



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1008737-0 B1



(22) Data do Depósito: 04/02/2010

(45) Data de Concessão: 29/10/2019

(54) Título: MÉTODO PARA FABRICAR ELEMENTO SEMICONDUTOR

(51) Int.Cl.: H01L 21/301; B23K 26/00; B23K 26/073; B23K 26/38; B28D 5/00.

(30) Prioridade Unionista: 25/02/2009 JP 2009-041966.

(73) Titular(es): NICHIA CORPORATION.

(72) Inventor(es): HIROAKI TAMEMOTO.

(86) Pedido PCT: PCT JP2010051557 de 04/02/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/098186 de 02/09/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 25/08/2011

(57) Resumo: MÉTODO PARA FABRICAR ELEMENTO SEMICONDUTOR A presente invenção refere-se a um método para fabricar um elemento semicondutor da presente invenção que tem: uma etapa de irradiação de laser de focalizar um feixe de laser pulsado dentro de um substrato constituindo uma pastilha, formando assim uma pluralidade de partes processadas isoladas ao longo de uma linha divisória pretendida dentro do substrato, e criando uma fissura que se desenvolve a partir das partes produzidas adjacentes; e uma etapa de divisão de pastilha de dividir a pastilha ao longo da linha divisória pretendida.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO PARA FABRICAR ELEMENTO SEMICONDUTOR**".

Campo da Técnica

A presente invenção refere-se a um método para fabricar um elemento semiconductor, e mais particularmente refere-se a um método de fabricação de elemento semiconductor compreendendo uma etapa de dividir uma pastilha que inclui um substrato.

Antecedentes da Técnica

A fabricação de um elemento semiconductor inclui uma etapa de dividir uma pastilha em elementos de *chips*, e um método no qual ranhuras de separação são formadas com um cortador, divisor, ou semelhante e as peças rompidas em pedaços têm sido usadas para dividir estes elementos de *chips*. Um método tem sido proposto nos últimos anos no qual um feixe de laser é usado em vez de um cortador ou divisor para formar ranhuras de separação ou semelhante, e os *chips* são então quebrados em pedaços, mas com um método no qual uma pastilha é aquecida e fundida ao ser irradiada com um feixe de laser, os lugares que são fundidos e então se solidificam novamente se tornam descolorados, e isto diminui o brilho de um elemento emissor de luz, e assim um método tem sido proposto no qual um feixe de laser pulsado com uma pequena largura de pulso é usado para trabalhar a pastilha. Usar um feixe de laser pulsado com uma pequena largura de pulso permite que o trabalho seja executado livre de descoloração porque ele envolve absorção de múltiplos fótons em vez de fusão, e assim existe menos diminuição no brilho de um elemento emissor de luz.

Tal como mostrado na figura 12, um método que tem sido proposto para dividir elementos de *chips* usa um feixe de laser pulsado com uma pequena largura de pulso, no qual uma região de modificação 41 é formada por meio de irradiação de laser em uma região correspondendo a uma linha divisória pretendida dentro de um substrato 40 provido com uma camada semicondutora 42, e os *chips* são quebrados ao longo desta linha (JP-2008-6492-A).

Também, tal como mostrado na figura 13, um outro método tem

sido proposto no qual uma pluralidade de níveis dos componentes modificados 51 é formada por irradiação de laser dentro de um substrato 50 provido com uma camada semicondutora 52, e uma ranhura contínua 53 é formada por irradiação de laser na superfície do substrato 50, de maneira que os elementos semicondutores emissores de luz são separados a partir de um plano de separação ao longo da ranhura 53 e da pluralidade de níveis dos componentes modificados 51 (JP-2008-98465-A e JP-2007-324326-A).

Descrição da Invenção

Problema a Ser Resolvido

Entretanto, com um método no qual uma pastilha é dividida ao formar uma região de modificação com um feixe de laser pulsado somente dentro de um substrato, a aplicação de força externa cria uma rachadura a partir da região de modificação interna na direção das faces dianteira e traseira do substrato, e isto é usado para quebrar a pastilha, assim é difícil controlar a direção na qual a rachadura se desenvolve, e a pastilha é algumas vezes dividida em alguma parte a não ser na região de divisão pretendida.

Também, com um método no qual ranhuras são formadas por irradiação de laser em uma superfície de substrato, o dispositivo para formar as ranhuras de separação, as quais no passado eram formadas por meio de cortador ou divisor, é mudado para um laser, tornando difícil controlar a direção na qual as rachaduras se desenvolvem, igualmente quando *chips* são divididos em pedaços ao longo de ranhuras de separação feitas com um cortador ou divisor. Além disso, quando um feixe de laser é focalizado na superfície de substrato para formar uma ranhura, o feixe de laser algumas vezes pode ser focalizado fora do substrato por causa de problemas com a precisão de focalização do aparelho de laser ou de irregularidade da superfície de substrato. Se o ponto focal estiver no ar fora do substrato, um plasma será gerado para um grau correspondente, e isto desperdiça parte da energia do feixe de laser.

Meios Para Resolver o Problema

Como resultado de pesquisa diligente para resolver os problemas citados anteriormente, os inventores descobriram que o problema citado

anteriormente pode ser resolvido ao criar partes processadas e uma fissura que ligue partes processadas adjacentes e se desenvolva das partes processadas para a superfície de substrato.

Um método para fabricar um elemento semiconductor da presente invenção tem:

uma etapa de irradiação de laser de focalizar um feixe de laser pulsado dentro de um substrato constituindo uma pastilha, formando assim uma pluralidade de partes processadas isoladas ao longo de uma linha divisória pretendida dentro do substrato, e criando uma fissura que se desenvolve das partes processadas pelo menos para a superfície do substrato e liga partes processadas adjacentes; e

uma etapa de divisão de pastilha de dividir a pastilha ao longo da linha divisória pretendida.

As exigências a seguir podem ser combinadas para o método para fabricar um elemento semiconductor da presente invenção.

A fissura liga partes processadas adjacentes dentro do substrato.

As partes processadas têm uma parte superior e uma parte inferior, e a fissura liga as partes superiores e partes inferiores de partes processadas adjacentes.

A distância entre a posição focal de um feixe de laser pulsado e a superfície do substrato é pelo menos metade de um diâmetro de ponto de trabalho do feixe de laser pulsado, e não mais que 25 μm .

A distância entre a posição focal do feixe de laser pulsado e a superfície do substrato é pelo menos 5 μm e não mais que 25 μm .

A distância entre partes processadas é pelo menos o diâmetro de ponto de trabalho do feixe de laser pulsado.

As partes processadas e as fissuras são formadas dentro de uma faixa de pelo menos 10% e não mais que 80% da espessura do substrato.

A linha divisória pretendida é uma primeira linha divisória pretendida, e a fissura é uma primeira fissura,

a etapa de irradiação de laser envolve adicionalmente focalizar o feixe de laser pulsado dentro do substrato ao longo de uma segunda linha divisória pretendida que é substancialmente perpendicular à primeira linha divisória pretendida, formando assim uma pluralidade de partes processadas isoladas ao longo de uma linha divisória pretendida dentro do substrato, e criando uma segunda fissura que se desenvolve das partes processadas pelo menos para a superfície do substrato e liga partes processadas adjacentes, e

10 a etapa de divisão de pastilha envolve adicionalmente dividir a pastilha ao longo da segunda linha divisória pretendida.

A primeira fissura se desenvolve de forma tortuosa entre partes processadas adjacentes, e a segunda fissura se desenvolve ao longo da segunda linha divisória pretendida.

15 O espaçamento entre as partes processadas formadas ao longo da primeira linha divisória pretendida é menor que o espaçamento entre as partes processadas formadas ao longo da segunda linha divisória pretendida.

20 O substrato tem uma primeira face principal e uma segunda face principal, uma camada semicondutora é fornecida sobre a primeira face principal, e o feixe de laser pulsado é emitido pelo lado de segunda face principal na etapa de irradiação de laser.

A distância entre a posição focal do feixe de laser pulsado e a camada semicondutora é maior que 30 μm .

25 As partes processadas são produzidas por meio de absorção de múltiplos fótons.

O substrato é um substrato de safira.

A segunda face principal é um plano diferente do plano A, e a primeira linha divisória pretendida é uma linha que cruza o um eixo geométrico do substrato.

30 Efeito da Invenção

Com irradiação de laser, partes processadas e uma fissura que liga partes processadas adjacentes e se desenvolve das partes processadas

para a superfície de substrato são criadas, o que torna possível divisão precisa ao longo das partes processadas ou fissuras. Quando o laser é direcionado ao longo da linha divisória pretendida, primeiro a fissura se estende ao longo da linha divisória pretendida das partes processadas para a superfície de substrato e, além disso, rachaduras se estendendo das partes processadas ou da fissura podem se desenvolver ao longo da linha divisória pretendida para o lado traseiro do substrato. Isto permite que a pastilha seja dividida exatamente.

Breve Descrição dos Desenhos

10 A figura 1 é uma vista plana simplificada ilustrando as etapas principais nesta modalidade.

 A figura 2 é uma vista plana simplificada ilustrando as etapas principais nesta modalidade.

 A figura 3 é uma vista seccional ao longo de A-A na figura 2.

15 A figura 4 é uma vista seccional ao longo de B-B na figura 2.

 A figura 5 é uma vista seccional descrevendo uma etapa de uma modalidade.

