

ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

ZVEŘEJNĚNÁ PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

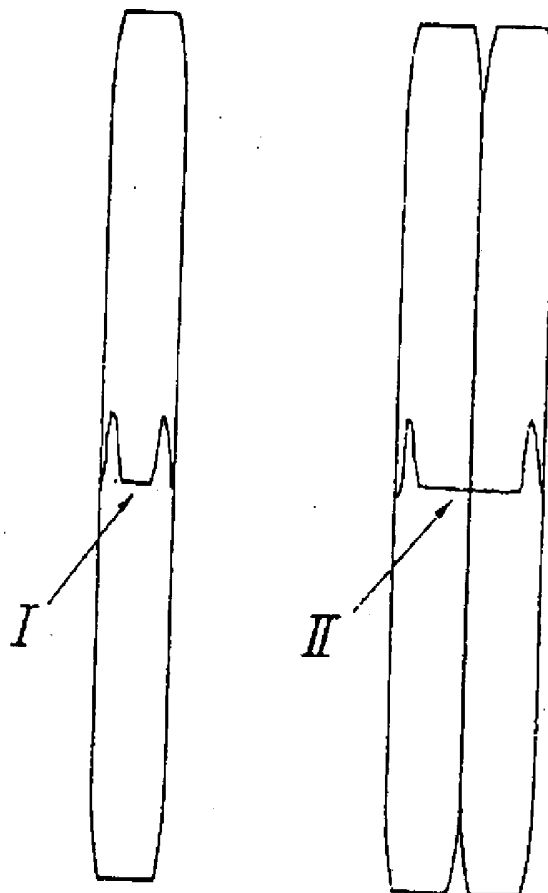
(22) 11.11.91
(32) 11.11.91, 15.11.90
(31) 91IT/9100095, 90/48481
(33) WO, IT
(40) 17.11.93

(71) MEMC ELECTRONIC MATERIALS S.p.A., Novara, IT;

(72) Falster Robert, Milano, IT;
Ferrero Giancarlo, Torino, IT;
Fisher Graham, Novara, IT;
Olmo Massimiliano, Novara, IT;
Pagani Marco, Novara, IT;

(54) Způsob zpracování křemíkových plátek čipů pro
dosazení regulovaných profilů hustoty
precipitací

(57) Řešení se týká způsobu zpracování křemíkových plátek určených pro výrobu elektronických součástek pro integrované obvody, který zahrnuje následující základní operace: a) plátek se podrobí předběžnému tepelnému zpracování při teplotě od 950 do 1150 °C, zejména při asi 1100 °C, po dobu asi 15 minut; b) po standardním chemickém korozním (leptacím) zpracování se dvojice plátek, spojených do těsného vzájemného tepelného styku, podrobí rychlému tepelnému zpracování žháním při teplotě v rozmezí od 1200 do 1275 °C po dobu několika desítek sekund; c) plátky se podrobí dalšímu prodlouženému tepelnému zpracování při teplotě v rozmezí od 900 do 1000 °C a nakonec se d) plátky vyjmou z pece a povrchy, které byly v těsném vzájemném styku v průběhu rychlého zpracování žháním, se vyleští. Výsledné plátky mají takový profil hustoty precipitátů, že v blízkosti jednoho jejich povrchu se nalézá koncentrační pik (pasťová zóna) a v blízkosti druhého povrchu se nalézá plát s velmi nízkou koncentrací (aktivní zóna).



(a)

(b)

PRŮM. VÝVOJ VLASTNOSTI	URAD 10. V. 93	028326	00310
---------------------------	-------------------	--------	-------

Způsob zpracování křemíkových plátek čipů pro dosažení regulovaných profilů hustoty precipitací

Oblast techniky

Vynález se obecně týká způsobu výroby polovodičových substrátů, zejména tzv. křemíkových plátek pro čipy, kterých se používá při výrobě elektronických součástek. Zejména se vynález týká způsobu zpracování křemíkových plátek za podmínek, které se hodí pro regulaci koncentrace a distribučního profilu getrování nebo vnitřních pastových míst.

