



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

242 841

(11)

(B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 22 01 85
(21) FV 438-85

(51) Int. Cl.⁴
C 30 B 13/24

(40) Zveřejněno 31 08 85

(45) Vydáno 01 04 88

(75)
Autor vynálezu

DANÍČEK ZDENĚK;
MRÁZEK DUŠAN prom. chem.;
ZBOŘÍLEK ALEŠ ing., PRAHA

(54)

Tyč polovodičového materiálu pro letmou pásmovou
tavbu indukčním ohřevem

Účelem je zamezení ztrát materiálu při úpravě začátku tyče polovodičového materiálu, snazší přitavení zárodečného krystalu k začátku tyče a zmenšení nebezpečí odkápnutí taveniny při zahájení pásmové tavby. Uvedeného účelu se dosáhne úpravou začátku tyče polovodičového materiálu do tvaru komolého rotačního tělesa souosého s tyčí, sestávajícího ze dvou na sebe plynule navazujících částí. Povrch širší části, napojené na válcovou plochu tyče, svírá s její rotační osou úhel 60° až 90° . Povrch užší části má nejmenší průměr menší než vnitřní průměr indukční cívky a svírá s rotační osou úhel 0° až 30° . Průměr základny užší části je srovnatelný s průměrem zárodečného krystalu.

Vynález se týká tyče polovodičového materiálu pro letnou pásmovou tavbu indukčním ohřevem v rotačně symetrickém uspořádání.

Při letmé pásmové tavbě tyčí polovodičového materiálu indukčním ohřevem v rotačně symetrickém uspořádání tyč polovodičového materiálu, indukční cívka a zárodečný krystal jsou vertikálně upevněny v zařízení, které umožňuje nezávislý axiální pohyb tyče polovodičového materiálu se zárodečným krystalem a jejich rotací kolem osy. Tyč polovodičového materiálu je souose obklopena indukční cívkou, která zprostředkovává dodávku vysokofrekvenční energie potřebné k vytvoření roztaveného pásma. Vnitřní průměr indukční cívky je obvykle menší než průměr zpracovávané tyče polovodičového materiálu a větší než průměr zárodečného krystalu. Pásmová tavba je většinou zahajována ve spodní části tyče polovodičového materiálu, odkud se po přitavení relativně tenkého zárodečného krystalu roztavené pásmo posouvá podél tyče polovodičového materiálu při nutnosti překonávání značných rozdílů průměru zpracovávaného materiálu.

Polovodičový materiál pro letnou pásmovou tavbu, například křemík, je dodáván ve formě polykrystalických tyčí přibližně válcového tvaru, s odlomenými, nebo kolmo na podélnou osu odříznutými konci. Pro snazší přitavení zárodečného krystalu k začátku tyče polovo-

dičového materiálu a pro snížení nebezpečí ztrát materiálu odkápnutím taveniny při překonávání velkých rozdílů průměru zárodečného krystalu ke konečnému průměru zpracovávané tyče polovodičového materiálu musí být jejich začátky upraveny na tvar, usnadňující jejich následné zpracování.

Dosud známé tyče polovodičového materiálu pro letmou pásmovou tavbu mají začátek upraven obroušením nebo odříznutím diamantovými nástroji do tvaru komolého kužele nebo jehlanu, pod úhlem 20° až 30° od osy tyče.

Nevýhodou úpravy tyče polovodičového materiálu do tohoto tvaru jsou značné materiálové ztráty, s nimi související vyšší nároky na pracnost výroby a vyšší spotřeba obráběcích nástrojů. Při použití úhlu opracování na spodní hranici uvedeného rozmezí úhlů je snazší přitavení zárodečného krystalu a snazší překonávání rozšiřující se části tyče polovodičového materiálu při zahájení pásmové tavby, ale zvyšují se ztráty materiálu obráběním. Při použití úhlu opracování na horní hranici jsou ztráty materiálu při obrábění nižší, ale zvyšuje se nebezpečí technologických ztrát odkápnutím taveniny.