 A figura 6 é uma vista seccional simplificada ilustrando as etapas principais nesta modalidade.

20 A figura 7 é um diagrama esquemático descrevendo parte da face lateral do dispositivo de emissão de luz de uma modalidade.

 A figura 8 é uma vista plana simplificada ilustrando uma etapa nesta modalidade.

25 A figura 9 é uma vista plana simplificada ilustrando uma etapa nesta modalidade.

 A figura 10 é uma vista plana simplificada ilustrando uma etapa nesta modalidade.

 A figura 11 é uma vista seccional simplificada ilustrando uma etapa nesta modalidade.

30 A figura 12 é uma vista diagramática em perspectiva descrevendo um método de fabricação convencional.

 A figura 13 é uma vista diagramática em perspectiva descreven-

do um método de fabricação convencional.

Descrição Detalhada das Modalidades Preferidas

O método para fabricar um elemento semiconductor nesta modalidade compreende uma etapa de irradiação de laser de direcionar um laser
5 ao longo de uma linha divisória pretendida, e uma etapa de divisão de pastilha de dividir a pastilha ao longo da linha divisória pretendida. Na etapa de irradiação de laser, uma pluralidade de partes processadas é formada dentro do substrato por irradiação com um feixe de laser pulsado, e uma fissura é gerada que se desenvolve das partes processadas pelo menos para a su-
10 perfcie do substrato e liga partes processadas adjacentes.

Uma modalidade do método da presente invenção será descrita agora detalhadamente por meio de referência para os desenhos. Os desenhos são representações esquemáticas, e algumas partes podem estar exageradas além do que elas realmente são. Também, a presente invenção não
15 está limitada às modalidades ou exemplos seguintes, e várias modificações são possíveis sem divergir do conceito tecnológico da presente invenção.

Etapa de Irradiação de Laser

As figuras 1 e 2 são vistas planas simplificadas ilustrando parte das etapas principais requeridas pelo método para fabricar um elemento
20 semiconductor nesta modalidade.

Primeiro, uma pastilha 1 que tem um substrato 10 e mais tarde é dividida em elementos semicondutores é irradiada com um laser ao longo da linha divisória pretendida 11 mostrada na figura 1. Tal como mostrado na figura 2, uma pluralidade das partes processadas 12 que são separadas
25 umas das outras pode ser formada ao focalizar um feixe de laser pulsado dentro do substrato 10. Ao mesmo tempo, uma fissura 13 pode ser criada, que se desenvolve das partes processadas 12 pelo menos para a superfície do substrato 10 e que liga as partes processadas 12 adjacentes. Embora não representado nos desenhos, uma fissura é algumas vezes produzida na
30 superfície de substrato que se estende em uma direção diferente daquela da fissura ligando as partes processadas. A pastilha pode ser dividida exatamente ao criar uma fissura que liga pelo menos partes processadas adjacen-

tes. É preferível aqui que a fissura se desenvolva de todas as partes processadas 12 para a superfície do substrato 10, senão a fissura que se desenvolva de pelo menos uma pluralidade de partes processadas para a superfície do substrato. É preferível criar uma fissura que ligue todas as partes processadas adjacentes, senão a fissura que liga pelo menos partes processadas adjacentes em uma pluralidade de localizações. Além disso, é preferível criar uma fissura que se desenvolva para a superfície do substrato e uma fissura que alcance partes processadas adjacentes para uma única parte processada, senão uma fissura que se desenvolva para a superfície do substrato e uma fissura que ligue partes processadas adjacentes que pode ser formada em diferentes partes processadas.

A figura 2 mostra as localizações das partes processadas 12 para efeito de descrição, mas as partes processadas reais 12 são formadas dentro do substrato 10 tal como mostrado na figura 3. A figura 3 é uma seção transversal simplificada tal como vista a partir da linha A-A na figura 2. Uma camada semicondutora 14 é fornecida sobre uma primeira face principal 10a do substrato 10. As partes processadas 12 são formadas dentro do substrato 10 por irradiação de laser, e a fissura 13 é criada a partir das partes processadas 12 para uma segunda face principal 10b do substrato. Tais partes processadas 12 adjacentes se ligando com a fissura 13 resultam em uma fissura linear 13 que se desenvolve ao longo de uma linha divisória pretendida sendo produzida na superfície do substrato 10, tal como mostrado na figura 2. A fissura é criada pelas partes processadas. Isto é, as partes processadas são formadas perto das posições focais ao focalizar um feixe de laser pulsado dentro da pastilha, e acredita-se que tensão de compressão ocorre em volta destas localizações, e que a fissura é criada por esta tensão de compressão.

Quando as partes processadas são assim formadas, tal como será discutido a seguir, as partes processadas e a fissura podem ser formadas adequadamente ao controlar rigorosamente um ou mais de, e preferivelmente todos de, o seguinte: o dispositivo para formar as partes processadas (tal como usar um laser pulsado), a energia, frequência ou largura de

pulso de laser, o diâmetro ou forma de ponto das partes processadas, e as posições das partes processadas dentro do substrato (tal como a profundidade das partes processadas a partir do substrato ou da camada semicondutora, ou o espaçamento entre as partes processadas).

5 O feixe de laser pulsado pode ser selecionado daqueles capazes de processar dentro de um substrato, e mais especificamente, a quantidade de energia por pulso favoravelmente é de 0,8 a 5 μJ , e preferivelmente 0,8 a 2,5 μJ . A frequência favoravelmente é de 50 a 200 kHz, e preferivelmente de 50 a 100 kHz. A largura de pulso favoravelmente é selecionada de uma faixa
10 na qual trabalho por absorção de múltiplos fótons é possível, a fim de formar partes processadas com as quais não existirá absorção ótica por causa de descoloração. Um exemplo é uma faixa de 300 a 50.000 fs. Estabelecer a largura de pulso dentro desta faixa impede descoloração causada por ressolidificação após a fusão das partes processadas. Isto é particularmente efeti-
15 vo quando os elementos semicondutores obtidos após divisão são elementos emissores de luz.

A posição focal do feixe de laser favoravelmente é selecionada de uma região na qual as partes processadas não alcançam a superfície de substrato, e a profundidade a partir da superfície de substrato preferivelmen-
20 te é pelo menos metade do diâmetro de ponto de trabalho. Uma profundidade de 5 μm ou mais é preferível quando considerando erro do aparelho de laser ou irregularidade da superfície de substrato. No caso de uma pastilha tendo uma camada semicondutora no lado oposto ao da superfície de substrato (referido algumas vezes em seguida como o "lado traseiro"), tipicamen-
25 te existe um risco de danos à camada semicondutora se a distância entre a posição focal e a camada semicondutora for de 30 μm ou menos, e assim a distância à camada semicondutora preferivelmente é maior que 30 μm . A distância a partir da superfície de substrato neste caso favoravelmente é de 50 μm ou menos, com 25 μm ou menos sendo preferível, e 10 μm ou menos
30 ainda melhor.

A distância entre as partes processadas na superfície de substrato produzidas pelo feixe de laser direcionado ao longo da linha divisória

pretendida de forma típica é substancialmente constante, e é selecionada de uma faixa que produzirá uma fissura ligando pelo menos as partes processadas na superfície de substrato. Mais especificamente, a distância entre as partes processadas preferivelmente é uma a quatro vezes o diâmetro de ponto de trabalho. É preferível aqui que a fissura seja produzida entre todas as partes processadas 12, senão a fissura deve ser produzida entre pelo menos uma pluralidade das partes processadas. Se a distância entre as partes processadas for muito pequena, acredita-se que tensão de compressão será produzida pela próxima irradiação de laser na região onde tensão de compressão foi produzida pela irradiação de laser anterior, as tensões nesta região cancelarão uma à outra, e as partes processadas não serão ligadas por uma fissura. Desta maneira, para ligar igualmente as partes processadas com uma fissura dentro do substrato, a distância entre as partes processadas favoravelmente é estabelecida para ser pelo menos o diâmetro de ponto de trabalho em um plano paralelo à face principal de substrato, e preferivelmente é uma a quatro vezes o diâmetro de ponto de trabalho, e mais preferivelmente 1,5 a 3 vezes. Acredita-se que se a tensão de compressão alcançar profundidade dentro do substrato, a divisão tenderá a ser ao longo da linha divisória pretendida substancialmente perpendicular à superfície de substrato, e assim é preferível criar tensão de compressão igualmente entre partes processadas dentro do substrato, tal como discutido anteriormente. Também, uma pastilha pode ser dividida de forma exata justamente em um único estágio de trabalho, tal como mostrado na figura 3, ao ter assim esta tensão de compressão se aprofundando no substrato.

