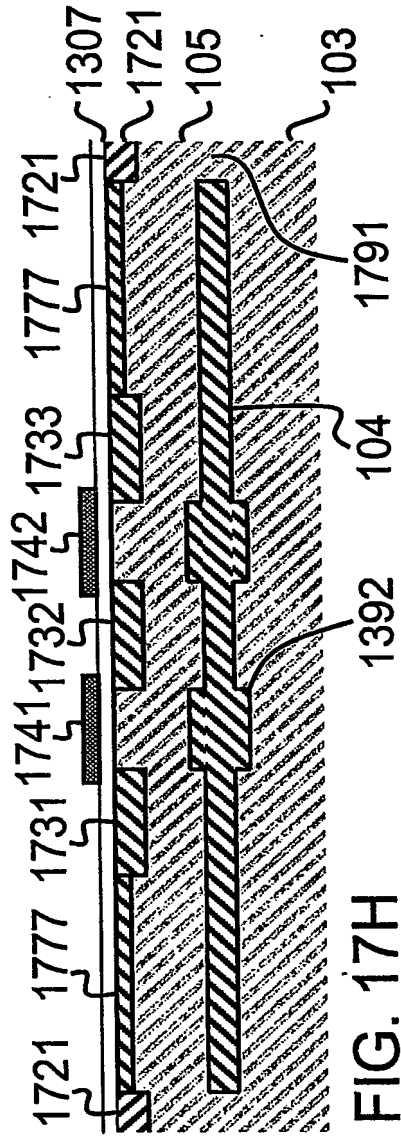


FIG. 17H

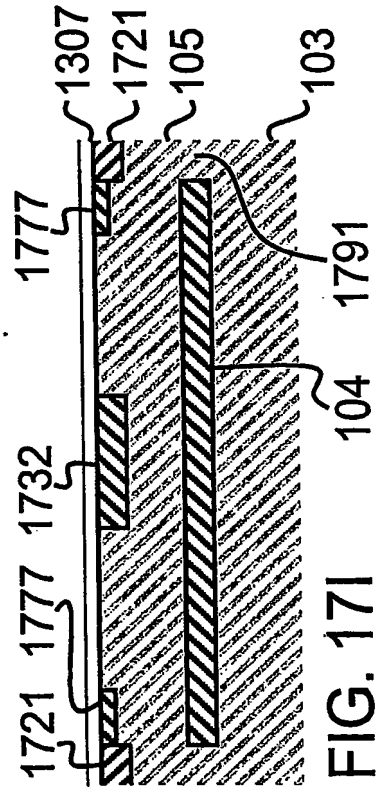


FIG. 17I

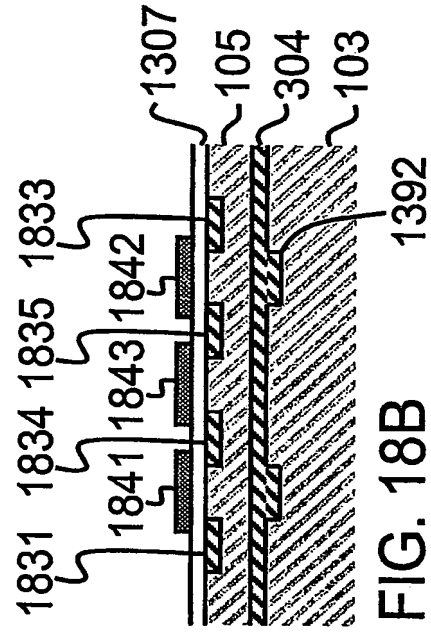


FIG. 18B

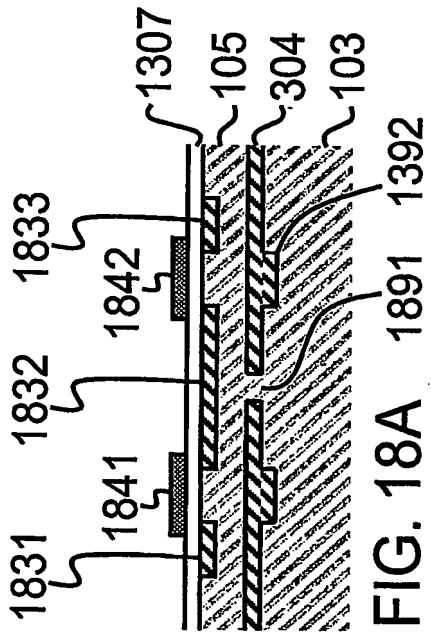


FIG. 18A

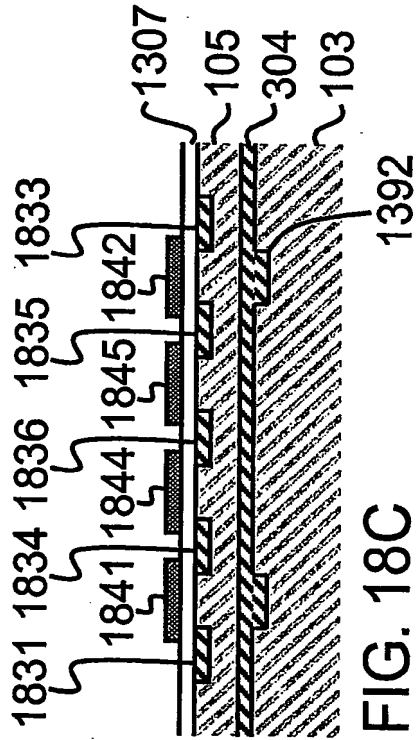


FIG. 18C

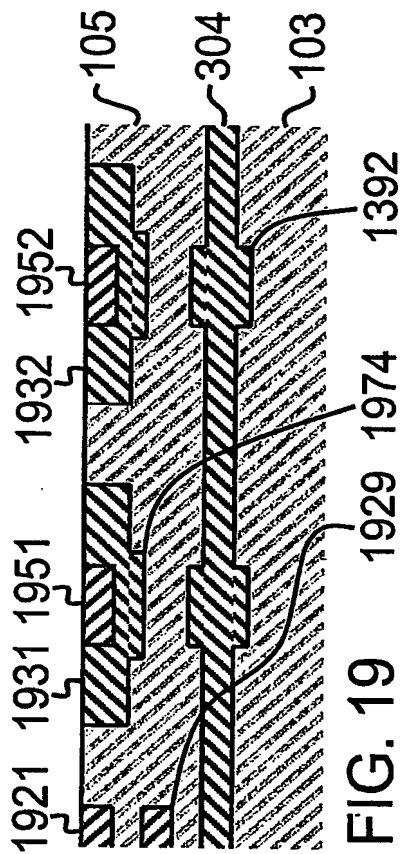


FIG. 19

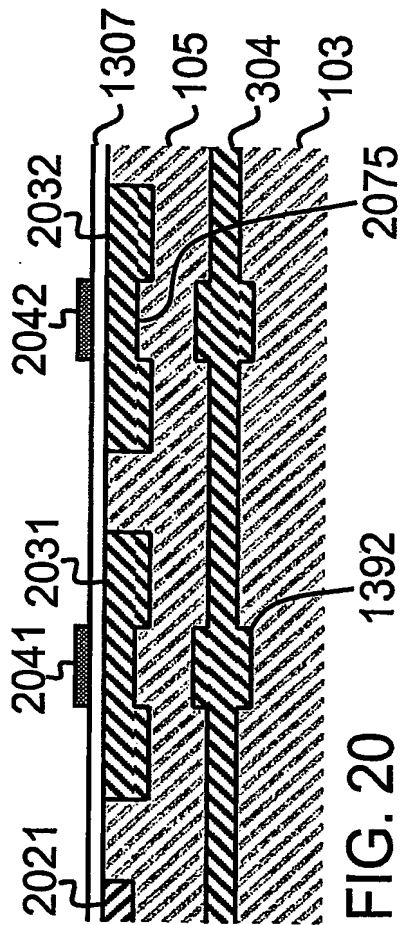


FIG. 20

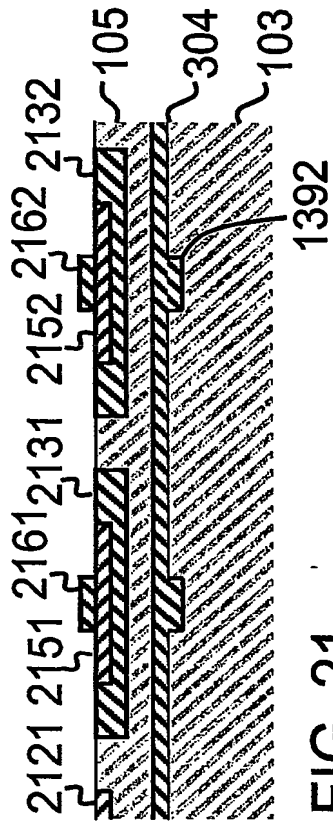