Dosavadní stav techniky

Monokrystalický křemík, který je, jak známo výchozí látkou pro většinu postupů při výrobě polovodičových elektronických součástek, se obvykle vyrábí tzv. Czochralskiho postupem, při němž se očkovací monokrystal ponoří do roztaveného křemíku a potom se nechá růst při pomalém odtahování.

Jelikož je roztavený křemík obsažen v křemenném kelímku, dochází k jeho kontaminaci různými nečistotami, z nichž je nejdůležitější kyslík. Při teplotě křemíkové taveniny kyslík vstupuje do krystalické mřížky tak dlouho, dokud se nedosáhne koncentrace, která je dána rozpustností kyslíku v křemíku při teplotě křemíkové taveniny a konkrétním segregačním koeficientem kyslíku v pevném křemíku. Takové koncentrace jsou vyšší než je rozpustnost kyslíku v pevném křemíku při teplotách, které jsou typické pro způsoby výroby integrovaných obvodů. Z toho důvodu dochází při růstu krystalu z roztavené hmoty a jeho chlazení k rychlému poklesu rozpustnosti kyslíku, takže ve výsledných plátcích je kyslík přítomen v přesycené koncentraci. Tato

přesycená koncentrace způsobuje při následujících cyklech tepelného zpracování plátek precipitací kyslíku.

Precipitace kyslíku může způsobovat užitečné, ale i škodlivé efekty. Užitečné efekty jsou spojeny se schopností kyslíkových precipitátů (a "defektů", které jsou s nimi spojeny) uvěznit nežádoucí kovové nečistoty, které by se dodatečně mohly dostat do styku s plátkem v průběhu následné výroby elektronických součástek a zhoršit vlastnosti těchto součástek. Škodlivé účinky vyplývají ze skutečnosti, že samotné tyto precipitáty představují nečistoty, pokud jsou umístěny v aktivní oblasti plátku, kde je naopak při výrobě, například integrovaných obvodů, nutná vysoká čistota.

V průběhu let bylo navrženo mnoho postupů zpracování křemíkových plátek, jimiž by bylo možno dosáhnout, aby aktivní oblast, která od povrchu plátku zasahuje do hloubky několika mikrometrů, v podstatě neobsahovala výše uvedené defekty, kdežto aby zbývající tloušťka plátku měla hustotu takových defektů dostatečně vysokou pro účinné uvěznění nežádoucích kovových nečistot.

Takové postupy jsou známy pod označením pastové nebo vnitřní getrovací postupy a oblast, která neobsahuje defekty, v blízkosti povrchu plátku bývá označována názvem denudovaná zóna.

Úkolem tohoto vynálezu je vyvinout způsob regulace koncentrace pastových center přítomných v křemíkových plátcích a zejména způsob zajišťování profilu hustoty defektů, kterého je zapotřebí pro získání dobré denudované zóny a dobrého vnitřního pastového efektu.

Přesněji je možno vyjádřit, že první aspekt vynálezu se týká regulace úrovně precipitace kyslíku

v křemíkových plátcích a druhý aspekt se týká regulace profilu hustoty kyslíkových precipitátů tak, aby maximum tohoto profilu mohlo působit jako pastová oblast, která by byla rozlišitelná a vzdálená od aktivní oblasti součástky. Třetí aspekt vynálezu se týká výroby plátek s regulovanou precipitací, které mají účinnou denudovanou zónu odpovídající účinné oblasti součástky a vysoce účinnou pastovou zónu ve zbývajícím objemu.