O diâmetro de ponto ($\Phi\mu\text{m}$) do feixe de laser pode ser calculado pela equação seguinte. λ é o comprimento de onda (μm) do feixe de laser, D é o diâmetro de ponto emitido de feixe de laser ($\Phi\mu\text{m}$), e f é a distância focal (μm) de uma lente objetiva. Preferivelmente, as posições das partes processadas são ajustadas por meio de fatoração no efeito de desvio a partir do diâmetro de ponto teórico por causa da situação de trabalho atual. Mais especificamente, o diâmetro das partes processadas formadas no substrato preferivelmente é ajustado como o diâmetro de ponto de trabalho.

$$\text{Diâmetro de ponto } (\Phi\mu\text{m}) = (4 \cdot \lambda \cdot f) / \pi \cdot D$$

O feixe de laser pulsado preferivelmente é emitido pelo lado de face principal de substrato no qual a fissura ligando as partes processadas é para se desenvolver. Isto é porque tensão tende a acumular no lado de irradiação de feixe de laser, e é mais fácil gerar uma fissura que se estenda das partes processadas para a superfície de substrato. Tipicamente, o laser é emitido pelo lado de face principal de substrato mais próximo da posição focal do feixe de laser, isto é, mais próximo das posições onde as partes processadas serão formadas. Por exemplo, quando a fissura é feita para se desenvolver para a segunda face principal 10b, tal como com a pastilha 1 mostrada na figura 3, preferivelmente o feixe de laser é emitido pela segunda face principal 10b, de maneira que as partes processadas 12 são formadas na direção da segunda face principal 10b.

A figura 4 é uma seção transversal simplificada tal como vista a partir da linha B–B na figura 2. As partes processadas 12 têm uma forma que é maior na direção de irradiação de laser, e quando a irradiação de laser é executada diretamente sobre o substrato, a forma é maior na direção de profundidade do substrato, tal como mostrado na figura 4. A fissura é criada na faixa da hachura indo para cima para a direita na figura 4, por exemplo. A fissura gerada nesta área hachurada se estende das partes processadas 12 para a segunda face principal 10b, e liga pelo menos as partes processadas 12 na superfície de substrato. Usualmente, as partes processadas se estendem para o lado de superfície de substrato a partir da posição focal do feixe de laser, assim a distância das partes processadas à superfície de substrato é menor que a distância da posição focal do feixe de laser à superfície de substrato.

A fissura é gerada ao redor das partes processadas, e preferivelmente liga partes processadas adjacentes dentro do substrato igualmente. É suposto que formar a fissura assim profundamente resulta na tensão de compressão produzida por irradiação de laser sendo gerada profundamente. Consequentemente, acredita-se que o substrato tende a ser dividido ao longo da direção de irradiação de laser. Se as partes processadas estiverem

ligadas por uma fissura dentro do substrato, acredita-se que a fissura pode ser feita para se desenvolver das partes processadas para a superfície de substrato ao estabelecer a distância das partes processadas à superfície de substrato para ser não mais que a distância entre as partes processadas, e
5 preferivelmente para não mais que metade da distância entre as partes processadas.

A profundidade da fissura pode ser ajustada ao controlar a tensão de compressão transmitida por irradiação de laser. Por exemplo, tal como mostrado na figura 5, a fissura pode ser formada mais rasa do que na
10 figura 4. Esta profundidade da fissura pode ser ajustada ao controlar um ou mais de o comprimento de onda de laser de irradiação, forma de onda de pulso de frequência, largura de pulso, precisão focal, taxa de alimentação de trabalho, e posição ou forma das partes processadas. Além do mais, exemplos de métodos para transmitir tensão de compressão para o substrato in-
15 cluem um no qual o substrato é desgastado e polido antes da irradiação de laser, e um no qual a face do substrato no lado de irradiação de laser é retida de maneira que ela se torne côncava durante irradiação de laser. Acredita-se que a fissura pode ser formada mais profundamente ao expandir a faixa de largura de tensão de compressão.

20 Etapas de Divisão de Pastilha

Tal como mostrado na figura 6, uma rachadura 15 é feita para se desenvolver das partes processadas 12 ou da fissura 13 para o lado da primeira face principal 10a, e a pastilha é dividida ao longo de uma linha divisória pretendida. Esta divisão pode ser realizada por meio de um método co-
25 nhecido, tal como pressionar uma faca de quebra contra a pastilha ao longo da linha divisória pretendida e então aplicar força suficiente para dividir a pastilha.

A figura 6 é uma seção transversal simplificada tal como vista na mesma direção que a da figura 3, e ilustra parte das etapas principais no
30 método para fabricar um elemento semiconductor desta modalidade. A fissura 13 liga as partes processadas 12 adjacentes tal como discutido anteriormente, isto é, a fissura 13 liga as partes processadas linearmente ao longo da

linha divisória pretendida na segunda face principal 10b do substrato 10. Consequentemente, a rachadura 15 pode ser feita para se desenvolver ao longo da linha divisória pretendida no mesmo modo que a fissura 13, e a pastilha 1 pode ser dividida exatamente ao longo da linha divisória pretendida. Aqui, a pastilha preferivelmente é dividida ao longo de pelo menos parte da fissura, e não é necessário que a face obtida pela divisão se amolde perfeitamente à fissura. Parte da fissura pode permanecer dentro do substrato ou na superfície do mesmo após divisão.

Algun traço das partes processadas e fissura usualmente pode ser discernido nas faces laterais dos elementos semicondutores obtidos ao dividir a pastilha. Mais especificamente, tal como mostrado nas figuras 4 e 5 discutidas anteriormente, as partes processadas 12, as quais não se estendem para a superfície de substrato, tipicamente são espaçadas lado a lado em intervalos substancialmente constantes, e irregularidade produzida pela fissura permanece inteiramente das partes processadas 12 para a superfície de substrato. Esta irregularidade pode ser vista tal como a hachura que vai para cima para a direita nas figuras 4 e 5. As partes processadas e irregularidade são vistas ao longo de uma faixa de cerca de 5 a 30 μm a partir da superfície de substrato, por exemplo, nas faces laterais obtidas por divisão.

A figura 7 é um diagrama esquemático da parte da face obtida por divisão que fica nas proximidades da segunda face principal 10b. As partes processadas 12 fornecidas longe da segunda face principal 10b do substrato 10 têm as partes superiores 12a e as partes inferiores 12b, e a face de irregularidade fina 16, a qual é suposta a ser produzida pela fissura, liga as partes superiores 12a e as partes inferiores 12b das partes processadas 12 adjacentes. As partes processadas 12 ficam ao lado da segunda face principal 10b do substrato 10, e a distância entre a segunda face principal 10b e as partes processadas 12 podem ser estabelecidas para cerca de 1 μm ou mais. Mais especificamente, esta distância é de aproximadamente 1 a 15 μm . O comprimento das partes processadas 12 pode ser estabelecido para cerca de 5 a 30 μm . O comprimento das partes superiores 12a pode ser estabelecido para cerca de 3 a 10 μm . A irregularidade 16 diminui se deslo-

cando para longe da segunda face principal, e tende a ser quase invisível distante das partes inferiores. A diferença de altura da irregularidade 16 é de alguns micros ou menos, tal como 2 μm ou menos. Quando a face lateral é observada após divisão, as partes inferiores das partes processadas são difíceis de serem descritas ao lado de irregularidade causada pela fissura, mas a região de irregularidade se estendendo continuamente da parte superior para o lado de primeira face principal em modo substancialmente linear pode ser considerada como sendo a parte inferior. Também, quando partes processadas são formadas pela absorção de múltiplos fótons de um feixe de laser, as partes superiores das partes processadas podem ser reconhecidas como faces particularmente lisas.

Tal como mostrado na figura 7, quando as partes processadas têm partes superiores e partes inferiores, a fissura preferivelmente liga pelo menos partes superiores adjacentes, e mais preferivelmente também liga partes inferiores adjacentes. Quanto mais próximo do lado de extremidade distal da parte inferior no lado oposto da parte superior, tanto mais difícil ligação pela fissura tende a acontecer. Um componente de parte processada no qual a parte superior está presente no lado de segunda face principal pode ser formado ao irradiar com um feixe de laser pelo lado de segunda face principal, por exemplo. O tamanho das partes processadas e a irregularidade podem ser variados de acordo com a espessura do substrato, e as faixas numéricas dadas acima são particularmente favoráveis quando dividindo um substrato com uma espessura de cerca de 50 a 150 μm . A faixa ao longo da qual as partes processadas e irregularidade são formadas favoravelmente é pelo menos aproximadamente 10% da espessura do substrato, com aproximadamente 80% ou menos sendo preferível, e aproximadamente 40% ou menos sendo ainda melhor. O uso desta faixa permite que o substrato seja dividido de forma eficiente e impede danos à camada semicondutora.

Pastilha

O termo "pastilha" usualmente significa uma base plana que é desenvolvida a partir de uma substância de matéria-prima em uma forma colunar chamada de lingote e então fatiada finamente. Nesta aplicação, exa-

tamente esta base plana pode ser o "substrato" referido abaixo, ou ele pode ser feito em uma pastilha em um estado no qual uma camada semicondutora, uma camada dielétrica, uma camada isolante, uma camada condutora, ou semelhante são laminadas em um ou mais camadas neste substrato.

5 Substrato 10

O material do substrato pode ser selecionado dentre aqueles que podem ser processados com um feixe de laser pulsado. Mais especificamente, safira, silício, SiC, GaAs, GaN, AlN e outros mais podem ser usados. Tipicamente, um material no qual uma camada semicondutora pode ser desenvolvida é selecionado para o substrato. Com um substrato de safira, o plano de divisão tende a não ser ao longo da orientação de cristal, e quando uma força externa é exercida para dividir o substrato, ele pode ser dividido em uma direção diferente da linha divisória pretendida, e assim precisão de divisão pode ser melhorada ao usar o método desta modalidade. Não existem restrições particulares quanto à espessura do substrato, mas ela pode ser de 50 a 150 μm , por exemplo. Formar partes processadas pelo método desta modalidade em um substrato com uma espessura tal como esta, permite que a pastilha seja dividida sem a necessidade de executar laser trabalhando uma pluralidade de níveis de modificação.