FIG. 21

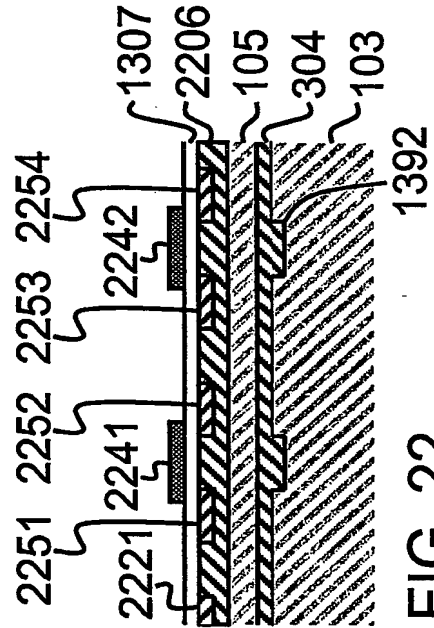


FIG. 22

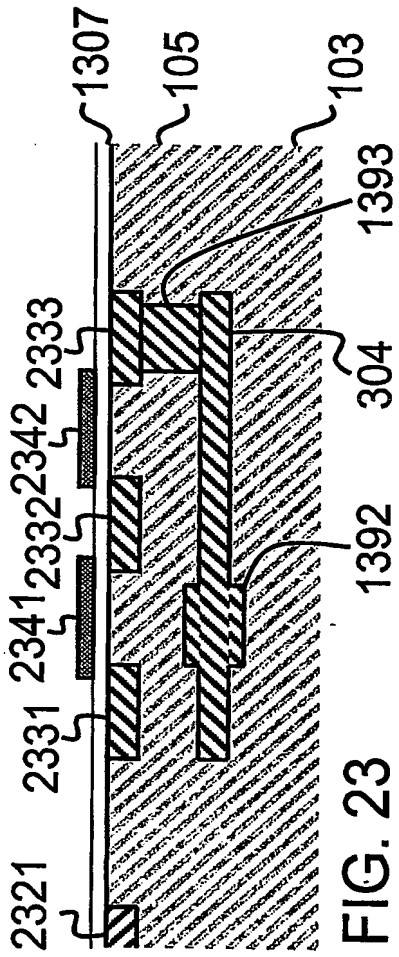


FIG. 23

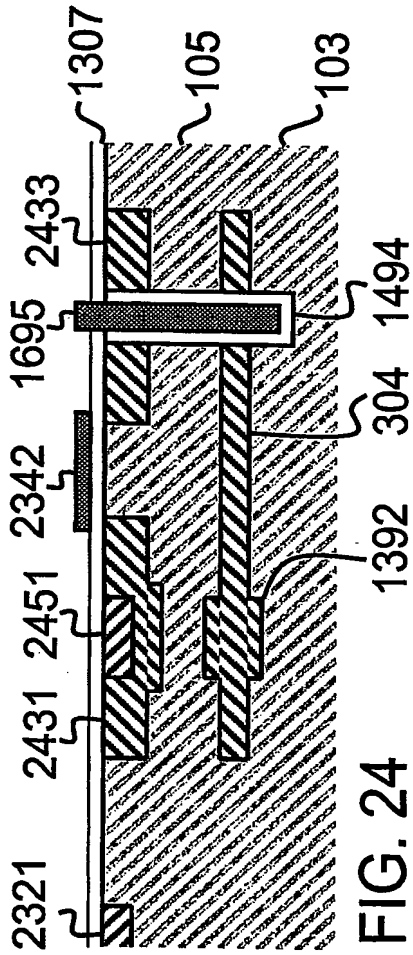


FIG. 24

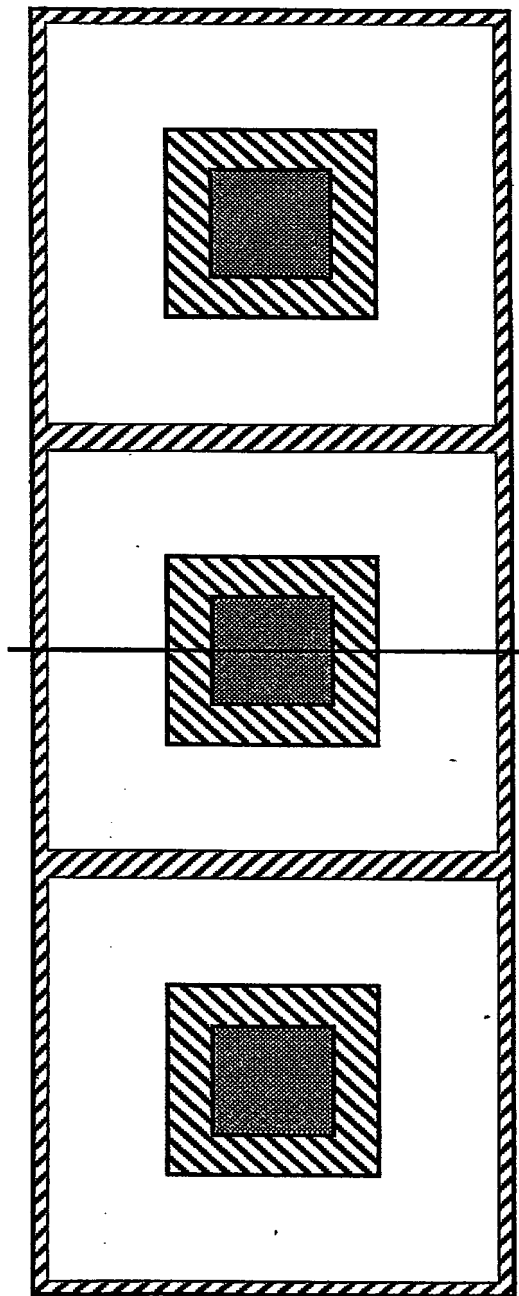


FIG. 25

2580

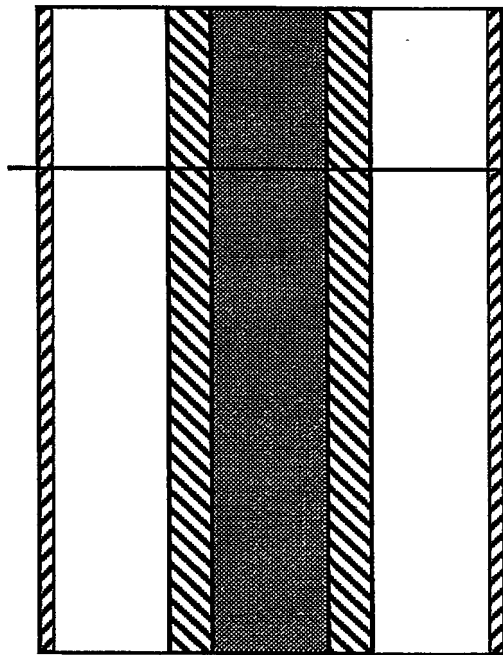


FIG. 26

2680



FIG. 27B

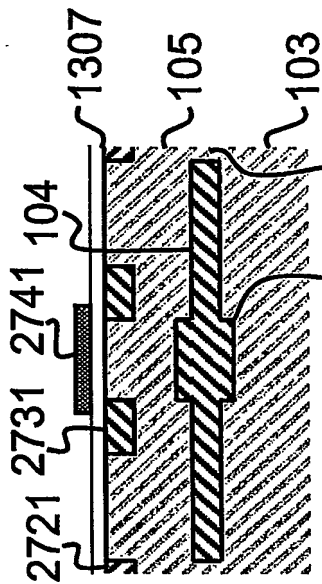


FIG. 27A

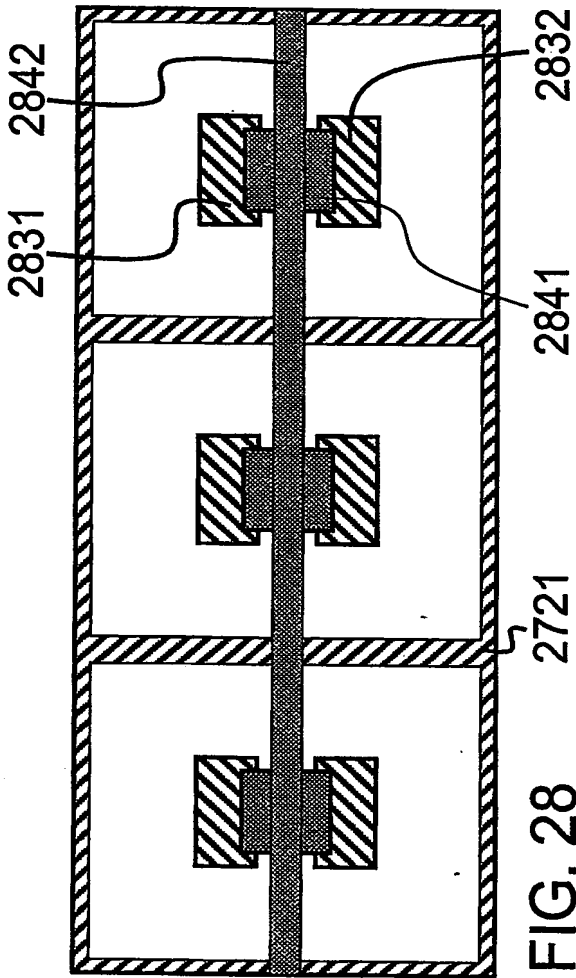


FIG. 28