Výše uvedené nevýhody odstraňuje tyč polovodičového materiálu převážně válcového tvaru podle vynálezu, jejíž začátek je upraven do tvaru komolého rotačního tělesa souosého s tyčí polovodičového materiálu. Komolé rotační těleso sestává ze dvou na sebe plynule navazujících částí. Povrch širší části napojené na válcovou plochu tyče polovodičového materiálu svírá s její rotační osou úhel 60° až 90° . Povrch užší části, jejíž nejmenší průměr je menší než vnitřní průměr indukční cívky, svírá s rotační osou úhel 0° až 30° . Nejmenší průměr užší části v místě její základny je srovnatelný s průměrem zárodečného krystalu. Užší část upraveného začátku tyče polovodičového materiálu může být připojena indukčním svarem k širší části upraveného začátku. Upravený začátek tyče polovodičového materiálu má tvar vhodný pro jeho bezpečné přitavení k zárodečnému krystalu. Současně umožňuje dosáhnout malého úběru materiálu opracováním a tím celkově nízkých technologických ztrát polovodičového materiálu. Se zvětšujícím se průměrem tyče polovodičového materiálu se účinky a výhody upraveného začátku tyče polovodičového materiálu stupňují.

Na připojeném výkresu je na obr. 1 znázorněn obecný tvar zúženého začátku tyče polovodičového materiálu, na obr. 2 jeho. nejjednodušší provedení a na obr. 3 provedení s použitím indukčního svaru.

Konkrétní provedení

Tyč 4 polovodičového materiálu je podle obr. 2 opatřena zúženým začátkem 1 ve tvaru složeném ze dvou komolých kuželů. Širší část zúženého začátku 1 je tvořena kuželem 2 s tupým vrcholovým úhlem, jehož kuželová plocha svou širší stranou navazuje na válcovou plochu tyče 4 polovodičového materiálu a svou užší stranou plynule přechází v užší část zúženého začátku 1. Tato užší část je tvořena komolým kuželem 3, jehož největší průměr je menší než vnitřní průměr indukční cívky 5 a nejmenší průměr v místě jeho základny 6 je srovnatelný s průměrem zárodečného krystalu 7. Užší část¹⁰ tvořená komolým kuželem, může být podle obr. 3 souose připojena indukčním svarem 8 k širší části 9 zúženého začátku 1, tvořené komolým kuželem.

Například při pásmové tavbě válcové tyče 4 polovodičového křemíku o průměru 60 mm indukční cívkou 5 s asymetrickou natavovací smyčkou, o vnitřním průměru 28 mm, je optimální vrcholový úhel kužele 2 $\alpha = 75^\circ$ až 80° a vrcholový úhel kužele 3 $\beta = 10^\circ$ až 15° při průměru jeho základny 8 až 10 mm.

Malou úhlovou odchylkou od rotační osy užší části zúženého začátku 1, tvořené kuželem 3, je dosaženo těsné elektrické vazby indukční cívky 5 do místa stavení tyče 4 polovodičového materiálu se zárodečným krystalem 7 a následkem toho nízkého a stabilního roztaveného pásma. Širší část zúženého začátku 1, tvořená kuželem 2 s velkou úhlovou odchylkou od rotační osy, je od místa stavení dostatečně vertikálně vzdálena, takže absorbuje jen relativně malou část vysokofrekvenční energie dodávané indukční cívkou 5, což umožňuje dosáhnout bezpečného protavení pásma v místě dotyku zárodečného krystalu 7. Bezpečného protavení je dosaženo při relativně nízkém výkonu vysokofrekvenčního zdroje.

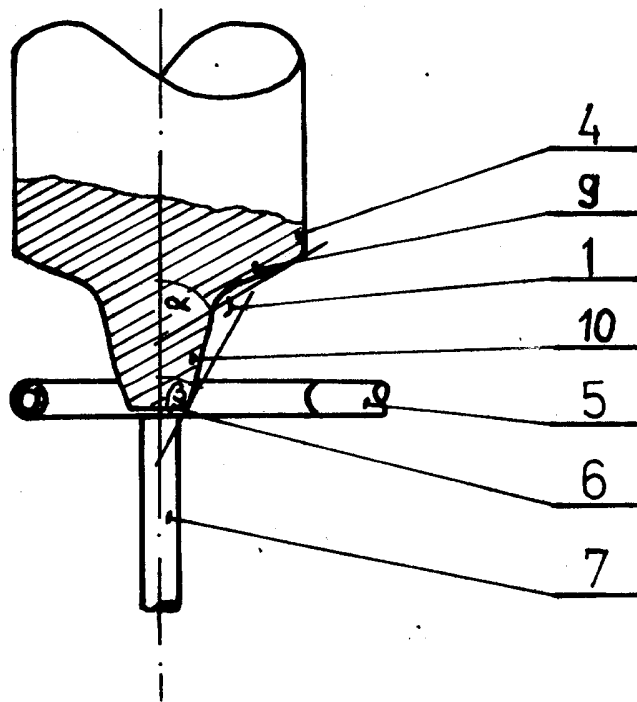
Tyč polovodičového materiálu podle vynálezu je zvláště výhodná pro výrobu monokrystalů křemíku velkých průměrů od 50 mm výše, kde se dosahuje výrazných úspor materiálu i pracnosti při úpravě začátků tyčí polovodičového materiálu.