Tal como mostrado na figura 8, dependendo do material do substrato e da direção da linha divisória pretendida, a fissura 13 que liga as partes processadas 12 pode ondular. Isto é, a fissura 13 pode ligar de forma tortuosa as partes processadas 12 adjacentes. O ângulo da fissura para uma linha reta conectando partes processadas adjacentes tende a ser uma função do sistema de cristal do material de substrato, ou mais especificamente, pode ser selecionado de uma faixa de cerca de 10 a 70 graus. Com uma linha divisória pretendida ou material de substrato com o qual uma fissura como esta é prontamente produzida, acredita-se que reduzir a distância entre as partes processadas torna a fissura mais próxima de uma linha reta conectando a menor distância entre partes processadas, mas a partir do ponto de vista de eficiência de energia é preferível usar uma fissura 13 que se desenvolva ao redor tal como mostrado na figura 8. Uma vez que esta

fissura liga as partes processadas, mesmo que ela desvie de uma linha reta conectando as partes processadas, a distância deste desvio é de somente cerca de 0,5 a 10 μm no máximo, e criar uma fissura tal como esta permite que a pastilha seja dividida em um plano substancialmente perpendicular à face principal de substrato. Por exemplo, com um substrato de safira tendo um sistema hexagonal, a superfície de substrato através da qual a fissura se desenvolve é um plano a não ser o plano A, e quando a linha divisória pretendida é uma linha que cruza o um eixo geométrico do substrato, a fissura resultante tende a voltear entre as partes processadas. Esta tendência é particularmente pronunciada ao usar um substrato de safira cujo plano principal é o plano C. O "substrato de safira cujo plano principal é o plano C" mencionado aqui pode ser um no qual o plano principal é um plano que é inclinado por alguns graus a partir do plano C.

Um elemento emissor de luz usualmente é substancialmente quadrado ou substancialmente retangular, e dois tipos de linhas que se cruzam substancialmente em um ângulo reto são estabelecidos como as linhas divisórias pretendidas. No caso de um substrato de safira ou outro tal substrato com um sistema hexagonal, se uma linha divisória pretendida for estabelecida em uma direção de divisão relativamente fácil, uma outra linha divisória pretendida que é substancialmente perpendicular a ela, é estabelecida em uma direção de divisão difícil.

Por exemplo, tal como mostrado na figura 9, se as primeiras partes processadas 22a ao longo de uma primeira linha divisória pretendida e as segundas partes processadas 22b ao longo de uma segunda linha divisória pretendida são formadas dentro de uma pastilha 2, uma segunda fissura 23b que liga as segundas partes processadas 22b se desenvolve substancialmente de forma linear ao longo da segunda linha de divisão, enquanto que uma primeira fissura 23a que liga as primeiras partes processadas 22a se desenvolve de forma tortuosa entre as primeiras partes processadas 22a. Quando um substrato de safira cujo plano principal é o plano C é usado como o substrato, se a primeira linha divisória pretendida for uma linha substancialmente paralela ao eixo m do substrato, e a segunda linha divisória

pretendida for uma linha substancialmente paralela a um eixo geométrico do substrato, a segunda fissura tenderá a se desenvolver em uma forma substancialmente linear, a qual é preferível.

Se a primeira fissura ondular e a segunda fissura se desenvolver substancialmente de forma linear, acredita-se que a direção da segunda linha divisória pretendida proporciona divisão mais fácil do que a direção da primeira linha divisória pretendida, tal como mostrado na figura 10, a pastilha pode ser dividida de forma eficiente ao ter a distância entre as segundas partes processadas 22b maior que a distância entre as primeiras partes processadas 22a dentro do substrato 20.

O método desta modalidade pode ser usado somente na divisão da primeira linha divisória pretendida, e uma divisão na segunda linha divisória pretendida pode ser feita com um cortador copiador, por exemplo.

Além disso, com o método desta modalidade, não importa se a primeira fissura ou a segunda fissura, isto é, a primeira linha divisória pretendida ou a segunda linha divisória pretendida, é formada primeiro.

Camada Semicondutora 14

Uma camada semicondutora composta de qualquer um de vários materiais semicondutores pode ser selecionada como a camada semicondutora, um exemplo da qual é uma camada semicondutora de composto de nitreto de gálio. Mais especificamente, um exemplo é um composto expressado por $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$). A camada semicondutora usualmente é produzida ao laminar uma primeira camada condutiva, uma camada emissora de luz e uma segunda camada condutiva nessa ordem (iniciando do lado de substrato) sobre um substrato de safira, e pode conter uma ou mais impurezas tipo n tais como silício, germânio, estanho, enxofre, oxigênio, titânio, zircônio, cádmio, ou outro tais elementos do grupo IV, elementos do grupo VI, ou semelhante, ou pode conter uma impureza tipo p tal como magnésio, zinco, berílio, manganês, cálcio, ou estrôncio, como um primeiro ou segundo tipo de condutividade de impureza.

Não existem restrições particulares quanto ao método para desenvolver a camada semicondutora, e qualquer método conhecido como um

método de desenvolvimento de semicondutor pode ser usado favoravelmente, tal como MOVPE (epitaxia de fase de vapor de metal orgânico), MOCVD (deposição de vapor químico de metal orgânico), HVPE (epitaxia de fase de vapor de hidreto), ou MBE (epitaxia de feixe molecular). MOCVD é particularmente favorável porque ele desenvolve o material com boa cristalinidade.

Uma vez que a camada semicondutora usualmente é mais fina que o substrato, se, tal como mostrado na figura 6 mencionada anteriormente, a camada semicondutora 14 é formada sobre a primeira face principal 10a do substrato 10, e as partes processadas 12 são formadas no lado da segunda face principal 10b, então não existe necessidade de remover a camada semicondutora 14 diretamente sob as partes processadas 12, e a camada semicondutora 14 pode ser dividida ao mesmo tempo por meio da rachadura 15 se estendendo do substrato 10. Irradiação com um feixe de laser pelo lado de segunda face principal é preferível a fim de minimizar danos à camada semicondutora. Divisão pode ser executada de forma similar ao formar as partes processadas no lado de primeira face principal no qual a camada semicondutora é fornecida.

Tal como mostrado na figura 11, quando as partes processadas 32 são formadas dentro de um substrato 30 no lado da primeira face principal 30a em uma pastilha 3 tendo o substrato 30 e uma camada semicondutora 34 fornecida sobre a primeira face principal 30a do substrato 30, antes da irradiação de laser uma camada semicondutora 34 é removida ao longo da linha divisória pretendida da região correspondendo às localizações onde as partes processadas 32 serão formadas, após o que as partes processadas 32 são formadas e uma fissura 33 é feita para se desenvolver até a primeira face principal 30a, o que impede danos à camada semicondutora pela irradiação de laser. Neste caso, a irradiação com o feixe de laser preferivelmente é executada pelo lado de primeira face principal.

Exemplo 1

Uma pastilha foi preparada na qual uma camada semicondutora baseada em GaN foi formada sobre uma face principal de um substrato de safira com uma espessura de aproximadamente 85 μm . A camada semicon-

duzida ao laminar uma camada semicondutora tipo n, uma camada emissora de luz e uma camada semicondutora tipo p nessa ordem, iniciando do lado de substrato de safira, no plano (0001) do substrato de safira.

- 5 Após isto, parte da camada emissora de luz e da camada semicondutora tipo p são removidas para expor a camada semicondutora tipo n, e um eletrodo n é formado na superfície de camada semicondutora tipo n, e um eletrodo p na superfície de camada semicondutora tipo p.

- 10 Para obter um elemento substancialmente quadrado medindo aproximadamente 250 μm em um lado, as linhas divisórias pretendidas da pastilha foram estabelecidas em duas direções, uma substancialmente paralela e uma substancialmente perpendicular a um eixo geométrico do substrato de safira, e um feixe de laser pulsado foi direcionado ao longo de cada uma das linhas divisórias pretendidas pelo lado de face principal do substrato de safira, usando um laser infravermelho próximo com uma saída de aproximadamente 0,2 W. A posição focal do feixe de laser foi estabelecida para uma profundidade de aproximadamente 5 μm a partir da superfície de substrato, e a distância de uma posição focal anterior para a próxima posição focal foi estabelecida para aproximadamente 3,5 μm .

