



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

(21) **PI 0612805-0 A2**



(22) Data de Depósito: 30/06/2006  
(43) Data da Publicação: 02/10/2012  
(RPI 2178)

(51) *Int.Cl.:*  
C30B 11/00  
C30B 15/10  
C30B 35/00

(54) **Título:** CADINHO PARA A CRISTALIZAÇÃO DE SILÍCIO, E, PROCESSO PARA A PREPARAÇÃO DO MESMO

(30) **Prioridade Unionista:** 01/07/2005 EP 05076520.5

(73) **Titular(es):** VESUVIUS CRUCIBLE COMPANY

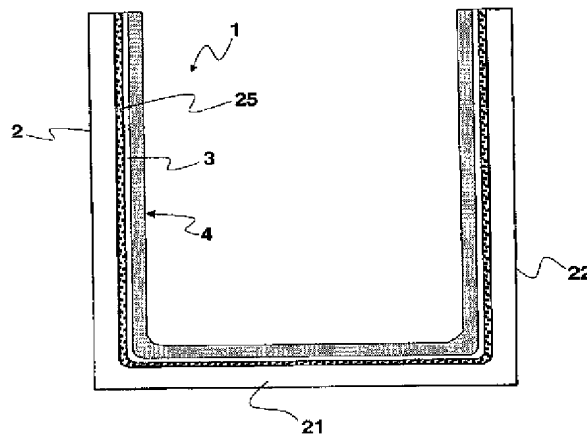
(72) **Inventor(es):** Gilbert Rancoule

(74) **Procurador(es):** MOMSEN, LEONARDOS & CIA.

(86) **Pedido Internacional:** PCT EP2006006347 de 30/06/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/003354de 11/01/2007

(57) **Resumo:** CADINHO PARA A CRISTALIZAÇÃO DE SILÍCIO, E, PROCESSO PARA A PREPARAÇÃO DO MESMO. A invenção refere-se a um cadinho para a cristalização de silício e a preparação e a aplicação de revestimentos liberáveis para cadinhos usados na manipulação de materiais fundidos que são solidificados no cadinho e então removidos como lingotes, e mais especialmente, a revestimentos liberáveis para cadinhos usados na solidificação de silício policristalino. O objetivo do inventor foi produzir um cadinho que não requeira a preparação de um revestimento muito espesso nas instalações do usuário final, que seja fácil e rápido de ser produzido e que apresente um efeito de liberação melhorado e que permita a produção de lingotes de silício sem rachaduras. Verificou-se agora que estes problemas podem ser resolvidos com um cadinho para a cristalização de silício que é compreendido de a) um corpo base compreendido de uma superfície de fundo e paredes laterais definindo um volume interno; b) uma camada de substrato compreendida de 80 a 100% em peso de nitreto de silício na superfície das paredes laterais voltadas para o volume interno, c) uma camada intermediária compreendida de 50 a 100% em peso de sílica no topo da camada de substrato; e d) uma camada superficial compreendida de 50 a 100% de nitreto de silício, até 50% em peso de dióxido de silício e até 20% em peso de silício no topo da camada intermediária.



## “CADINHO PARA A CRISTALIZAÇÃO DE SILÍCIO, E, PROCESSO PARA A PREPARAÇÃO DO MESMO”

### Descrição

5 A invenção refere-se a um cadinho para a cristalização de silício e a preparação e aplicação de revestimentos liberáveis para cadinhos usados na manipulação de materiais fundidos que são solidificados no cadinho e então removidos como lingotes, e mais especialmente, a revestimentos liberáveis para cadinhos usados na solidificação de silício poli-cristalino.

10 Os cadinhos de sílica (sílica fundida ou de quartzo) tipicamente utilizados na solidificação de silício poli-cristalino. A sílica é escolhida principalmente pela alta pureza e disponibilidade. Existem problemas na utilização de sílica, como um cadinho para a produção de silício através deste método.