Podstata vynálezu

Výše uvedené úkoly jsou vyřešeny způsobem zpracování křemíkových plátek určených pro výrobu elektronických součástek pro integrované obvody, jehož podstata spočívá v tom, že zahrnuje následující základní operace:

a) plátek se podrobí předběžnému tepelnému zpracování při teplotě od 950 do 1 150 °C, zejména při asi 1 100 °C, po dobu asi 15 minut;

b) po standardním chemickém korozním (leptacím) zpracování se dvojice plátek, spojených do těsného vzájemného tepelného styku, podrobí rychlému tepelnému zpracování žíháním při teplotě v rozmezí od 1 200 do 1 275 °C po dobu několika desítek sekund;

c) plátky se podrobí dalšímu prodlouženému tepelnému zpracování při teplotě v rozmezí od 900 do 1 000 °C a nakonec se

d) plátky vyjmou z pece a povrchy, které byly v těsném vzájemném styku v průběhu rychlého zpracování žíháním, se vyleští. Pro spojení dvou plátek postačuje, jestliže se tyto plátky dostanou svými povrchy do

mechanicko-tepelného styku. Jiné metody těsnějšího spojení, při nichž vznikají mezi spojenými povrchy plátek atomové vazby, nejsou nutné, ale může se jich použít.

Jak bude lépe vysvětleno v dalším popisu, dochází v průběhu rychlého tepelného zpracování žháním při způsobu podle vynálezu při vysoké teplotě nejprve ke tvorbě nukleačních center, která jsou označována názvem prekursorů a z těchto prekursorů dodatečně vznikají klasické defekty.

Přestože dosavadní stav techniky zahrnuje publikace, které uvádějí tvorbu těchto prekursorů, při postupu podle vynálezu existují, ve srovnání s dosavadním stavem techniky, značné rozdíly. Především, doba tvorby těchto prekursorů je podstatně kratší, než se dříve uvádělo. Za druhé, pro vysokoteplotní zpracování podle vynálezu postačuje teplota pouze asi 1 200 °C. Za třetí, není nutné zpracování při poměrně nízké teplotě, při asi 650 °C, pro vytvoření vhodného profilu hustoty defektů.

Konečně, při spojení dvou plátek v průběhu rychlého tepelného zpracování žháním při vysoké teplotě, dochází v každém plátku k úplně nesymetrickému profilu, který je charakteristický tím, že na jedné straně plátku je velmi vysoká hustota defektů, zatímco na druhé je hustota defektů velmi nízká. Takového rozložení defektů se dosahuje pouze tím, že se využívá zjištění, že chlazení plátek má důležitou úlohu při tvorbě profilu hustoty defektů.

Další konkrétní znaky vynálezu a výhody, které vynález přináší, jsou zřejmé z dalšího popisu, v němž se používá odkazů na připojené obrázky. Tyto obrázky mají ilustrativní charakter a neomezují rozsah vynálezu.

Přehled obr. na výkrese

Na obr. 1 je znázorněn profil hustoty precipitátů, jakožto funkce hloubky u jednoho křemíkového plátku zahřívaného na teplotu blízkou 1 200 °C po dva krátké, ale zřetelné časové intervaly 20 a 35 sekund.

Na obr. 2a a 2b je uvedeno srovnání případu, při němž se zpracovává jeden plátek a případu, při němž se zpracovává dvojice spojených plátků způsobem podle tohoto vynálezu.

Na obr. 3 je znázorněn profil hustoty precipitátů, jakožto funkce hloubky jednoho ze dvou plátků, který byl ve spojené formě podroben zpracování způsobem podle vynálezu.

Před tím, než se přejde k podrobnému popisu jednotlivých stupňů způsobu podle vynálezu, považuje se za důležité osvětlit kořeny, z nichž vynález vychází. Výchozím bodem pro vynález se stalo zjištění, že když se křemíkové plátky podrobí rychlému tepelnému zpracování žíháním při vysoké teplotě, zejména při teplotě v rozmezí od 1 200 do 1 300 °C, v krátkých časových intervalech, dosáhne se podstatného zlepšení precipitace kyslíku. Zjistilo se zejména, že taková intenzifikace postupu je závislá na teplotě a neprojeví se homogenitou uvnitř plátku. Bylo zjištěno, že vzniknou dva koncentrační píky v blízkosti dvou hlavních povrchů plátku, přičemž v centrální zóně je oblast minima, které má podobu plató.