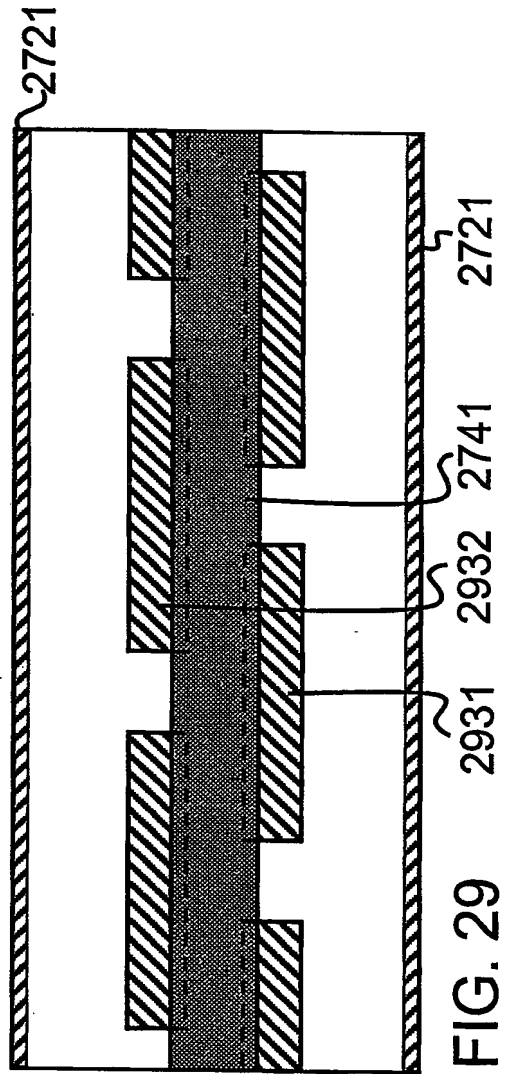


FIG. 29

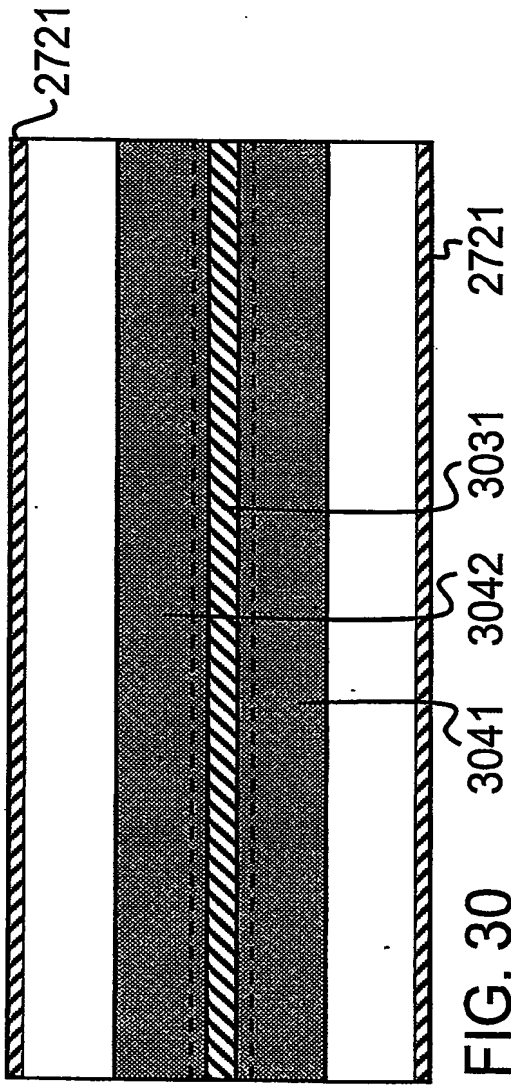


FIG. 30 3041 3042 3031 2721

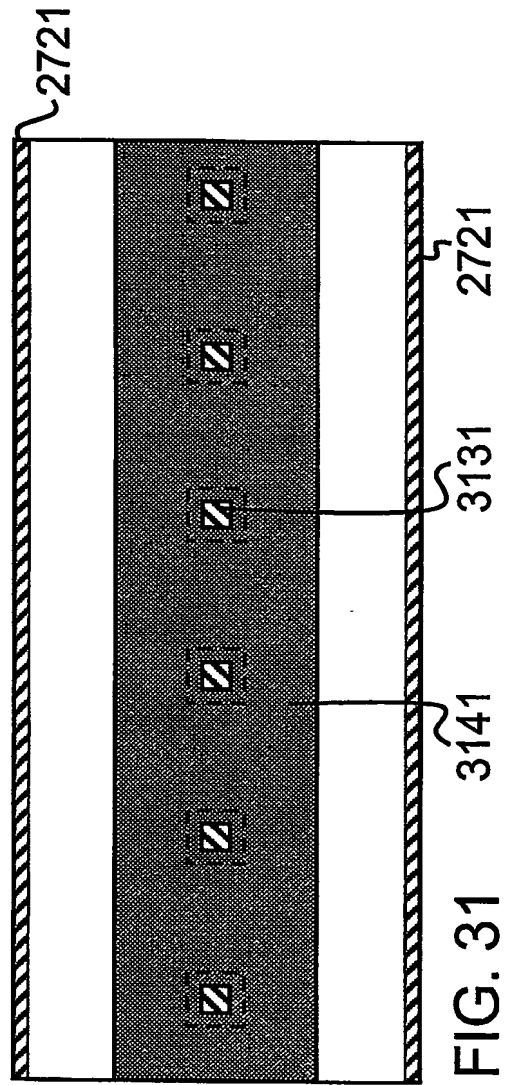


FIG. 31 3141 3131 2721



FIG. 32A

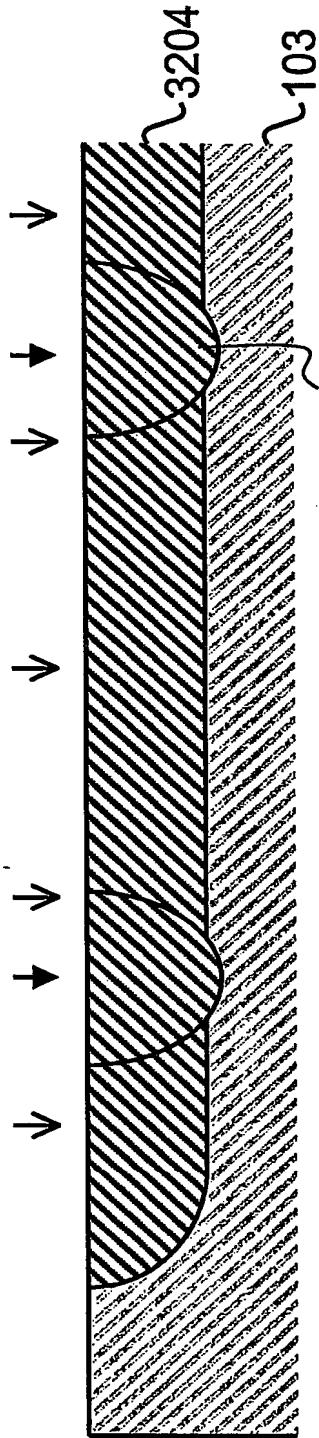


FIG. 32B

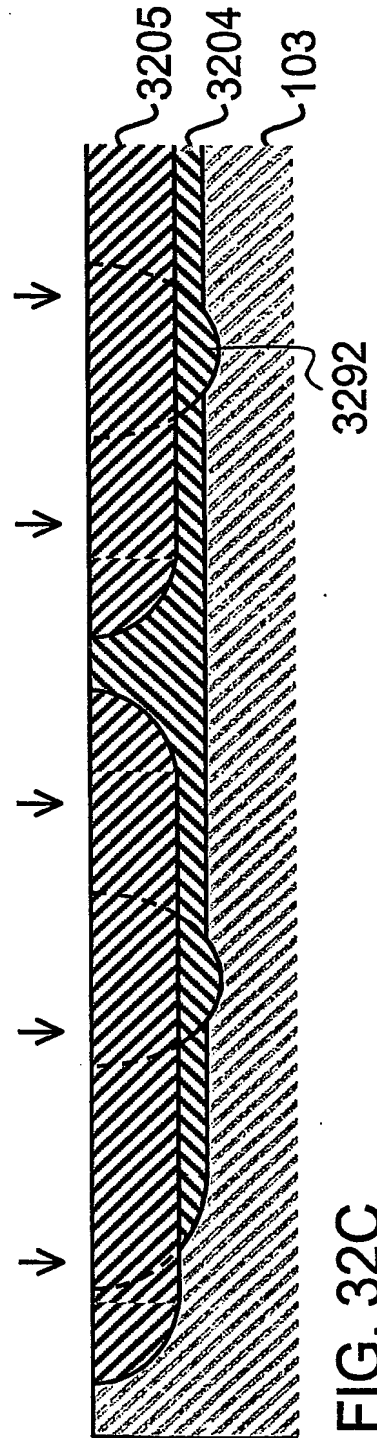
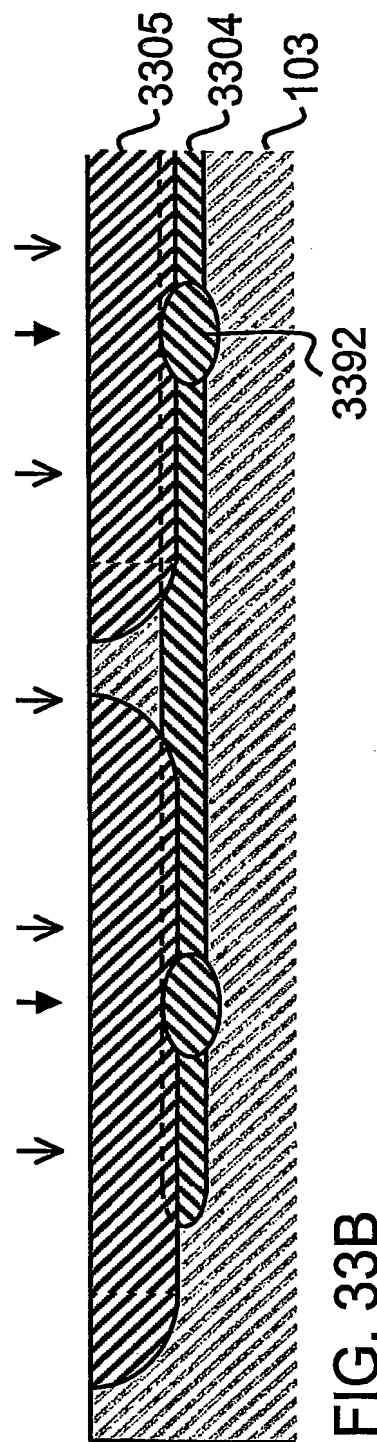
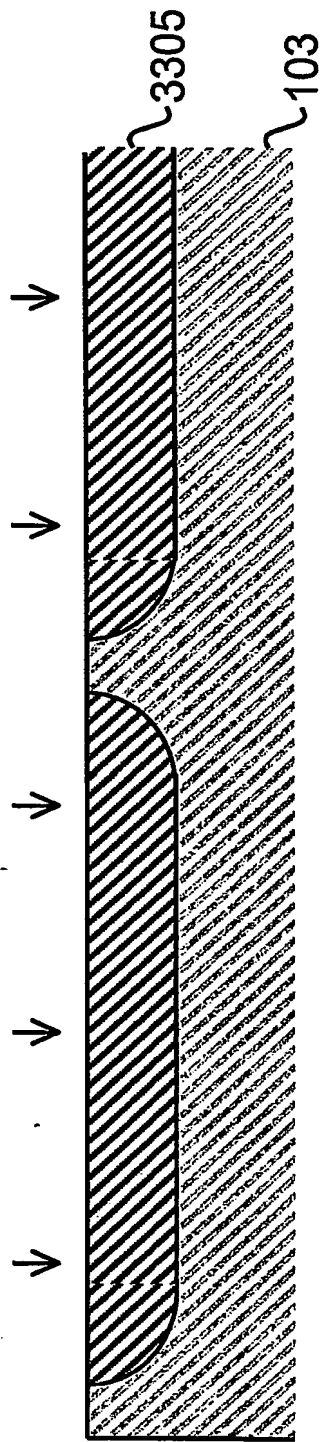
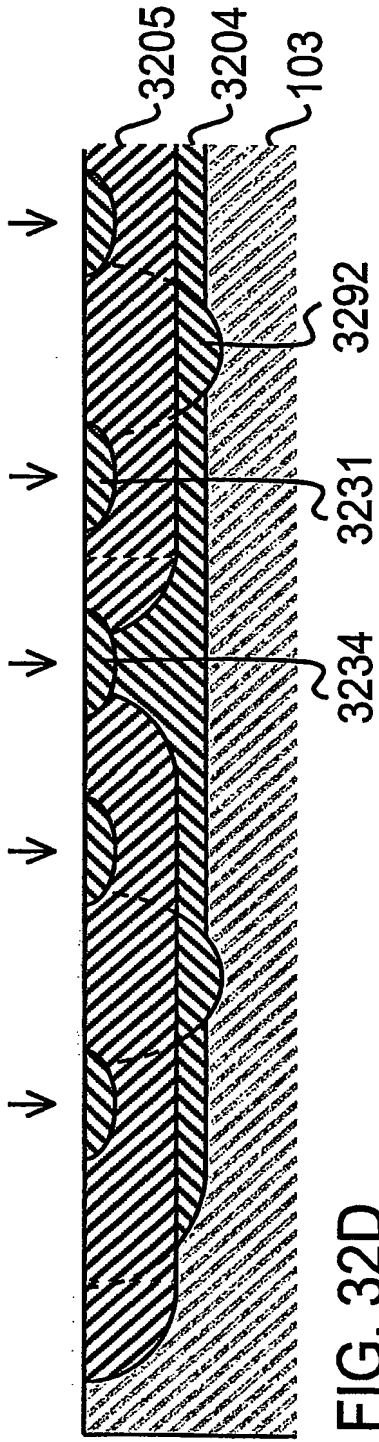