15 O silício e no seu estado fundido e reagirá com o cadinho de sílica que está em contato com ele.

O silício fundido reage com sílica para formar monóxido de silício e oxigênio. O oxigênio contaminará o silício. O monóxido de silício é volátil, e reagirá com os componentes de grafite dentro da fornalha. O  
20 monóxido de silício reage com grafite para formar carbureto de silício e monóxido de carbono.

O monóxido de carbono então reagirá com o silício fundido, formando mais monóxido de silício volátil e carvão. O carvão contaminará o silício. O silício também pode reagir com as várias impurezas contidas no  
25 cadinho de sílica (ferro, boro, alumínio,...).

A reação entre a sílica e o silício promove a adesão do silício no cadinho. Esta adesão, combinada com uma diferença entre os coeficientes de expansão térmica dos dois materiais, cria a tensão no lingote de silício, fazendo com que o mesmo se rache durante o resfriamento. É sabido na

técnica que um revestimento liberável aplicado no interior do cadinho na área de contato com o lingote pode evitar a reação entre o silício e a sílica, que leva à contaminação do lingotes e a sua rachadura. Para ser efetivo, o revestimento liberável deve ser suficientemente espesso para evitar que o silício reaja com a sílica do cadinho, e não deve contaminar adversamente o silício por ele próprio ou por contaminantes dentro do mesmo.

Uma variedade de materiais e técnicas são descritos na literatura, tentando resolver o problema da reação e adesão ao cadinho em contato com o material fundido. Por exemplo, a patente americana de número 5.431.869 descreve um agente de liberação multi-componente de nitreto de silício e cloreto de cálcio para o processamento de silício, utilizando-se um cadinho de grafite. O documento ensina um cadinho para a cristalização de silício no qual a parede interna do cadinho é revestida com um pó de nitreto de silício para formar uma primeira camada tendo uma espessura de 150 a 300 microns. O documento não ensina a formação de outras camadas para a produção do cadinho, conforme definido na reivindicação 1 atual.

A patente US de número 4.741.925 descreve um revestimento de nitreto de silício para cadinhos, aplicado através de deposição de vapor químico a 1250 ° C, enquanto que a WO-A1-2004053207 apresenta um revestimento de nitreto de silício aplicado através por aspersão com plasma. A patente US número 3.746.569 apresenta a formação por pirólise de um revestimento de nitreto de silício sobre as paredes de um tubo de quartzo. A patente US número 4.218.418 descreve uma técnica para a formação de uma camada de vidro dentro de um cadinho de sílica, através do rápido aquecimento para evitar a rachadura do silício durante o processamento de fusão. A patente US número 3.660.075 apresenta um revestimento de carbureto de nióbio ou óxido de ítrio sobre um cadinho de grafite para fundir materiais fendíveis. O carbureto de nióbio é aplicado através de deposição de vapor químico, enquanto que o óxido de ítrio é aplicado como uma suspensão

coloidal em uma solução inorgânica aquosa.

As referências a técnica anterior incluem referências específicas a agentes de liberação de moldes em pó para a aplicação em cadinhos na solidificação direcional de silício. Além disso, são mencionados o uso de deposição de vapor químico, evaporação de solvente, tratamento com chama em temperatura elevada, e outros meios dispendiosos e complexos para a aplicação de revestimentos em cadinhos. São feitas referências a aglutinantes e solventes específicos. As referências são feitas em relação a mistura, aspersão, ou escovamento para suspensões de revestimentos em pó.

Este revestimentos de liberação de nitreto de silício, ele próprio, pode causar problemas. A espessura do revestimento de nitreto de silício necessária para evitar que o silício reaja com o cadinho de sílica é muito importante (em torno de 300 micrômetros) fazendo com que a operação de revestimento se torne dispendiosa e de longa duração. Além disso, este revestimento de nitreto de silício é mecanicamente fraco e pode se descascar ou se fragmentar durante, ou mesmo antes do uso. É portanto recomendado aplicar-se este revestimento no último momento antes do uso, i.e., no final da instalação no usuário, deixando portanto os riscos da aplicação deste revestimento espesso para o usuário final.