Důkazem tohoto jevu je obr. 1, kde je možné snadno rozeznat dva píky v blízkosti dvou hlavních povrchů plátku a centrální plató. Rovněž je zřejmá odlišnost profilů, v závislosti na dvojnásobném trvání tohoto zpracování (20 s a 35 s).

Z fyzikálního hlediska bylo zjištěno, že při tomto rychlém tepelném zpracování žiháním při vysoké teplotě vznikají tzv. defekty, které působí jako prekursory při následující nukleaci a růstu kyslíkových precipitátů.

Dále se při práci na vynálezu zjistilo, že tepelné zpracování při teplotě 900 až 1 000 °C plátků, které již byly dříve podrobeny rychlému tepelnému zpracování žiháním, nepodporuje další nukleaci a naopak způsobuje rozpuštění určité části výše uvedených prekursorů, které vznikly při vysoké teplotě. Skutečně bylo prokázáno, že takové prekursory představují určitou nestabilitu, když jsou chlazeny na teplotu nižší, než je teplota, při níž vznikly. Jakožto kompenzace, má zpracování při 900 až 1 000 °C za následek růst již popřípadě vzniklých precipitačních jader a celkovou stabilizaci defektů vytvořených v průběhu rychlého tepelného zpracování žiháním.

Konečně je vynález založen na objevu, že nestabilita prekursorů, vzniklých při vysoké teplotě, může být uvedena do tak blízkého vztahu s podmínkami chlazení, že byla vytvořena hypotéza, že teplotní gradient ve vnitřku plátku v průběhu chlazení může mít za následek nerovnoměrnost rozpouštění defektů při vysoké teplotě. Tato hypotéza, která by především mohla vysvětlit rozdíl v hodnotě píků hustoty, odpovídajících dvěma různým povrchům tím, že se zde uplatňuje rozdílná hodnota emisivity těchto dvou povrchů, z nichž jeden je vyleštěn a druhý je hrubý, byla dále potvrzena experimentálními pracemi, z nichž je zřejmé, že když se tepelná emisivita jednoho z povrchů podstatně sníží a když se tedy chlazení plátku z této strany podstatně zpomalí, například tepelným zastíněním takového povrchu, dojde v podstatě k eliminaci píku, který odpovídá tomuto povrchu.

S tímto důležitým pozorováním je spojen jeden z hlavních znaků tohoto vynálezu, který spočívá v tom, že se plátky nezpracovávají jednotlivě, nýbrž ve vzájemném spojení do dvojic, v nichž jsou plátky ve vzájemném úzkém styku a navzájem si poskytují tepelné stínění. Dvoupíková distribuce profilu defektů při zpracování jediného plátku, která je označena šipkou v obr. 2a, zůstává zachována i v případě dvou spojených plátků (viz obr. 2b), ale v tomto příkladě se vztahuje dohromady na dvojici plátků, takže po jejich oddělení bude mít každý plátek takový profil hustoty defektů, že v blízkosti jednoho povrchu se bude nalézat pík a v blízkosti druhého téměř nulové plató. A právě tohoto výsledku je žádoucí dosáhnout bez toho, aby bylo nutné se uchýlovat k dlouhému a pracnému, složitému tepelnému zpracování, za účelem vytvoření kvalitní denudované zóny, která by byla vhodná pro další výrobu integrovaných obvodů.

Profil hustoty kyslíkových precipitátů, jakožto funkce hloubky plátku zpracovávaného ve dvojici s jiným plátkem, v případě dvou teplot (1 200 a 1 250 °C), je přesněji znázorněn na obr. 3.

Způsob podle vynálezu se opírá o kombinaci výše uvedených pozorování a jeho podstatou jsou následující pracovní operace.