- 20 Após irradiação de laser, uma fonte de luz foi disposta no lado de camada semicondutora, e observação foi feita com um microscópio ótico pelo lado de face principal do substrato de safira, a qual confirmou substancialmente partes processadas circulares e uma fissura se estendendo da parte processada, e também confirmou que pelo menos parte da fissura se desenvolveu a fim de ligar as partes processadas na superfície de substrato.
- 25 Uma comparação das fissuras ligando as partes processadas ao longo das linhas divisórias pretendidas nas duas direções descreve que a fissura ao longo da linha divisória pretendida substancialmente perpendicular ao um eixo geométrico ondula mais que a fissura ao longo da linha divisória pretendida substancialmente paralela ao um eixo geométrico.
- 30 A seguir, uma lâmina de quebra foi pressionada contra a pastilha ao longo das linhas divisórias pretendidas, força foi exercida para dividir a

pastilha, e elementos semicondutores substancialmente quadrados medindo aproximadamente 250 μm em um lado foram obtidos. Os elementos assim obtidos foram observados, e que confirmou que as faces laterais dos elementos foram divididas substancialmente perpendiculares à superfície de substrato de safira, e que partes processadas se estendendo linearmente na direção de profundidade do substrato estavam perto da superfície de substrato. Descoloração das partes processadas não foi vista, e é suposto que elas eram formadas por absorção de múltiplos fótons produzida por irradiação de laser. A distância das partes processadas à superfície de substrato foi de cerca de 1 a 10 μm , a largura máxima das partes processadas foi de cerca de 0,5 a 2 μm , e irregularidade foi confirmada das partes processadas para a superfície de substrato.

É suposto que a irregularidade foi formada pelas fissuras, e a mesma irregularidade foi confirmada nas faces entre partes processadas. As partes processadas e as superfícies de irregularidade foram formadas em uma profundidade de cerca de 15 a 20 μm a partir da superfície de substrato. Superfícies mais profundas, isto é, aquelas no lado de camada semicondutora, eram planas ou compreendidas de uma série de superfícies planas escalonadas, e foram supostas como sendo superfícies divididas após irradiação de laser.

Exemplo 2

Neste exemplo, elementos semicondutores são fabricados no mesmo modo que o do exemplo 1, exceto que a distância entre as posições focais do feixe de laser é estabelecida para aproximadamente 5 μm em irradiação com o feixe de laser ao longo de uma linha divisória pretendida substancialmente paralela ao um eixo geométrico.

Após irradiação de laser, a superfície de substrato de safira é observada, o que confirmou a presença de partes processadas substancialmente circulares e uma fissura se estendendo das partes processadas, e confirmou que pelo menos parte da fissura se desenvolveu a fim de ligar as partes processadas na superfície de substrato. Após divisão de pastilha os elementos semicondutores assim obtidos foram observados, o que revelou

que as faces laterais de elemento foram divididas substancialmente perpendiculares à superfície de substrato de safira.

Aplicabilidade Industrial

O método de fabricação da presente invenção pode ser aplicado a elementos que são feitos em elementos pela divisão de uma pastilha tendo um substrato. Ele pode ser aplicado a um elemento semiconductor no qual uma camada semicondutora é fornecida sobre um substrato, e pode ser aplicado a um elemento emissor de luz tal como um LED ou LD, um elemento emissor de luz que também inclua um elemento de recepção de luz, ou um elemento semiconductor que inclua um transistor, tal como um HEMT ou FET.

Descrição dos Números

	1, 2, 3	pastilha
	10, 20, 30	substrato
	10a, 30a	primeira face principal
15	10b, 30b	segunda face principal
	11	linha divisória pretendida
	12, 32	parte processada
	12a	parte superior
	12b	parte inferior
20	13, 33	fissura
	14, 34	camada semicondutora
	15	rachadura
	16	irregularidade
	22a	primeira parte processada
25	22b	segunda parte processada
	23a	primeira fissura
	23b	segunda fissura
	40, 50	substrato
	41	região de modificação
30	51	componente modificado
	53	ranhura
	42, 52	camada semicondutora

REIVINDICAÇÕES

1. Método para fabricar um elemento semiconductor, compreendendo:

5 uma etapa de irradiação de laser de focalizar um feixe de laser pulsado dentro de um substrato constituindo uma pastilha, formando assim uma pluralidade de partes processadas isoladas ao longo de uma linha divisória pretendida dentro do substrato, e criando uma fissura que se desenvolve das partes processadas pelo menos para a superfície do substrato e liga partes processadas adjacentes; e

10 uma etapa de divisão de pastilha de dividir a pastilha ao longo da linha divisória pretendida.

2. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com a reivindicação 1, em que a fissura liga partes processadas adjacentes dentro do substrato.

15 3. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com a reivindicação 2, em que as partes processadas têm uma parte superior e uma parte inferior, e a fissura liga as partes superiores e partes inferiores de partes processadas adjacentes.

20 4. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, em que a distância entre a posição focal de um feixe de laser pulsado e a superfície do substrato é pelo menos metade de um diâmetro de ponto de trabalho do feixe de laser pulsado, e não mais que 25 μm .

25 5. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, em que a distância entre a posição focal do feixe de laser pulsado e a superfície do substrato é pelo menos 5 μm e não mais que 25 μm .

30 6. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, em que a distância entre partes processadas é pelo menos o diâmetro de ponto de trabalho do feixe de laser pulsado.

7. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo

com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, em que as partes processadas e as fissuras são formadas dentro de uma faixa de pelo menos 10% e não mais que 80% da espessura do substrato.

5 8. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7,

em que a linha divisória pretendida é uma primeira linha divisória pretendida, e a fissura é uma primeira fissura,

a etapa de irradiação de laser envolve adicionalmente focalizar o feixe de laser pulsado dentro do substrato ao longo de uma segunda linha divisória pretendida que é substancialmente perpendicular à primeira linha divisória pretendida, formando assim uma pluralidade de partes processadas isoladas ao longo de uma linha divisória pretendida dentro do substrato, e criando uma segunda fissura que se desenvolve das partes processadas pelo menos para a superfície do substrato e liga partes processadas adjacentes, e

10

15

a etapa de divisão de pastilha envolve adicionalmente dividir a pastilha ao longo da segunda linha divisória pretendida.

9. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com a reivindicação 8, em que a primeira fissura se desenvolve de forma tortuosa entre partes processadas adjacentes, e a segunda fissura se desenvolve ao longo da segunda linha divisória pretendida.

20

10. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com a reivindicação 8 ou 9, em que o espaçamento das partes processadas formadas ao longo da primeira linha divisória pretendida é menor que o espaçamento das partes processadas formadas ao longo da segunda linha divisória pretendida.

25

11. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, em que o substrato tem uma primeira face principal e uma segunda face principal, uma camada semicondutora é fornecida sobre a primeira face principal, e o feixe de laser pulsado é emitido pelo lado de segunda face principal na etapa de irradiação de laser.

30

12. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com a reivindicação 11, em que a distância entre a posição focal do feixe de laser pulsado e a camada semicondutora é maior que 30 μm .
13. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, em que as partes processadas são produzidas por meio de absorção de múltiplos fótons.
14. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, em que o substrato é um substrato de safira.
15. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com a reivindicação 14, em que a segunda face principal é um plano diferente do plano A, e a primeira linha divisória pretendida é uma linha que cruza o um eixo geométrico do substrato.
16. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com a reivindicação 1, em que a fissura liga pelo menos partes processadas adjacentes na superfície de substrato.
17. Método para fabricar um elemento semiconductor, de acordo com a reivindicação 1, em que o substrato tem uma primeira face principal e uma segunda face principal, a fissura que se desenvolve pelo menos para a superfície do substrato é formada na primeira face principal do substrato, e a divisão da pastilha é executada pela rachadura que se desenvolve a partir de pelo menos uma das partes processadas e da fissura para a segunda superfície principal na etapa de divisão de pastilha.
18. Elemento semiconductor compreendendo um substrato tendo uma primeira face principal e uma segunda face principal, e uma camada semicondutora formada no lado de uma face principal do substrato, o substrato tem uma pluralidade de partes processadas isoladas, e uma face de irregularidade que se desenvolve das partes processadas pelo menos para a primeira face principal do substrato e liga partes processadas adjacentes.
19. Elemento semiconductor, de acordo com a reivindicação 18, em que a face de irregularidade liga partes processadas adjacentes pelo menos na primeira face principal do substrato.

20. Elemento semiconductor, de acordo com a reivindicação 18 ou 19, em que, em uma superfície lateral do substrato, o lado de segunda face principal do substrato é mais plano ou compreende uma série de superfícies mais planas escalonadas do que uma região na qual as partes processadas e a face de irregularidade são formadas.

21. Elemento semiconductor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 a 20, em que as partes processadas e a face de irregularidade são formadas dentro de uma faixa de pelo menos 10% e não mais que 80% da espessura do substrato.

22. Elemento semiconductor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 a 21, em que uma camada semicondutora é fornecida sobre a segunda face principal do substrato, e o substrato é um substrato de safira.