FIG. 32C



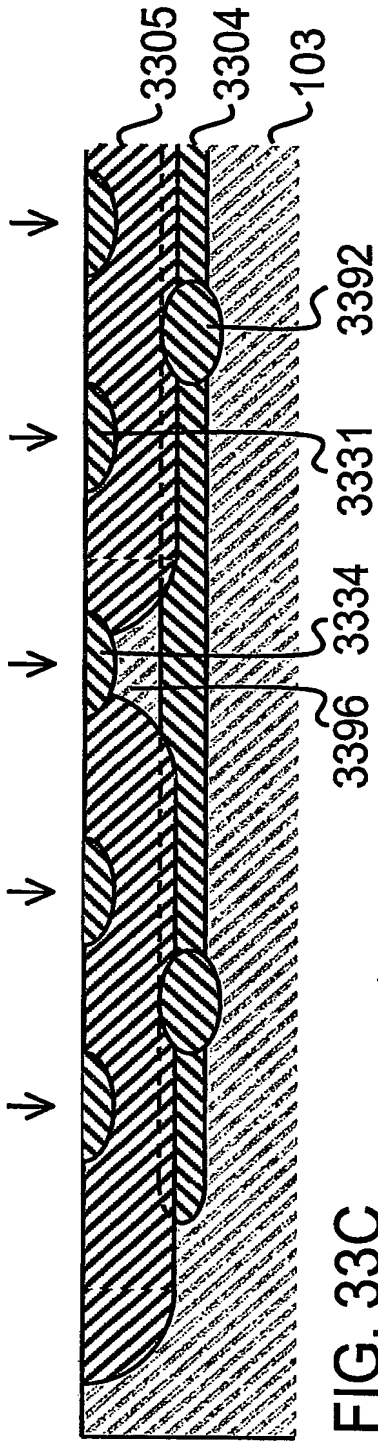


FIG. 33C

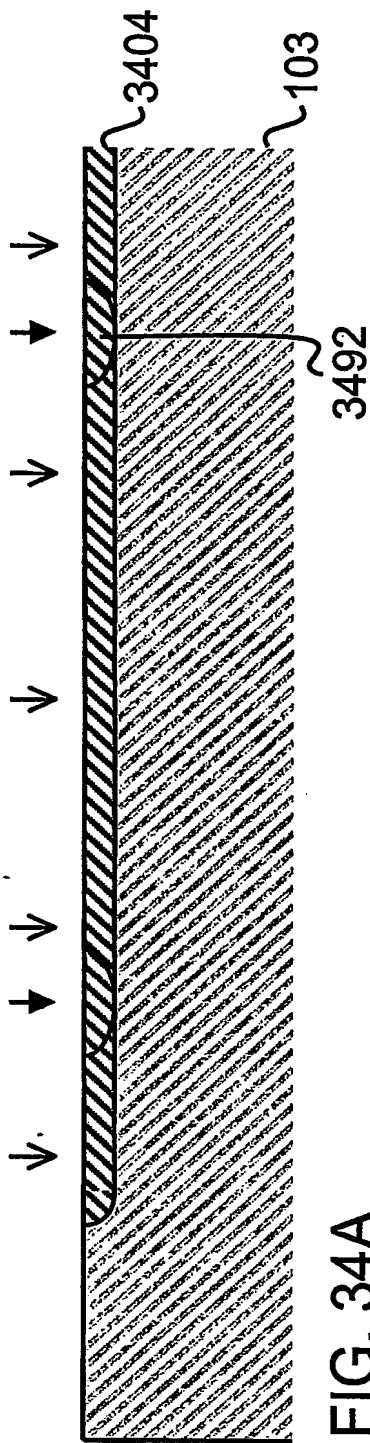


FIG. 34A

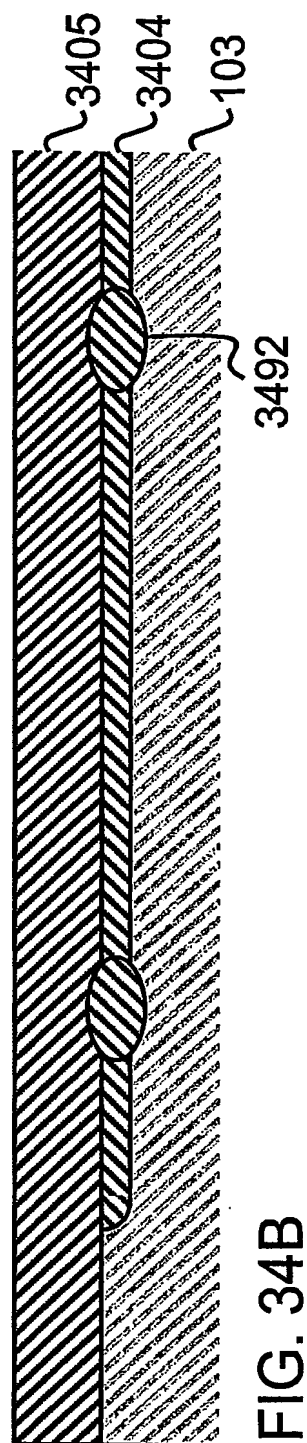


FIG. 34B