No pedido internacional co-pendente WO-A1- 2005106084, foi sugerido utilizar-se um cadinho para a cristalização de silício, compreendido de um corpo base que é compreendido de uma superfície do fundo e paredes laterais que definem um volume interno; uma camada intermediária compreendida de 50 a 100% em peso de sílica na superfície das paredes laterais voltadas para o volume interno; e uma camada superficial, compreendida de 50 a 100% em peso de nitreto de silício, até 50% em peso de dióxido de silício e até 20% em peso de silício no topo da camada intermediária.

Apesar deste cadinho já representar um passo significativo

para a frente com relação a técnica anterior, ainda existe algum espaço para melhorias. Especialmente, se durante a cristalização dos lingotes de silício, por qualquer razão, os lingotes de silício se aderem na camada superficial, serão geradas rachaduras na superfície que se espalharão ao longo do lingote durante o resfriamento.

O pedido internacional co-pendente WO-PO1- 2005106084 sugere superar-se este problema, limitando-se a adesão da camada intermediária ao corpo base e sugere, para este fim, a atuação na porosidade da camada intermediária. A invenção atual tem como objetivo propor uma solução alternativa que alcance este resultado.

Verificou-se agora que este objetivo pode ser alcançado com um cadinho para a cristalização de silício, que é compreendido de a) um corpo base compreendido de uma superfície de fundo e paredes laterais definindo um volume interno; b) uma camada de substrato compreendida de 80 a 100% em peso de nitreto de silício na superfície das paredes laterais voltadas para a superfície para as paredes laterais voltadas para o volume interno; c) uma camada intermediária compreendida de 50 a 100% de sílica no topo da camada de substrato; e d) uma camada superficial compreendida de 50 a 100% em peso de nitreto de silício, até 50% em peso de dióxido de silício e até 20% em peso de silício no topo da camada intermediária.

Na realidade, a camada de substrato compreendida de 80 a 100% em peso de nitreto de silício é fácil de ser aplicada na superfície das paredes laterais e produz um excelente efeito de liberação, de forma que mesmo se o lingote de silício se aderir na camada superficial, não aparecem rachaduras durante o resfriamento e o lingote pode ser retirado do molde muito facilmente sem danificar o lingote ou o corpo base do cadinho. Tal camada de substrato não é necessária se o corpo base já permite obter-se um efeito de liberação do mesmo nível.

A camada intermediária, compreendida de 50 a 100% em peso

de sílica no topo da camada do substrato é extremamente resistente e fácil de ser produzida. Com surpresa, não existe problema de descascamento ou fragmentação da camada intermediária, de forma que ela pode ser preparada antes de chegar nas instalações do usuário final e o usuário final necessita  
5 somente produzir uma camada fina superficial que é mais rápida e mais barata de ser aplicada. Além disso, com surpresa, verificou-se que esta camada intermediária aumenta tremendamente a adesão da camada superficial. Ainda com mais surpresa, a presença da camada de substrato não leva a uma redução da coesão e da resistência do revestimento total.

10 De acordo com uma realização vantajosa da invenção, a adesão da camada intermediária na camada de substrato é voluntariamente limitada, de forma que a adesão da camada intermediária na camada de substrato é menor do que a adesão da camada superficial no lingote de silício. A pessoa adestrada identificará facilmente a proporção apropriada de  $\text{Si}_3\text{N}_4$   
15 (entre 80 e 100% em peso) requerida para obter-se o melhor efeito.

Vantajosamente, a camada de substrato tem uma espessura de 20 a 300 micrômetros, e mais vantajosamente, de 50 a 150 micrômetros (que é a espessura preferida para se conseguir uma deslaminação eficiente entre o corpo base e o revestimento).

20 A camada de substrato pode ser compreendida de um aglutinante (orgânico, não orgânico, ou organo-metálico) em uma quantidade de 1 a 20% em peso. De preferência, um aglutinante orgânico, como uma resina orgânica, como polietileno glicol, álcool polivinílico, policarbonato, epoxi, carboximetilcelulose é usado em uma quantidade de 1 a 5% em peso.