FIG. 1

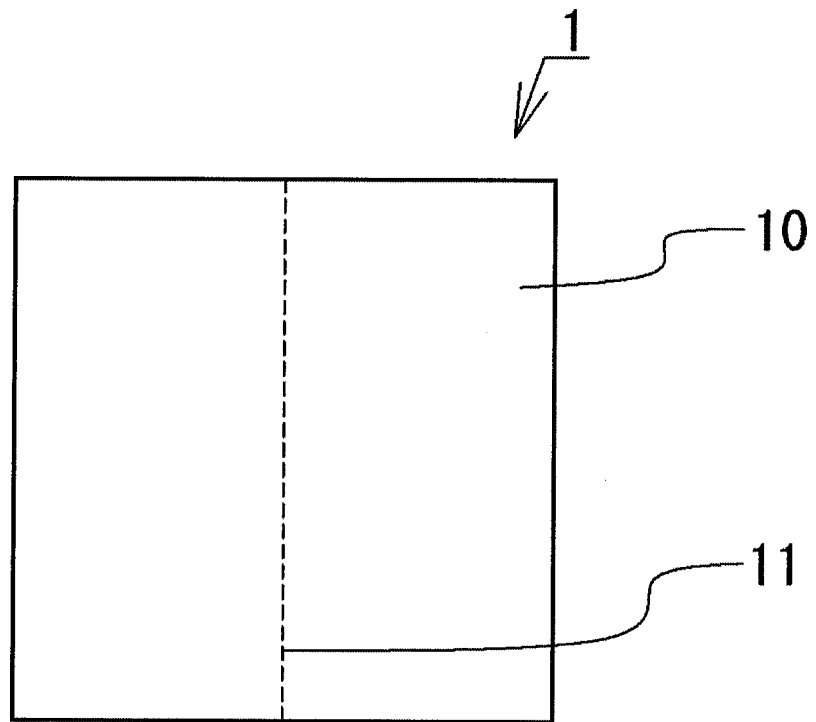


FIG. 2

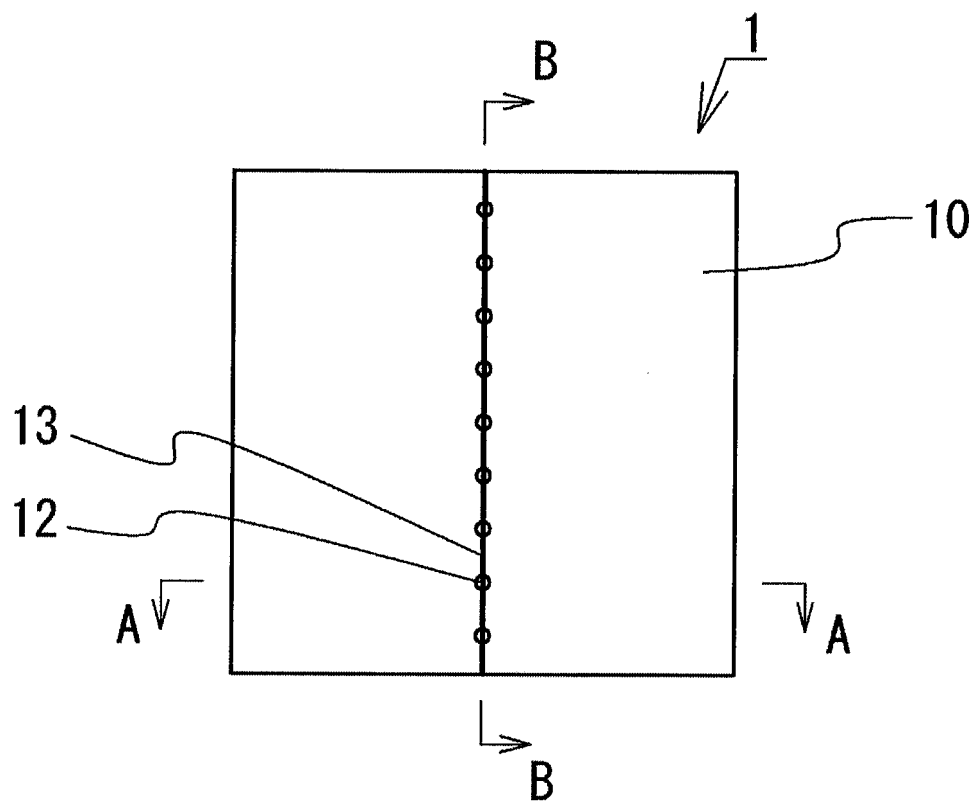


FIG. 3

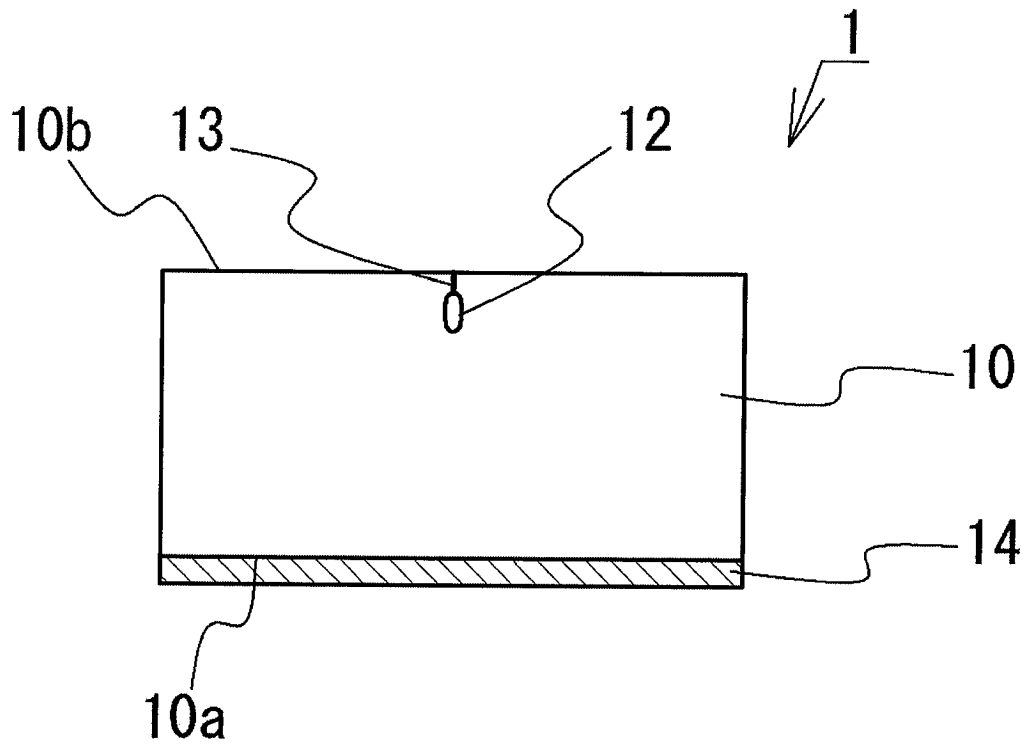


FIG. 4

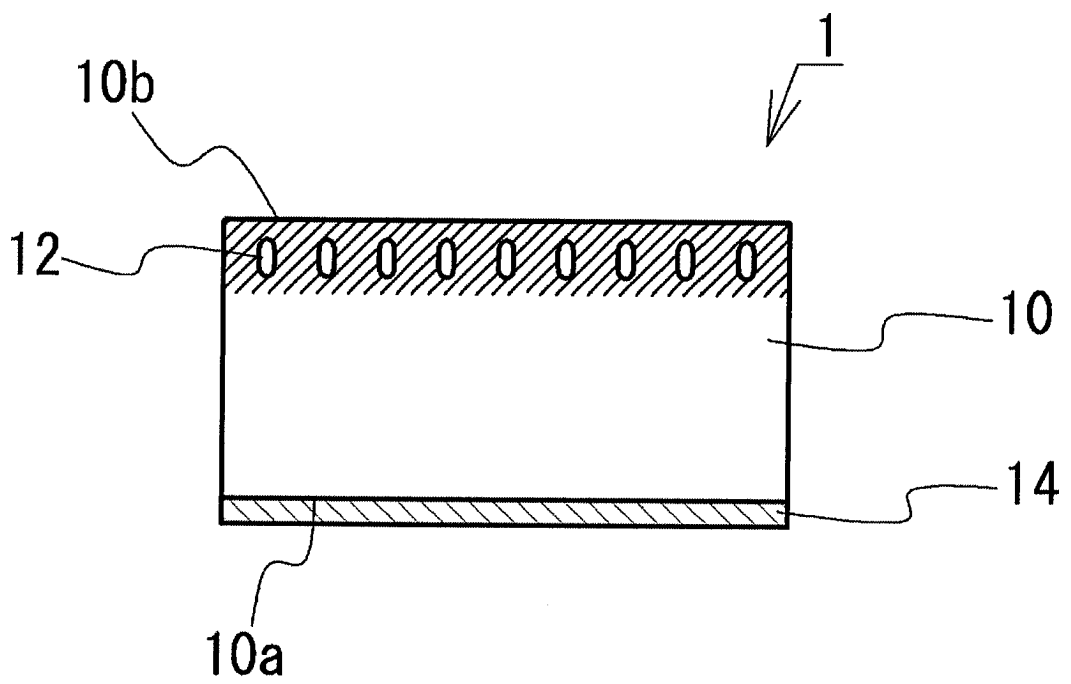