Při druhé operaci se plátky, které byly před tím podrobeny standardnímu chemickému koroznímu (leptacímu) zpracování, podrobí ve dvojicích, v nichž mají plátky těsný vzájemný kontakt, rychlému tepelnému zpracování žiháním, při němž obdrží tepelný puls o trvání několika desítek sekund při teplotě ležící přibližně v intervalu 1 200 až 1 275 °C. Jelikož hustota vytvořených defektů závisí jak na době, tak na teplotě, jak je zřejmé z obr. 1 a 3, závisí volba těchto

parametrů na požadované hustotě defektů, které se má dosáhnout.

Na tuto operaci navazuje další tepelné zpracování při teplotě v rozmezí od 950 do 1 150 °C, které je popřípadě rozděleno do dvou stupňů (tak například první stupeň se může provádět při 900 °C po dobu 4 hodin a druhý stupeň při teplotě 1 000 °C po dobu 16 hodin). Účelem této operace je stabilizace a vyvolání růstu precipitačních prekursorů, které byly vytvořeny v předcházející operaci a současná eliminace jejich nestabilního podílu.

Při následující operaci se plátky vyjmou z pece a povrchy, které byly v těsném vzájemném styku během vysoko-teplotního rychlého tepelného zpracování žháním, se standardním způsobem vyleští. Profil pík - plató, který byl vytvořen ve dvou předcházejících operacích zajišťuje, že, na jedné straně, v blízkosti vyleštěného povrchu je velmi nízká hustota defektů (plató) a tím je vytvořena denudovaná zóna, která se výborně hodí pro výrobu integrovaných obvodů a na druhé straně, v blízkosti zadního povrchu plátku, daleko od aktivní oblasti, je vysoká a dobře regulovaná hustota defektů, která se výborně hodí pro požadovanou funkci pastí na kontaminující látky.

Při způsobu podle vynálezu se dále zjistilo, že podoba profilu precipitátů je přinejmenším ovlivněna, pokud není přímo určena, přítomností plyné atmosféry, zejména dusíkové atmosféry na plátcích.

Asymetrie profilu, které se dosahuje zastíněním lícové strany křemíkové plátku, je tedy také důsledkem skutečnosti, že je plátek stíněn proti dusíkové atmosféře.

Kromě toho je třeba zdůraznit, že zastínění plátků

není nutno provést jejich spojením do dvojic, poněvadž stejného účinku se může dosáhnout zastíněním pomocí jiného členu, například křemenného plátku.

Předpokládá se také, že na asymetrii profilu má přinejmenším příznivý vliv, pokud zde není větší závislost, dvojitá plynová atmosféra, přičemž k lícové straně plátku přiléhá argonová atmosféra a k rubové straně plátku dusíková atmosféra.

Vynález byl blíže popsán na přednostních formách svého provedení. Je však zřejmé, že na tyto formy provedení se vynález neomezuje a že je možno jej různým způsobem obměňovat a modifikovat, aniž by to představovalo únik z rozsahu ochrany, pro který jsou důležité pouze následující patentové nároky.

Č.j.	628526
00510	
10. V. 93	
UČAD	
PRŮV. A. J. EHO	
VLASTNICTVÍ	
PŘÍL.	

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob zpracování křemíkových plátek, za účelem dosažení regulovaného profilu hustoty precipitací v y-
z n a č u j í c í s e t í m, že zahrnuje následující operace:

a) plátek se podrobí předběžnému tepelnému zpracování při teplotě od 950 do 1 150 °C, zejména při asi 1 100 °C, po dobu asi 15 minut;

b) po standardním chemickém korozním (leptacím) zpracování se dvojice plátek, spojených do těsného vzájemného tepelného styku, podrobí rychlému tepelnému zpracování žiháním při teplotě v rozmezí od 1 200 do 1 275 °C po dobu několika desítek sekund;

c) plátky se podrobí dalšímu prodlouženému tepelnému zpracování při teplotě v rozmezí od 900 do 1 000 °C a nakonec se

d) plátky vyjmou z pece a povrchy, které byly v těsném vzájemném styku v průběhu rychlého zpracování žiháním, se vyleští.

2. Způsob zpracování křemíkových plátek podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že předběžné tepelné zpracování se provádí při teplotě asi 1 100 °C a jeho úlohou je dále snížit hustotu defektů a nastavit homogenní výchozí podmínky.