25 Outra a vantagem deste revestimento é que ele pode ser aplicado em vários materiais de cadinho, de forma que o usuário final que recebe um cadinho com uma camada intermediária contendo sílica não necessita desenvolver procedimentos específicos e diferentes para revestir os vários materiais. A camada de substrato pode ser aplicada sobre cadinhos de

quartzo, sílica fundida, SiAlON, carbureto de silício, alumina ou mesmo grafite.

Vantajosamente, a camada de substrato tem uma espessura de 20 e a 300 micrômetros (que é a espessura preferida para se obter uma deslaminação eficiente entre o corpo base e o revestimento.

Vantajosamente, a camada intermediária tem uma espessura de 50 a 500 micrômetros, de preferência, de 200 a 500 micrômetros, para produzir a maior parte das espessura necessária para evitar a reação do silício com o cadinho, e a contaminação do silício com contaminantes dentro do mesmo.

Além da sílica, a camada intermediária pode compreender qualquer material que, após a queima, ficará estável e não reagirá com o silício. Materiais de alumina ou sílico-aluminato são especialmente adequados. Os materiais carbonáceos que serão queimados durante a queima, também podem ser usados para certas aplicações.

A camada intermediária pode ser compreendida de um aglutinante não orgânico (como sílica coloidal e/ou orgânico (como uma resina orgânica como polietileno glicol, álcool polivinílico, policarbonato, epoxi, carboximetilcelulose). A quantidade de aglutinante orgânico e não orgânico incorporada na composição depende dos requisitos de aplicação (resistência do revestimento não queimado, etc). Tipicamente, o revestimento é compreendido de 5 a 20% em peso de aglutinante não orgânico e de até 5% em peso de aglutinante orgânico. Usualmente, a camada intermediária é aplicada em água ou em solvente através de aspersão ou escovamento. De preferência, através de aspersão, em um sistema com base aquosa, compreendido de uma quantidade apropriada de água, para permitir a colocação em suspensão de toda a composição.

De acordo com uma realização específica da invenção, o cadinho é compreendido de uma outra camada (uma segunda camada intermediária) no topo da camada intermediária. Esta outra camada compreendida de até 50% em

peso de nitreto de silício, o restante consistindo essencialmente de dióxido de silício. Esta camada adicional melhora a compatibilidade entre a camada superficial e a primeira camada intermediária e melhora fortemente a sua adesão. Quando presente, esta camada adicional terá uma espessura de até 200  
5 micrômetros, de preferência, de 50 a 100 micrômetros.

Dependendo da utilização, a camada superficial terá uma espessura de 50 micrômetros a 500 micrômetros, de preferência, de 200 a 500 micrômetros. Para evitar qualquer contaminação, é essencial que a camada superficial seja de pureza muito elevada com um teor de carbono ultra baixo.  
10 Tipicamente, a camada superficial será compreendida de 50 a 100% em peso de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , até 50% em peso de  $\text{SiO}_2$  e até 20% em peso de silício.

Usualmente, a camada superficial será aplicada por aspensão, escovamento ou qualquer outra tecnologia conhecida para a deposição de camada fina de alta pureza, de preferência, através de aspensão. Em uma  
15 realização preferida do processo de acordo com a invenção, a etapa de aplicação do revestimento é precedida por uma etapa de aquecimento em uma temperatura e durante um tempo apropriado para a calcinação dos compostos orgânicos presentes no revestimento. Deve-se notar que quando é utilizada uma camada intermediária de acordo com a invenção, a espessura da camada  
20 superficial pode ser grandemente reduzida sem prejudicar as propriedades do revestimento. (propriedades de adesão).

A invenção será agora descrita com referência às figuras anexas que servem somente para ilustrar a invenção e não se destinam a limitar o seu escopo. Ambas as figuras 1 e 2 mostram seções em corte de  
25 cadinhos de acordo com a invenção.