FIG. 5

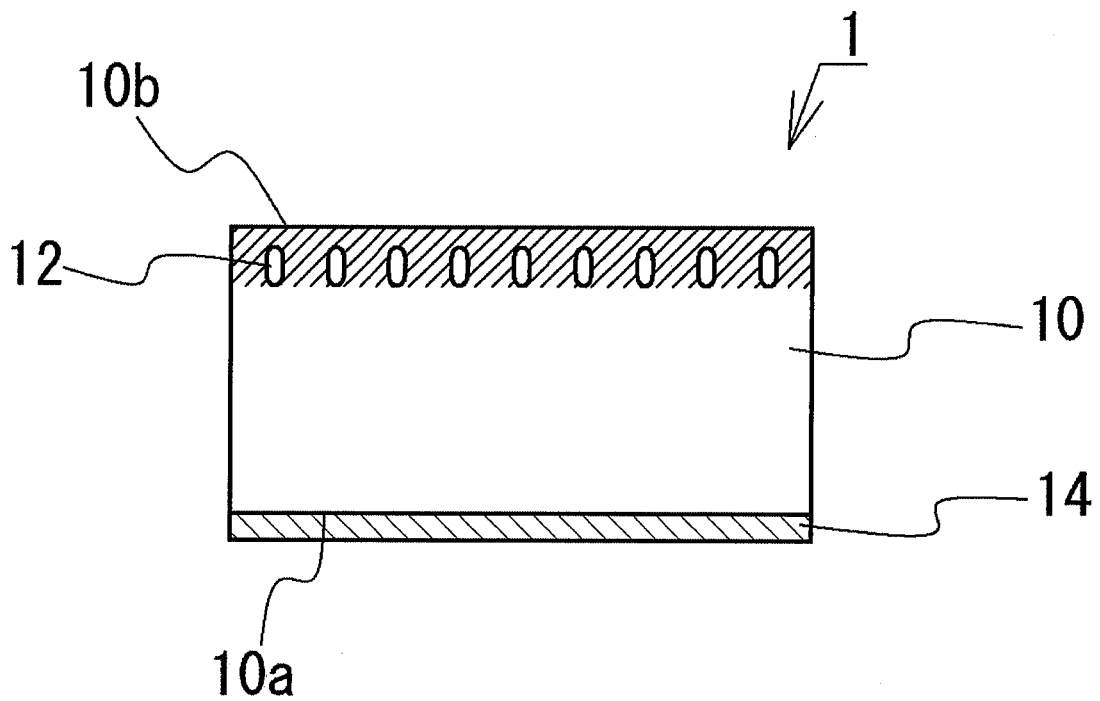


FIG. 6

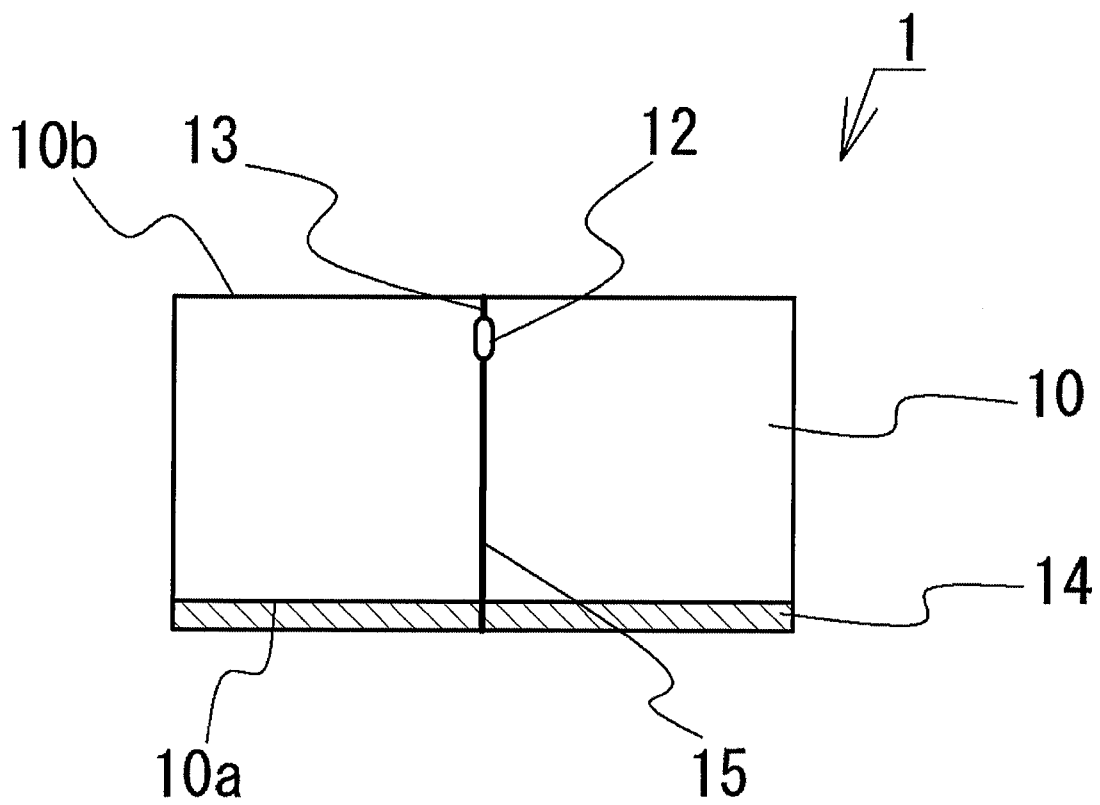


FIG. 7

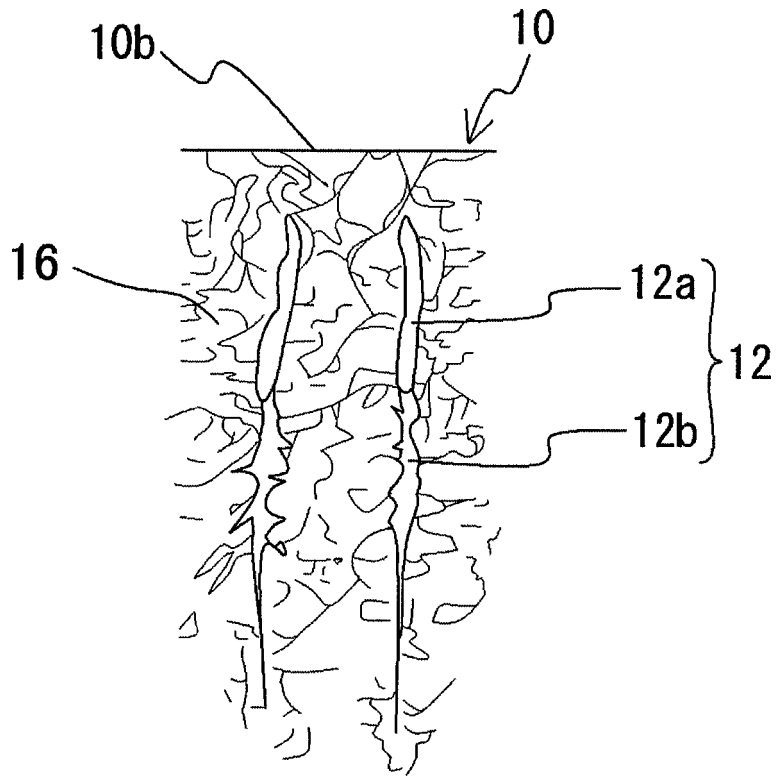


FIG. 8

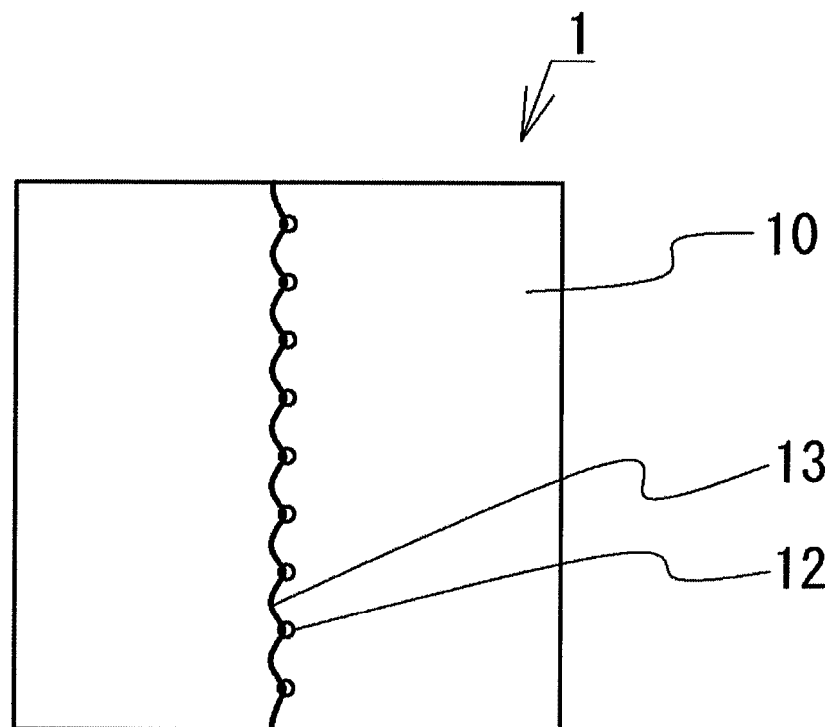


FIG. 9