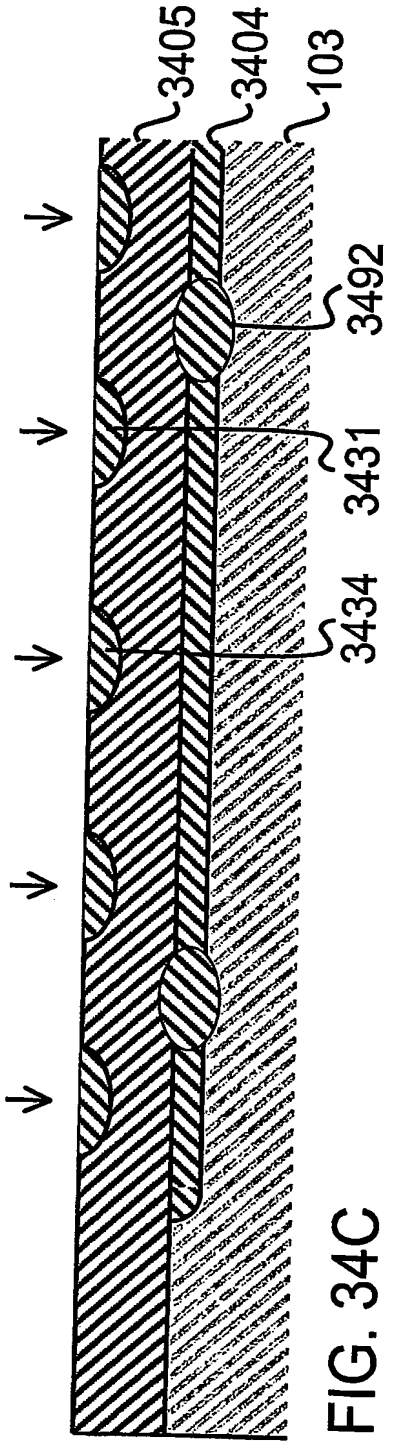


FIG. 34C

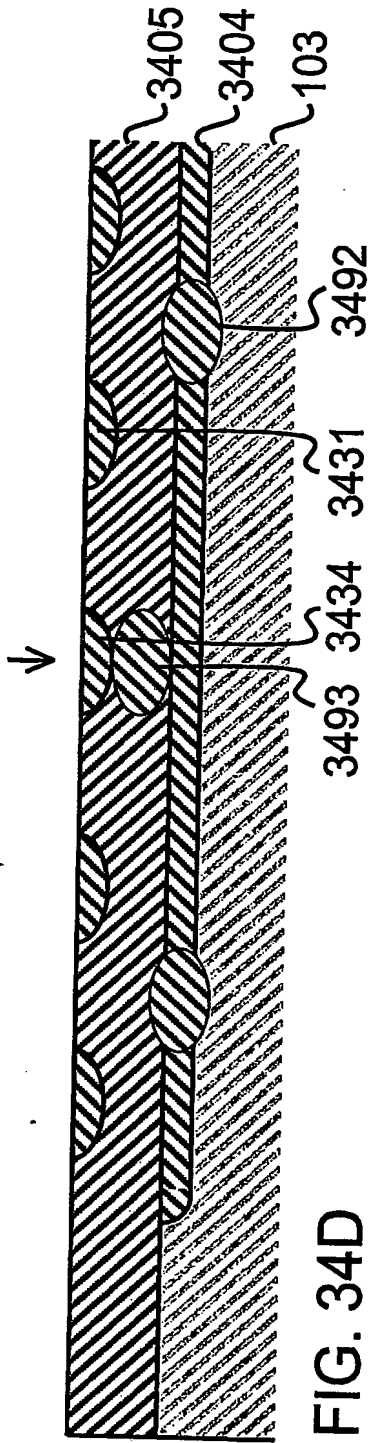


FIG. 34D

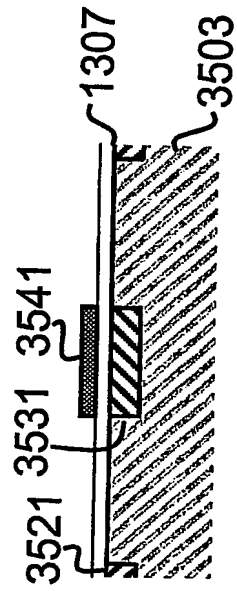


FIG. 35A, prior art

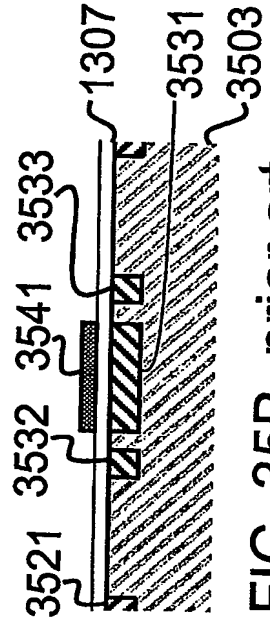