Com relação a estas figuras, o cadinho é designado com o número de referência 1. Ele é compreendido de um corpo base 2, que é compreendido de uma superfície de fundo 21 e paredes laterais 22 que definem um volume interno para a cristalização do silício. O cadinho é

compreendido de uma camada de substrato 25 na superfície das paredes laterais 22 voltadas para o volume interno, compreendidas de 80 a 100% em peso de nitreto de silício. O cadinho também é compreendido de uma camada intermediária 3 que compreende de até 100% em peso de sílica no topo da  
5 camada de substrato 25.

Na figura 2, o cadinho é compreendido de uma camada intermediária adicional 31 que compreende de até 50% em peso de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , o restante consistindo essencialmente de  $\text{SiO}_2$ . Tal revestimento intermediário adicional não está presente na figura 1. Em ambas as figuras, o cadinho 1 é  
10 ainda compreendido de uma camada superficial 4 que compreende  $\text{Si}_3\text{N}_4$ .

A invenção será agora ilustrada por intermédio de exemplos e de exemplos comparativos de acordo com a invenção. Nas tabelas que se seguem, foi determinada a adesão de vários revestimentos de acordo com a ASTM D 4541, utilizando um POSITEST PULL-OFF ADHESION TESTER  
15 9 da firma DEFELSKO Corp.). Este equipamento de teste avalia a adesão do revestimento, determinando a maior tensão de tração que ele pode suportar antes de ser descascado, i.e., a força requerida para descascar um diâmetro de teste especificado de revestimento do seu substrato, utilizando-se pressão hidráulica. A força é expressa em termos de pressão (kPa).

20 Exemplos de camadas de substrato:

Tabela I - camada de substrato

|   | TA   | TB   | TC          | TD  |
|---|------|------|-------------|-----|
| Sílica coloidal**                                   |      |      |             | 5   |
| Grãos de sílica (10 - 20 $\mu\text{m}$ )**          |      |      | 5           |     |
| Água deionizada**                                   | + 55 |      |             |     |
| Água deionizada + aglutinante**<br>(PVA 5% em peso) |      | + 70 | + 65        |     |
| Pó de nitreto de silício**                          | 100  | 100  | 80          | 85  |
| Si**  |      |      | 15          | 10  |
| Espessura da camada ( $\mu\text{m}$ )               | 100  | 200  | 200         | 300 |
| Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )                        | 5    | 5    | $\approx 5$ | 5   |

\*\* (% em peso)

As composições preferidas são TA e TB, a composição mais preferida sendo a TB.

Exemplos de camadas intermediárias:

TABELA II - camada intermediária

|  | A    | B   | C   | D           | E            | F            | G    |
|--|------|-----|-----|-------------|--------------|--------------|------|
| Sílica coloidal**                                    |      |     |     | 25          | 30           | 30           | 15   |
| Sílica defumada ( $\approx 1 \mu\text{m}$ )**        |      | 20  | 20  | 10          |              | 10           | 20   |
| Grãos de sílica (10-20 $\mu\text{m}$ )**             | 100  | 40  | 40  |             | 6            | 10           | 65   |
| Grãos de sílica (20-44 $\mu\text{m}$ )**             |      |     | 20  | 65          | 60           | 60           |      |
| Grãos de sílica (45-100 $\mu\text{m}$ )**            |      | 40  | 20  |             | 4            |              |      |
| Água deionizada**                                    |      | +50 |     | +50         |              |              |      |
| Água deionizada + aglutinante**<br>(PVA 10% em peso) | +70  |     | +66 |             | +50          | +45          | +60  |
| Espessura da camada ( $\mu\text{m}$ )                | 300  | 500 | 500 | 150         | 500          | 250          | 200  |
| Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )                         | 5    | 8   | 12  | $\approx 5$ | $\approx 15$ | $\approx 10$ | 5    |
| Adesão (kPa)   | 1103 | 345 | 827 | 827         | 1241         | 1379         | 1103 |

\*\* (% em peso)

Os exemplos preferidos são aqueles das composições C e G, G sendo o mais preferido.