3. Způsob zpracování křemíkových plátek podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že rychlé tepelné zpracování žiháním se provádí tak, že se dvojice spojených plátek podrobí tepelnému pulsu o trvání 10 až

40 s, za účelem vytvoření prekursorů precipitace.

4. Způsob zpracování křemíkových plátek podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že další prodloužené tepelné zpracování se provádí v jednom nebo dvou stupních.

5. Způsob zpracování křemíkových plátek podle nároku 4, v y z n a č u j í c í s e t í m, že další prodloužené tepelné zpracování se provádí ve dvou stupních, zejména tak, že se první stupeň provádí při 900°C po dobu 4 hodin a druhý stupeň při teplotě $1\,000^{\circ}\text{C}$ po dobu 16 hodin.

6. Způsob zpracování křemíkových plátek podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že těsného vzájemného tepelného styku plátek se dosahuje jednoduchým mechanicko-tepelným stykem jejich povrchů.

7. Způsob zpracování křemíkových plátek podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že se těsného vzájemného tepelného styku u dvojice plátek dosahuje metodami těsného spojení, při nichž vznikají mezi spojenými povrchy atomové vazby (lepení plátek).

8. Způsob zpracování křemíkových plátek, za účelem dosažení regulovaného profilu hustoty precipitací v y z n a č u j í c í s e t í m, že zahrnuje následující operace:

a) plátek se podrobí předběžnému tepelnému zpracování při teplotě od 950 do $1\,150^{\circ}\text{C}$, po dobu asi 15 minut;

b) po standardním chemickém korozním zpracování se plátky se zastíněnou lícovou stranou v inertní plyně

atmosféře podrobí rychlému tepelnému zpracování žiháním při teplotě v rozmezí od 1 200 do 1 275 °C po dobu několika desítek sekund;

c) plátky se podrobí dalšímu prodlouženému tepelnému zpracování při teplotě v rozmezí od 900 do 1 000 °C a nakonec se

d) plátky vyjmou z pece a povrchy, které byly zastíněny v průběhu rychlého zpracování žiháním, se vyleští.

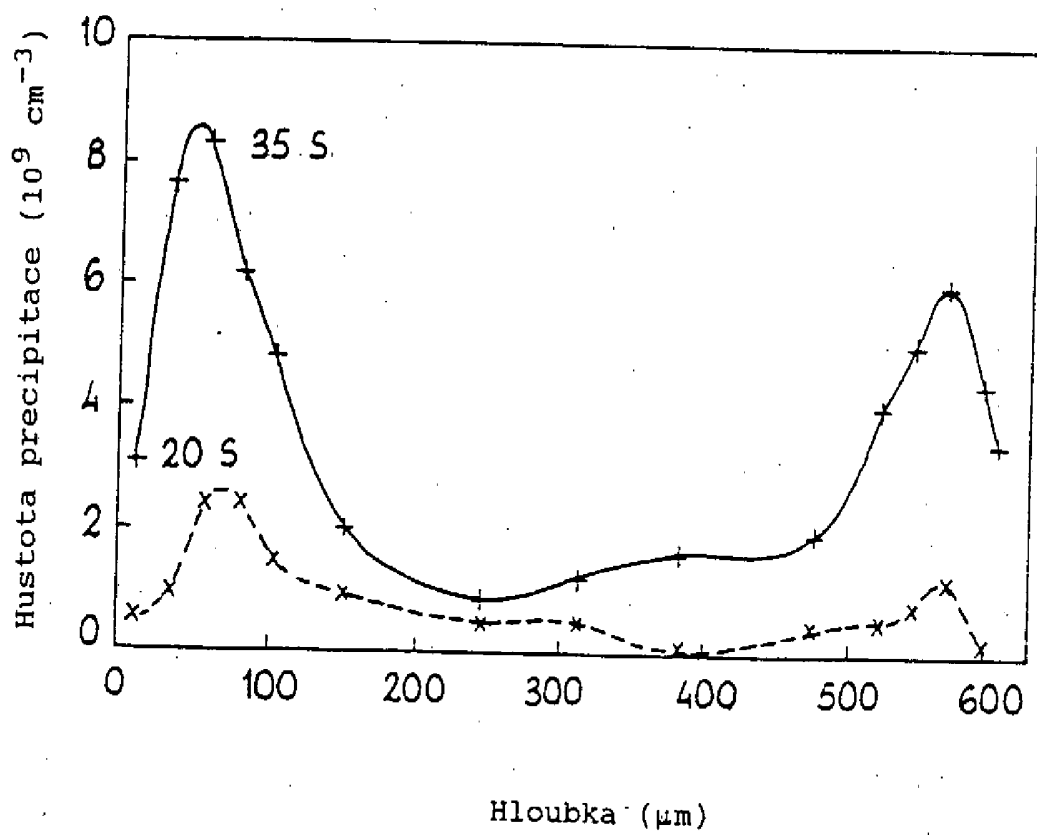
9. Způsob zpracování křemíkových plátků podle nároku 8, v y z n a č u j í c í s e t í m, že inertní atmosférou je atmosféra dusíku.