FIG. 35B, prior art

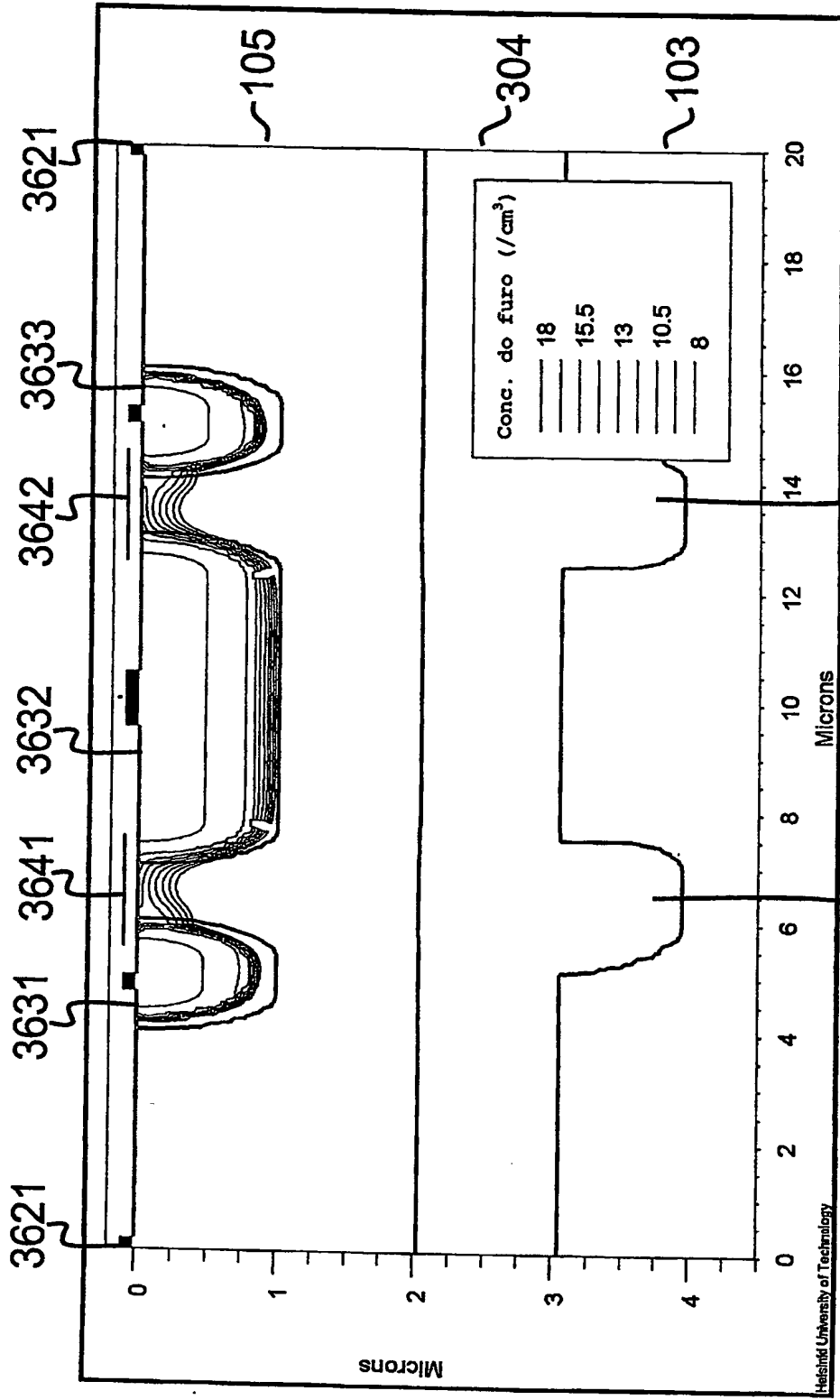


FIG. 36

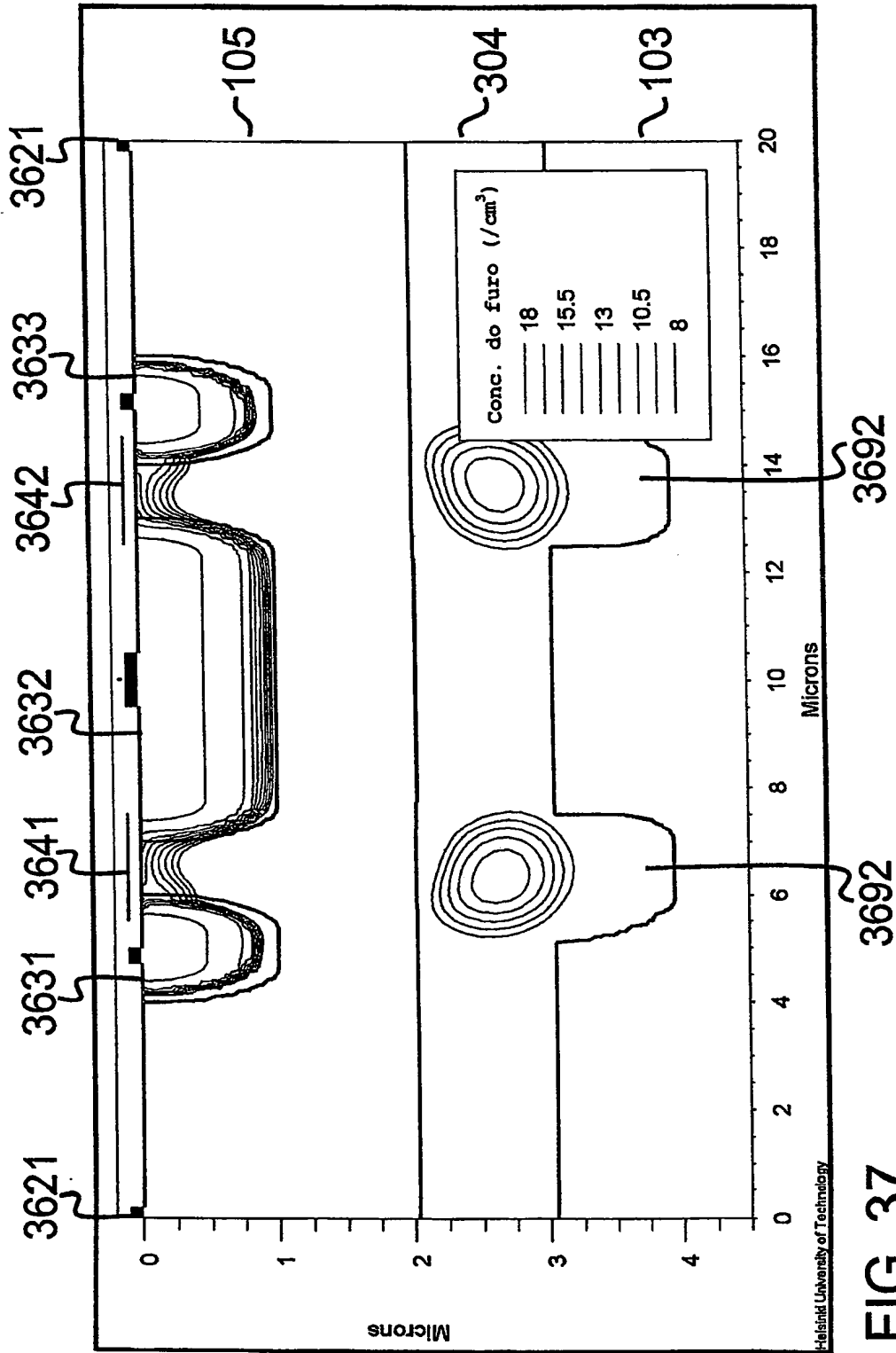


FIG. 37

Heisind University of Technology