5

Exemplos de camadas intermediárias adicionais:

TABELA III- Camada intermediária adicional

|   | IA   | IB   | IC   |
|---|------|------|------|
| Sílica defumada ( $\approx 1 \mu\text{m}$ )**         |      | 20   |      |
| Grãos de silicato (10 - 20 $\mu\text{m}$ )**          | 60   | 40   |      |
| Grãos de sílica (21 - 44 $\mu\text{m}$ )**            | 60   |      |      |
| Água deionizada**                                     | + 60 |      |      |
| Água deionizada + aglutinante**<br>(PVA 10% em peso)) |      | + 70 | + 80 |
| Pó de nitreto de silício**                            | 40   | 40   | 40   |
| Espessura da camada ( $\mu\text{m}$ )                 | 50   | 75   | 100  |
| Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )                          | 10   | 8    | 5    |

\*\* (% em peso)

A composição preferida é aquela do exemplo IB.

Exemplos de camada superficial:

TABELA IV- Camada superficial

|   | SA  | SB   | SC          | SD  |
|---|-----|------|-------------|-----|
| Sílica coloidal**                                     |     |      |             | 5   |
| Grãos de sílica (10 - 20 $\mu\text{m}$ )**            |     |      | 5           |     |
| E água deionizada**                                   | +55 |      |             |     |
| Água deionizada + aglutinantes**<br>(PVA 10% em peso) |     | + 70 | + 65        |     |
| Pó de nitreto de silício**                            | 100 | 100  | 80          | 85  |
| Si**  |     |      | 15          | 10  |
| Espessura da camada de ( $\mu\text{m}$ )              | 100 | 200  | 200         | 300 |
| O rugosidade ( $\mu\text{m}$ )                        | 5   | 5    | $\approx 5$ | 5   |
| A adesão*** (kPa)                                     | 241 | 827  | 965         | 827 |

\*\* (% em peso)

\*\*\*: com um substrato correspondente à camada intermediária G

10

As composições preferidas são SA e SB, a composição mais preferida sendo a SB.

Exemplos de cadinhos

TABELA V- Cadinho

|                                    | 1   | 2      | 3      | 4*     | 5*    | 6*    |
|------------------------------------|-----|--------|--------|--------|-------|-------|
| Camada de substrato                | TA  | TB     | TB     | -      | -     | -     |
| Camada intermediária               | A   | B      | C      | D      | -     | -     |
| Outra camada intermediária         | IA  | -      | IC     | -      | -     | -     |
| Revestimento superficial           | SA  | SB     | SC     | SD     | SB    | SD    |
| Adesão do revestimento superficial | Boa | Excel. | Excel. | Boa    | Pobre | Pobre |
| Presença de rachaduras no lingote  | Não | Não    | Não    | Alguma | Sim   | Sim   |

5 \*: exemplo comparativo

Deve-se notar que a espessura das camadas superficiais SB e SD foi dobrada nos exemplos 5 e 6.

## REIVINDICAÇÕES

1. Cadinho (1) para a cristalização de silício, caracterizado pelo fato de compreender:

a) um corpo base (2) compreendido de uma superfície de fundo (21) e paredes laterais (22) definindo um volume interno;

b) uma camada de substrato (25), compreendida de 80 a 100% em peso de nitreto de silício na superfície das paredes laterais (22) voltadas para o volume interno;

c) uma camada intermediária (3), compreendida de 50 a 100% em peso de sílica no topo da camada de substrato (25); e

d) uma camada superficial (4) compreendida de 50 a 100% em peso de nitreto de silício, até 50% em peso de dióxido de silício e até 20% em peso de silício no topo da camada intermediária.

2. Cadinho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da camada de substrato ter uma espessura compreendida entre 20 e 300 micrômetros.

3. Cadinho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da camada intermediária ter uma espessura compreendida entre 50 e 500 micrômetros.