P ř e d m ě t v y n á l e z u

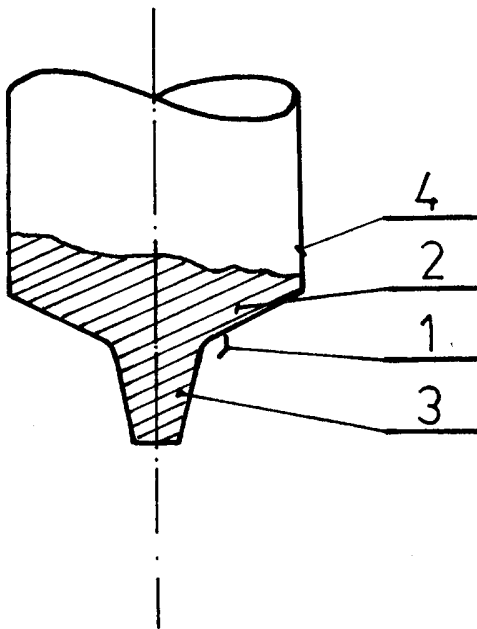
242 841

1. Tyč polovodičového materiálu pro letmou pásmovou tavbu indukčním ohřevem, převážně válcového tvaru, v y z n a č e n á t í m , že zúžený začátek /1/ tyče /4/ polovodičového materiálu je upraven do tvaru komolého rotačního tělesa souosého s tyčí /4/ polovodičového materiálu, sestávajícího ze dvou na sebe plynule navazujících částí /9/ a /10/, kde povrch širší části /9/ napojené na válcovou plochu tyče /4/ polovodičového materiálu svírá s její rotační osou úhel $\alpha = 60^\circ$ až 90° , zatímco povrch užší části /10/, jejíž nejmenší průměr je menší než vnitřní průměr indukční cívky /5/, svírá s rotační osou úhel $\beta = 0^\circ$ až 30° , přičemž nejmenší průměr užší části /10/ v místě její základny /6/ je srovnatelný s průměrem zárodečného krystalu /7/.
2. Tyč polovodičového materiálu podle bodu 1, v y z n a č e n á t í m , že zúžený začátek /1/ ve tvaru komolého rotačního tělesa sestává ze dvou komolých kuželů /2/ a /3/, kde plocha kužele /2/ s tupým vrcholovým úhlem svou širší stranou navazuje na válcovou plochu tyče /4/ polovodičového materiálu a svou užší stranou plynule přechází v širší stranu plochy kužele /3/ s ostrým vrcholovým úhlem.
3. Tyč polovodičového materiálu podle bodu 1 a 2, v y z n a č e n á t í m , že k širší části /9/ komolého rotačního tělesa je indukčním svarem /8/ souose připojena jeho užší část /10/.

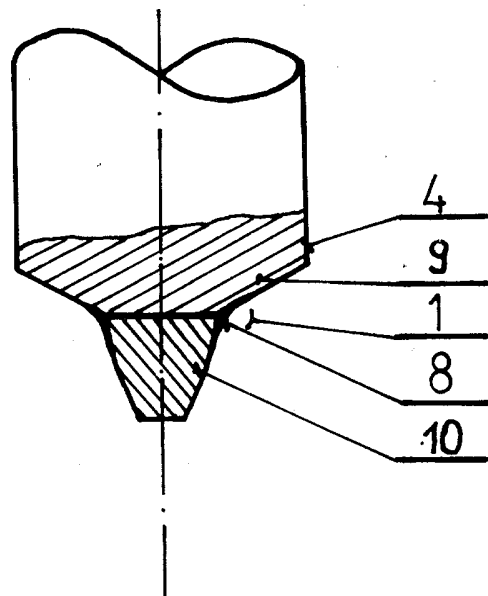
1 výkres



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3