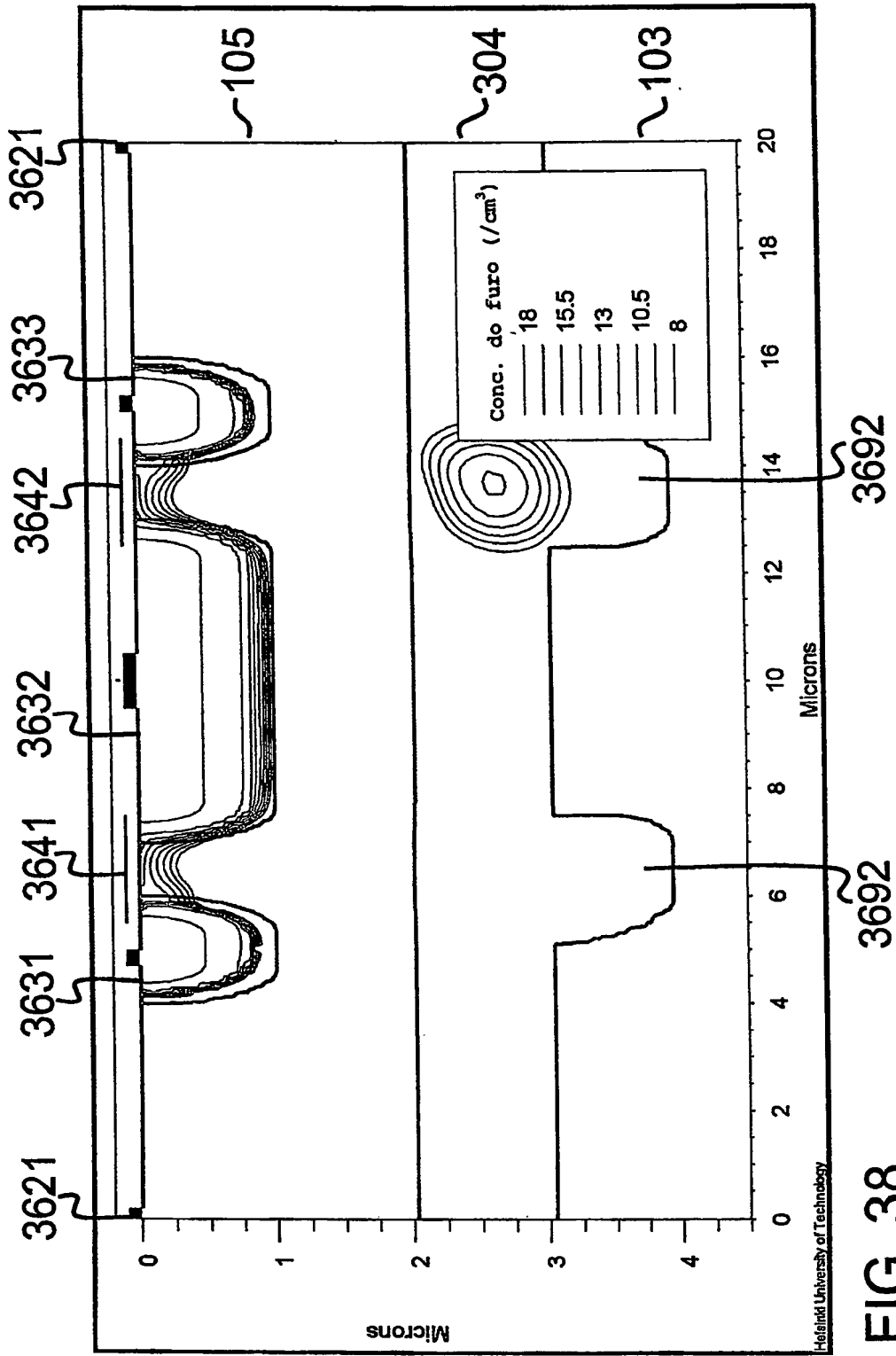


FIG. 38

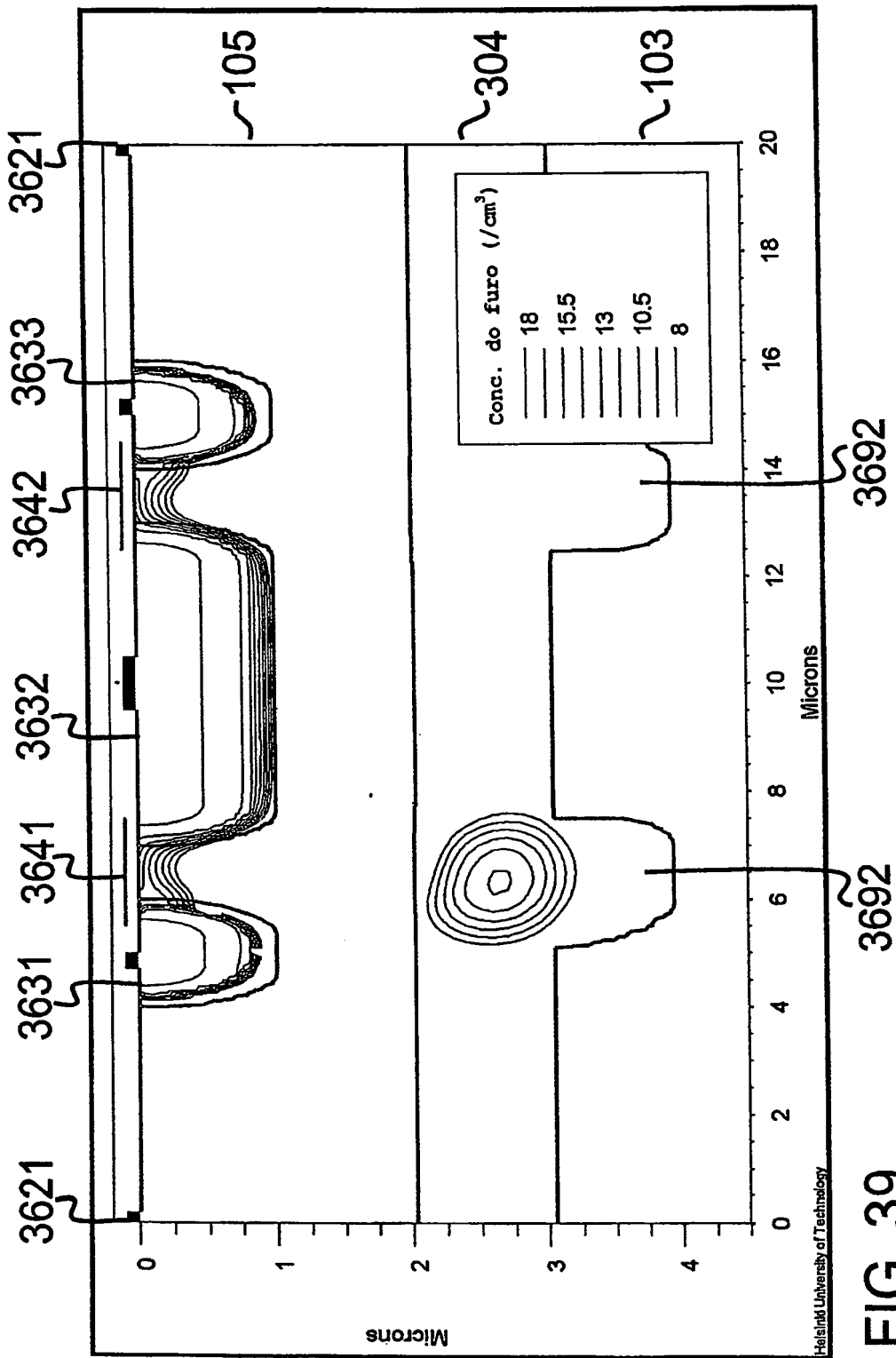


FIG. 39

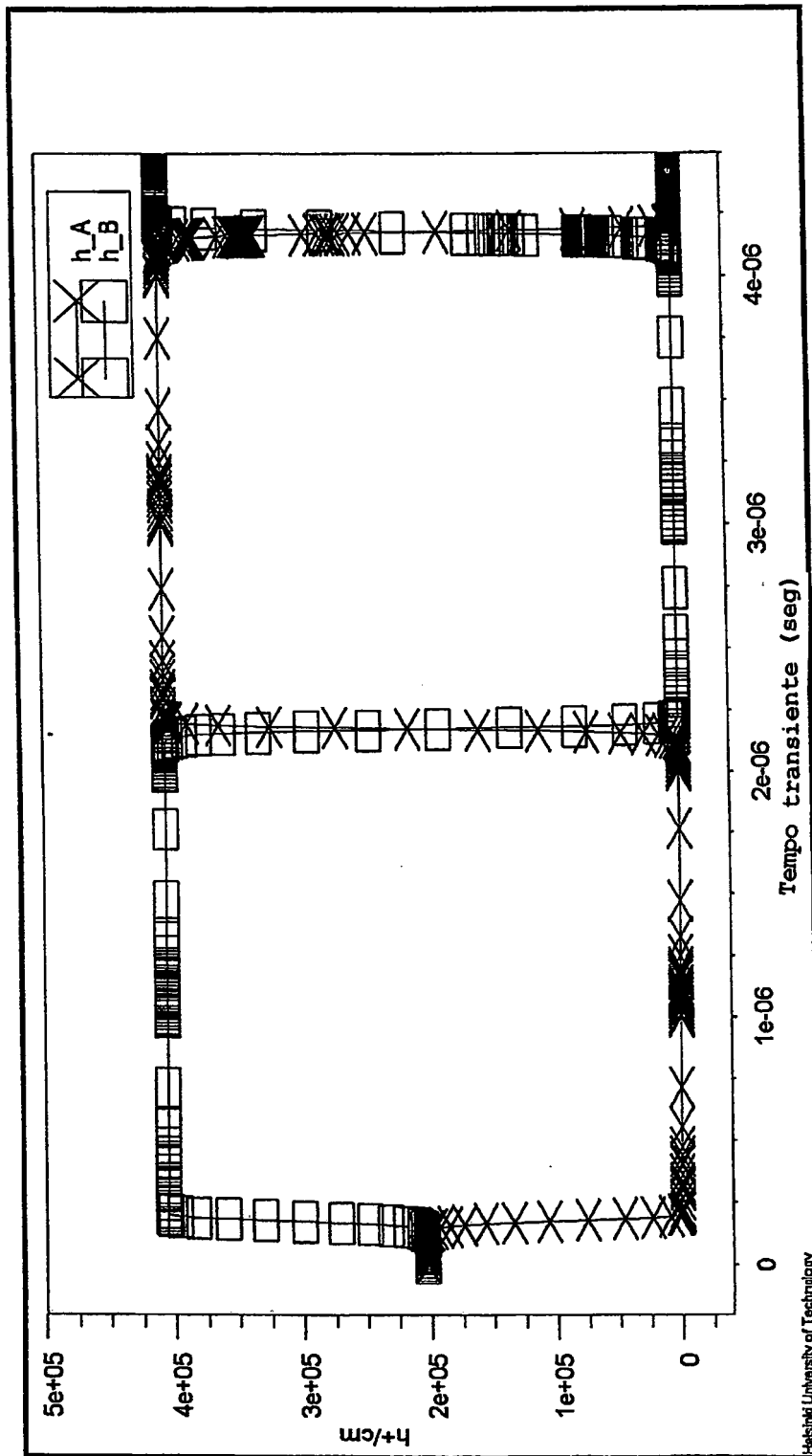
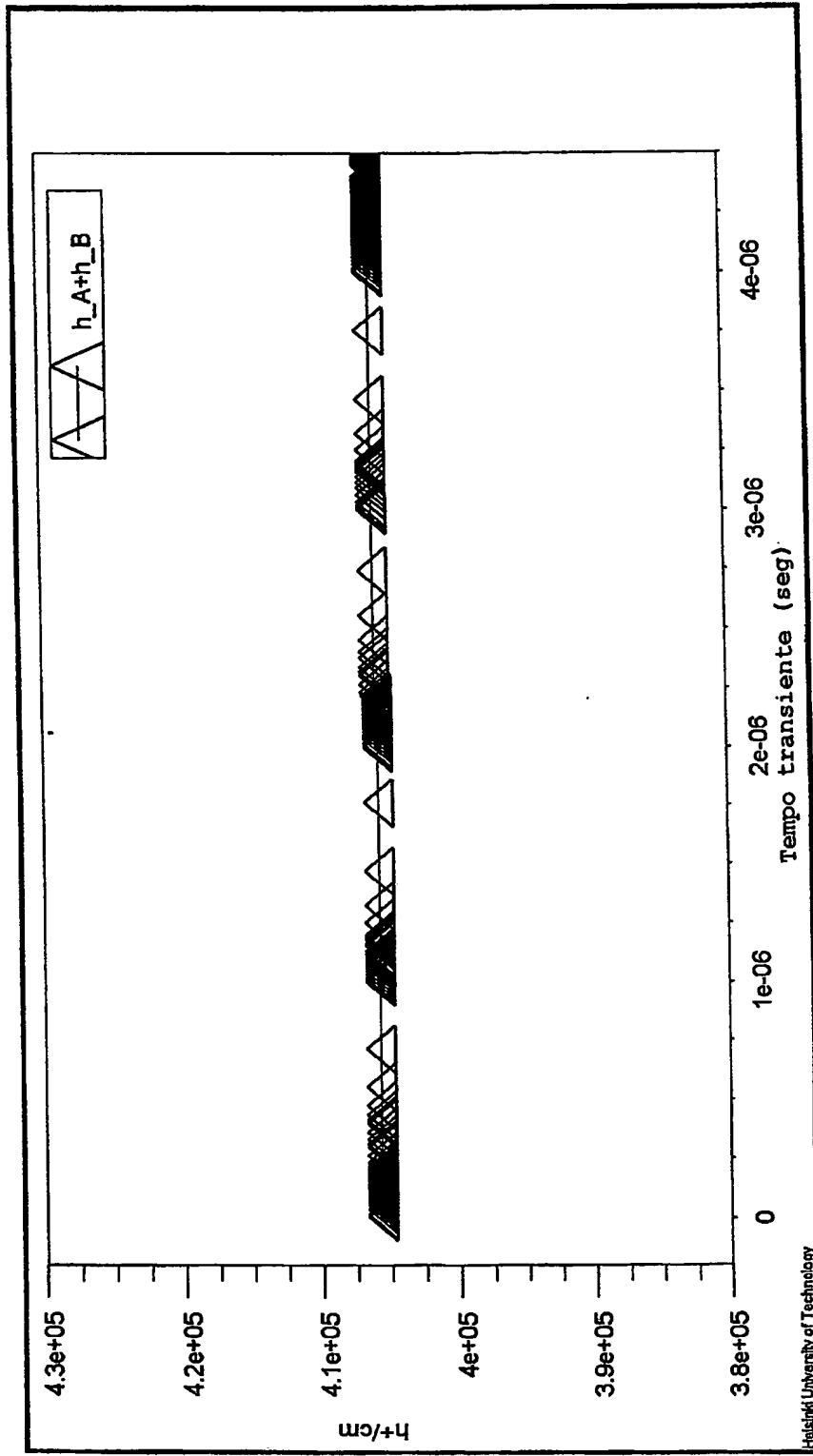