4. Cadinho de acordo com qualquer das reivindicações 1, caracterizado pelo fato do cadinho (1) compreender uma outra camada intermediária (31) no topo da primeira camada intermediária (3) compreendida de até 50% em peso de nitreto de silício, o restante sendo dióxido de silício.

5. Cadinho de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato da camada intermediária adicional (31) ter uma espessura de até 200 micrômetros.

6. Cadinho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da camada superficial (4) ter uma espessura compreendida de 50

micrômetros a 500 micrômetros.

7. Cadinho de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de a camada superficial (4) ser compreendida de 50 a 100% em peso de  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , até 40% em peso de  $\text{SiO}_2$  e até 10% de silício.

5 8. Processo para a preparação de um cadinho (1) para a cristalização de silício, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

a) produção de um corpo base (2) compreendido de uma superfície de fundo (21) e paredes laterais (22) definindo um volume interno;

10 b) aplicação de uma camada de substrato (25) compreendida de 80 a 100% em peso de nitreto de silício na superfície das paredes laterais (22) voltadas para o volume interno;

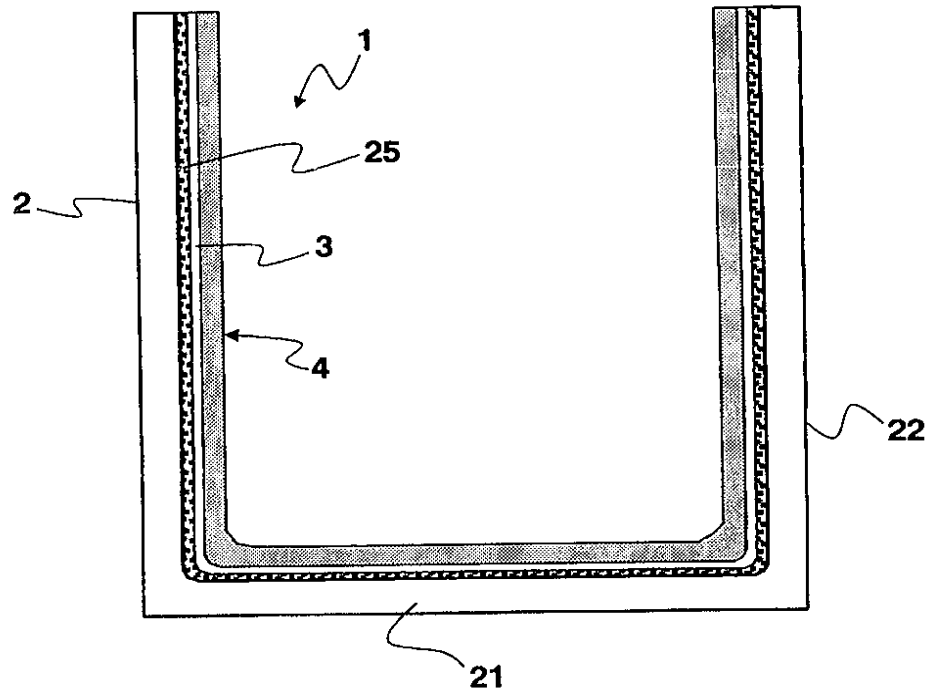
c) aplicação de uma camada intermediária (3) compreendida de 50 a 100% em peso de sílica no topo da camada de substrato (25); e

15 d) aplicação de uma camada superficial (4) compreendida de 50 a 100% em peso de nitreto de silício, até 50% em peso de dióxido de silício e até 20% em peso de silício no topo da camada intermediária (3,31).