10. Způsob zpracování křemíkových plátků podle nároku 8 nebo 9, v y z n a č u j í c í s e t í m, že se stínění provádí pomocí dalšího křemíkového plátku.

11. Způsob zpracování křemíkových plátků podle nároku 8 nebo 9, v y z n a č u j í c í s e t í m, že se stínění provádí pomocí křemenného plátku.

12. Způsob zpracování křemíkových plátků podle nároku 8 nebo 9, v y z n a č u j í c í s e t í m, že se stínění jedné strany plátku proti dusíkové atmosféře provádí aplikací argonové atmosféry na tuto stranu plátku.

Obr. 1

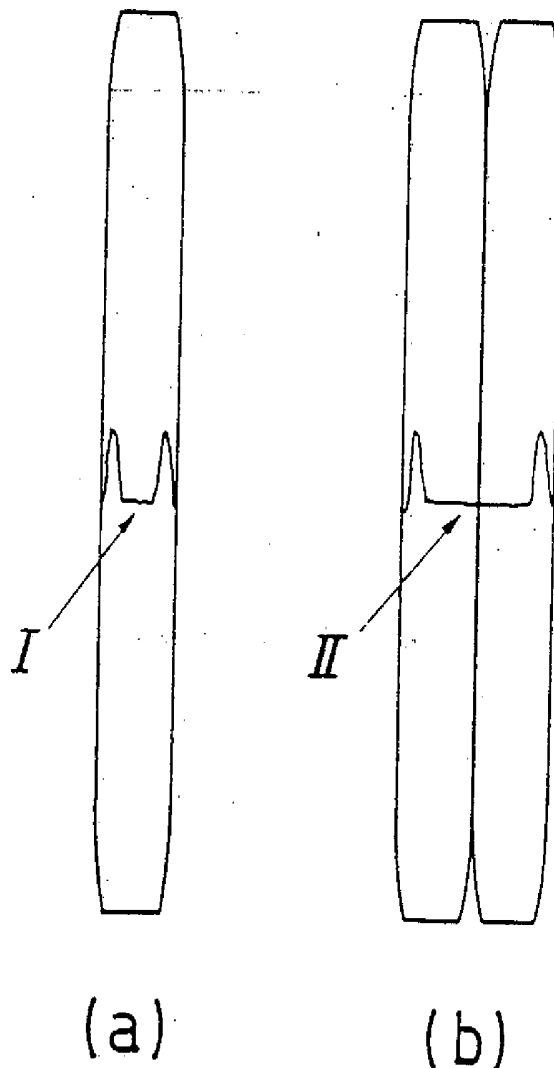


PRIL
PLASTICITY
PSSA 1/16H0
CROSS

10.1 A 93

0050
0 9 2 8

obr. 2.



Obr. 3.