FIG. 40



Helsinki University of Technology

FIG. 41

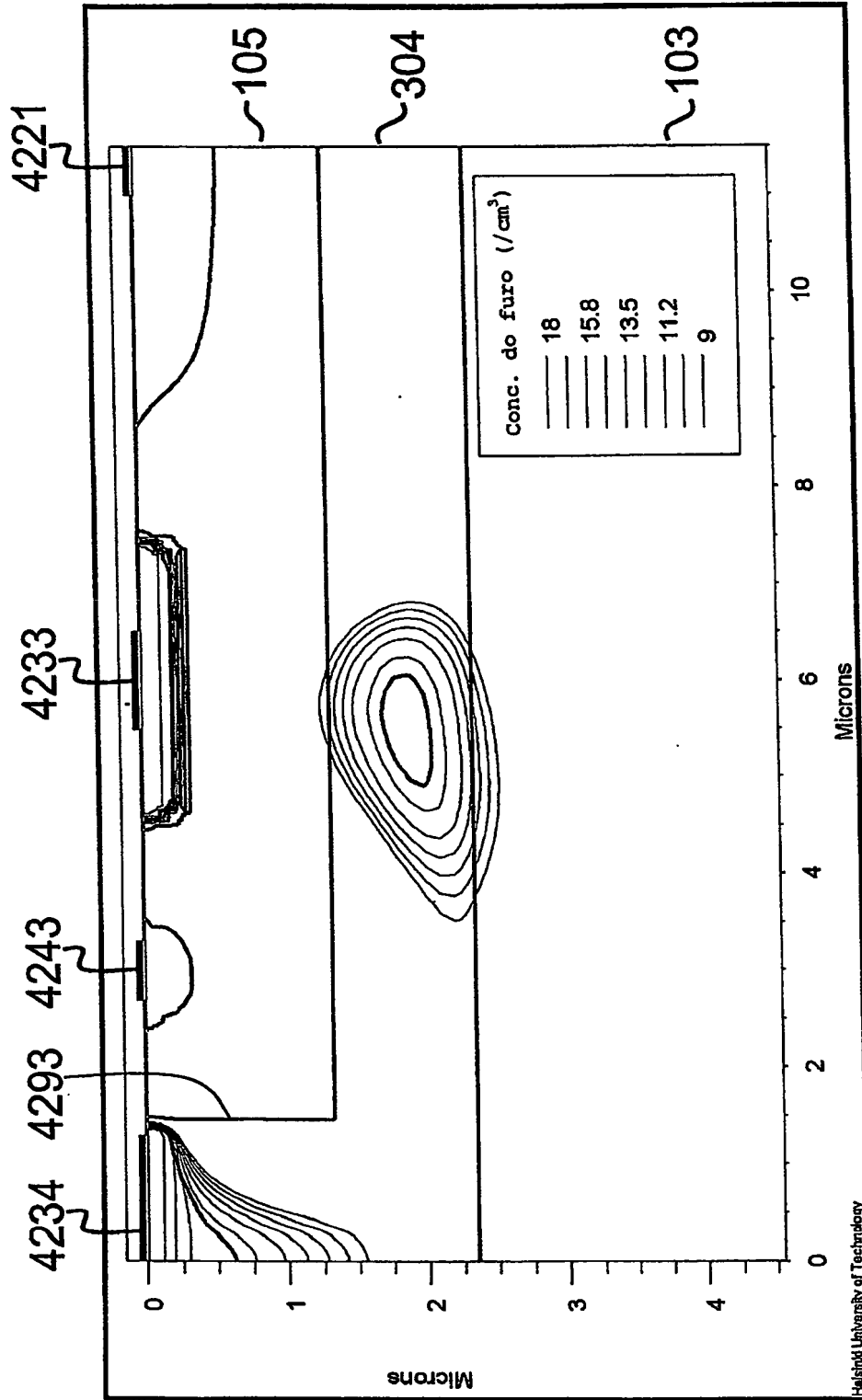


FIG. 42

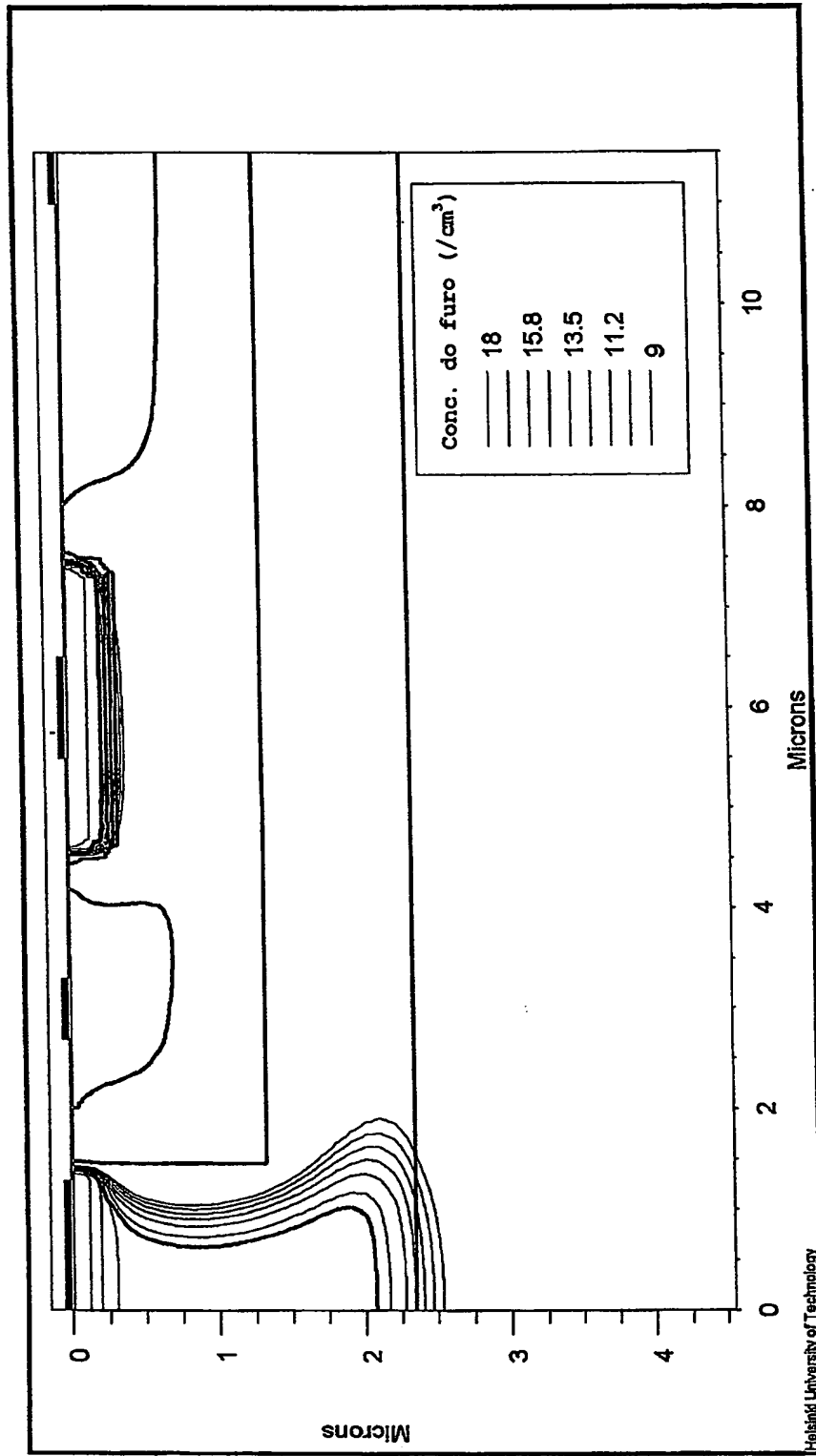


FIG. 43

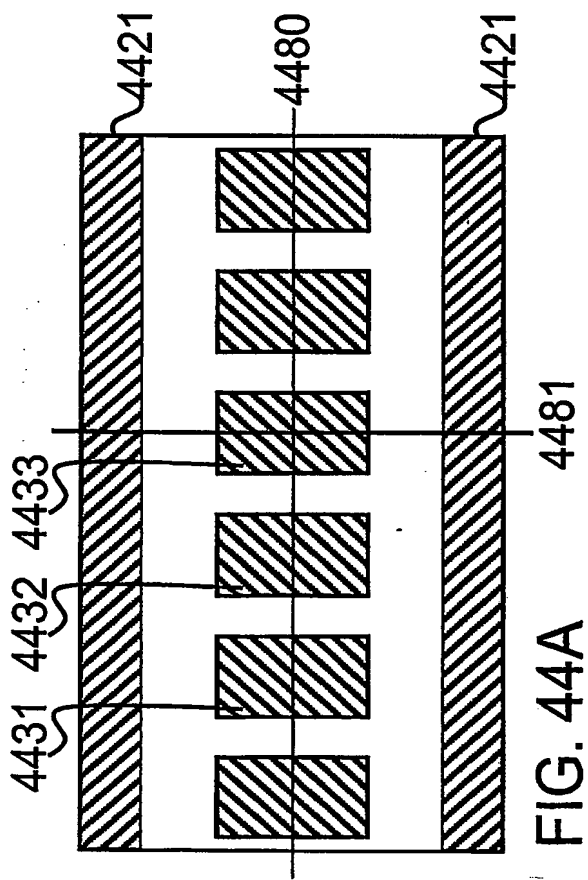


FIG. 44A

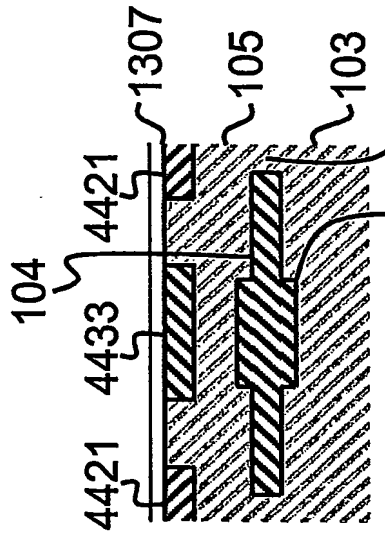


FIG. 44C

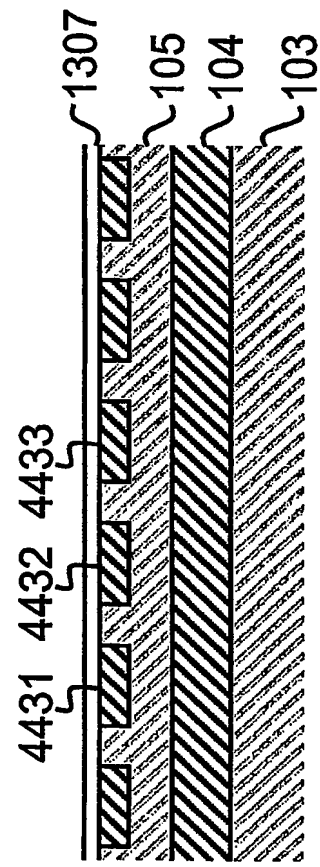


FIG. 44B

1791

RESUMO

**"DETECTOR DE RADIAÇÃO DE SEMICONDUTOR OTIMIZADO PARA
DETECÇÃO DE LUZ VISÍVEL"**

5 Um detector de radiação de semicondutor compreende uma
camada de massa de material semicondutor, e, em uma
primeira superfície da camada de massa na seguinte ordem:
uma camada de porta interna modificada de semicondutor de
segundo tipo de condutividade, uma camada de barreira de
10 semicondutor de primeiro tipo de condutividade, e dopagens
de pixel de semicondutor do segundo tipo de condutividade.
As voltagens de pixel são adaptadas para serem acopladas a
pelo menos uma voltagem de pixel de modo a criar pixels
correspondentes às dopagens de pixel. O dispositivo
15 compreende um primeiro tipo de condutividade de primeiro
contato. Referida voltagem de pixel é definida como uma
diferença de potencial entre a dopagem de pixel e o
primeiro contato. A camada de massa é do tipo de primeira
condutividade. Em uma segunda superfície da camada de massa
20 oposta à primeira superfície, existe uma camada lateral
traseira não-condutiva que transportaria cargas secundárias
externas à área ativa do dispositivo, ou funcionaria como
uma janela de entrada de radiação.