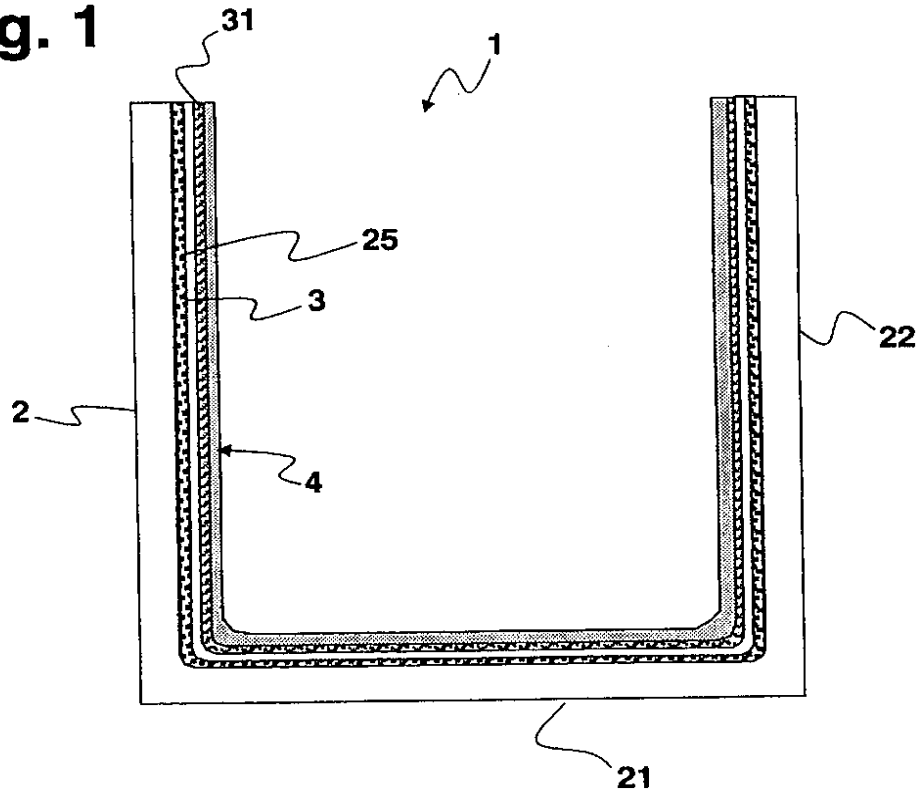
20 9. Processo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de compreender uma etapa adicional c") de aplicação de uma camada adicional intermediária (31) compreendida de até 50% em peso de nitreto de silício, o restante sendo dióxido de silício, no topo da camada intermediária (3) antes da etapa c).

10. Processo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de pelo menos uma das etapas b), c), c') ou d) ser executada através de aspersão.

25 11. Processo de acordo com qualquer das reivindicações 8 a 10, caracterizado pelo fato de ser ainda compreendido de uma etapa de aquecimento do cadinho revestido em uma temperatura e durante um tempo apropriado para calcinar os compostos orgânicos presentes no revestimento.



**Fig. 1**



**Fig. 2**

RESUMO**“CADINHO PARA A CRISTALIZAÇÃO DE SILÍCIO, E, PROCESSO PARA A PREPARAÇÃO DO MESMO”**

A invenção refere-se a um cadinho para a cristalização de silício e a preparação e a aplicação de revestimentos liberáveis para cadinhos usados na manipulação de materiais fundidos que são solidificados no cadinho e então removidos como lingotes, e mais especialmente, a revestimentos liberáveis para cadinhos usados na solidificação de silício policristalino. O objetivo do inventor foi produzir um cadinho que não requeira a preparação de um revestimento muito espesso nas instalações do usuário final, que seja fácil e rápido de ser produzido e que apresente um efeito de liberação melhorado e que permita a produção de lingotes de silício sem rachaduras. Verificou-se agora que estes problemas podem ser resolvidos com um cadinho para a cristalização de silício que é compreendido de a) um corpo base compreendido de uma superfície de fundo e paredes laterais definindo um volume interno; b) uma camada de substrato compreendida de 80 a 100% em peso de nitreto de silício na superfície das paredes laterais voltadas para o volume interno, c) uma camada intermediária compreendida de 50 a 100% em peso de sílica no topo da camada de substrato; e d) uma camada superficial compreendida de 50 a 100 % de nitreto de silício, até 50% em peso de dióxido de silício e até 20% em peso de silício no topo da camada intermediária.