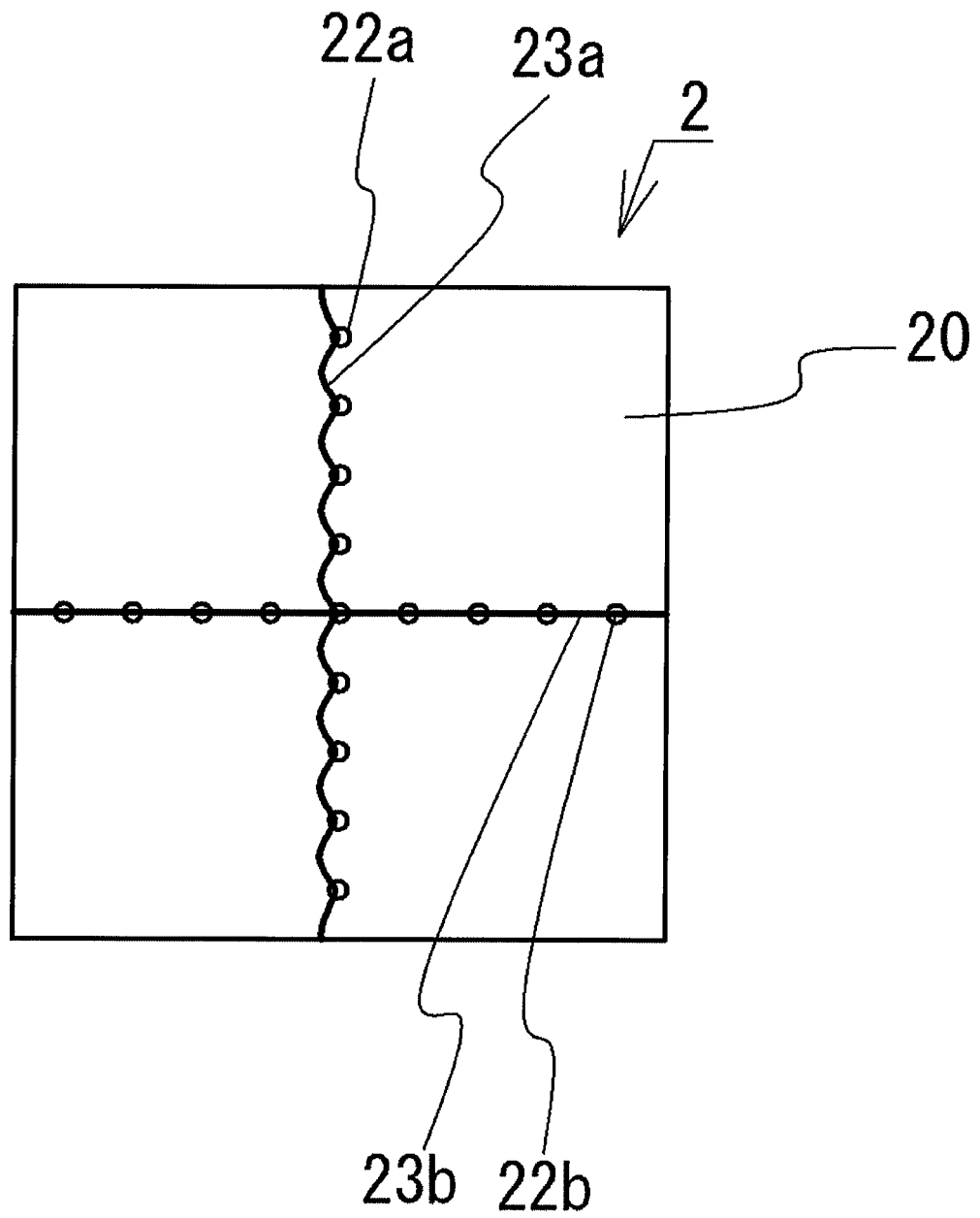


FIG. 10

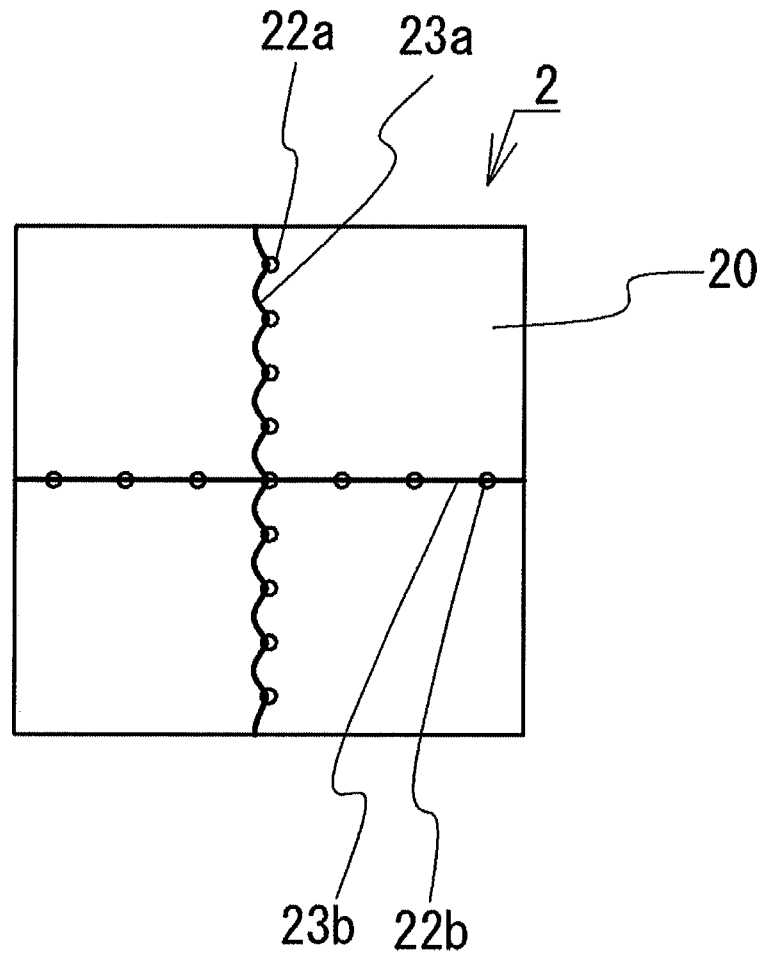


FIG. 11

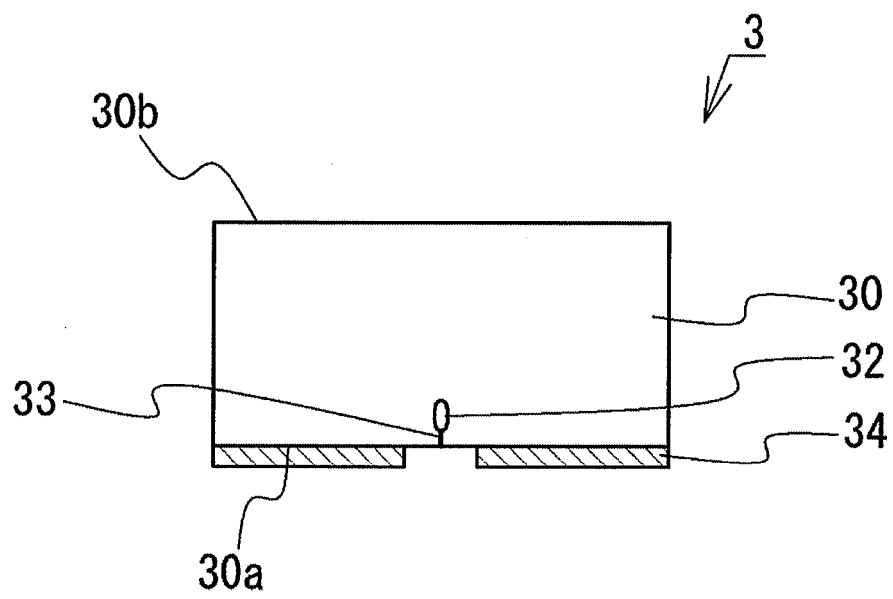


FIG. 12

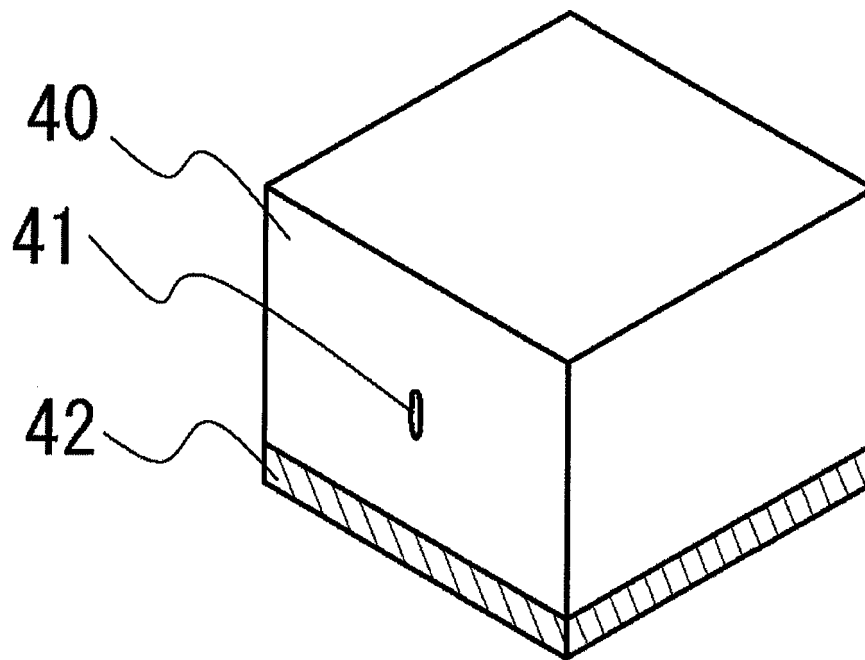


FIG. 13

