

ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

269 305

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl.⁴
C 30 B 35/00
C 30 B 13/24

(21) PV 5220-88.D
(22) Přihlášeno 21 07 88

(40) Zveřejněno 12 09 89
(45) Vydáno 16 01 91

(75)

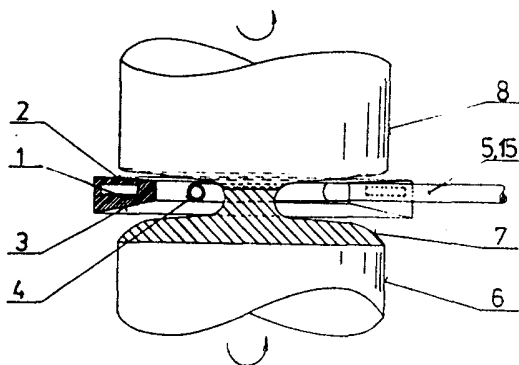
Autor vynálezu

MRÁZEK DUŠAN, prom. chem.,
ZBOŘÍLEK ALEŠ ing. CSc.,
ŠTENCL STANISLAV ing.,
DANIČEK ZDENĚK,
ZAMASTIL JAROSLAV RNDr., PRAHA

(54)

Dvouzávitový induktor pro přípravu
monokrystalů křemíku metodou vysoko-
frekvenční letmé pásmové tavby

(57) Účelem je bezpečné protavení pásma
v širokém rozsahu průměrů křemíkového
monokrystalu při vysoké energetické ú-
činnosti a omezení nebezpečí vysoko-
frekvenčních výbojů. Uvedeného účelu
je dosaženo induktorem sestávajícím z
paralelní kombinace dvou závitů. Vnější
ohřívací závit je ve tvaru prstence
klínovitého průřezu zužujícího se smě-
rem k rotační ose. Do něj je vložen
nesymetrický trubkový vnitřní ohřívací
závit, jehož tloušťka i poloha jsou
vymezeny výškou vnitřní válcové plo-
chy vnějšího ohřívacího závitu.



Obr. 1

Vynález se týká dvouzávitového induktoru pro přípravu monokrystalů křemíku metodou vysokofrekvenční letmé pásmové tavby svisle rotujícího ingotu křemíku ve vertikálním sousém uspořádání.

Pro přípravu polovodičových monokrystalů křemíku metodou vysokofrekvenční letmé pásmové tavby se používá různých typů jedno i vícezávitových induktorů, které zprostředkují přenos vysokofrekvenční energie do roztaveného pásma, zajišťují jeho vhodný tvar i stabilitu a vytvářejí optimální teplotní pole v blízkosti fázového rozhraní růstu monokrystalu.

Při přípravě monokrystalů křemíku průměru nad 70 mm se v současné době převážně používá jednozávitového induktoru tvořeného rotačně symetrickým tělesem, tzv. talířovitého nebo koláčovitého typu. Nevýhodou tohoto typu induktoru je špatná viditelnost do oblasti roztaveného pásma, nízká energetická účinnost a relativně větší radiální rozptyl rezistivity vyrobených monokrystalů křemíku. Dále jsou časté mechanické a teplotní nestability v roztaveném pásmu, které při přípravě větších průměrů monokrystalů vedou k potížím při řízení procesu pásmového tavení a způsobují větší odchylky monokrystalů od válcového tvaru. Vícezávitové induktory dosud používané nejsou vhodné pro zpracování monokrystalů nadprůměr 70 mm, neboť jimi nelze účinně vytvářet optimální teplotní pole zaručující vysokou výtěžnost bezdislokačního růstu při zachování vysoké homogenity monokrystalů.

Uvedené nevýhody odstraňuje dvouzávitový induktor pro vysokofrekvenční letmou pásmovou tavbu svisle rotujícího ingotu křemíku, složený z paralelní kombinace dvou závitů. Do vnějšího ohřívacího závitu ve tvaru prstence klínovitého průřezu zužujícího se směrem k rotační ose, jehož vnitřní průměr je vymezen válcovou plochou, je vložen osově nesymetrický vnitřní trubkový ohřívací závit kruhového průřezu. Jeho tloušťka i poloha jsou vymezeny výškou vnitřní válcové plochy vnějšího ohřívacího závitu. Vnitřní ohřívací závit navazuje v místě připojení přívodů vysokofrekvenční energie vertikálně na horní plochu a horizontálně na válcovou plochu vnějšího ohřívacího závitu. Nejvhodnější tvar horní plochy vnějšího ohřívacího závitu je plášť komolého kužele o vrcholovém úhlu 160 až 180° a tvar dolní plochy je plášť komolého kužele o vrcholovém úhlu 90 až 160°. Vnitřní ohřívací závit má s výhodou tvar oválu, jehož jedna půlkružnice má střed v rotační ose vnějšího ohřívacího závitu a může svírat s horizontální rovinou úhel 0 až 5°. Jeho nejvyšší bod je v místě připojení přívodů vysokofrekvenční energie.

Výhodou dvouzávitového induktoru podle vynálezu je bezpečné protavení pásma v širokém technologicky potřebném rozsahu průměrů ingotu křemíku od tenkého monokrystalického zárodku o průměru 3 mm do finálního průměru křemíkového monokrystalu o průměru 70 mm více, při relativně vysoké energetické účinnosti. Další výhodou je relativně nízká impedance paralelní kombinace obou ohřívacích závitů a optimální tvar průřezu induktoru, které jsou příznivé z hlediska omezení nebezpečí vysokofrekvenčních výbojů.

Na výkresu je na obr. 1 znázorněn částečný řez induktorem s taveným ingotem křemíku, roztaveným pásmem a rostoucím monokrystalem, na obr. 2 je znázorněn induktor v půdorysu.

Příklad

Pro přípravu bezdislokačních monokrystalů křemíku o jmenovitém průměru 76,2 mm metodou vysokofrekvenční letmé pásmové tavby v argonovém ochranném prostředí je použit induktor, jehož vnitřní ohřívací závit 4 vyrobený z měděné trubky o průměru 5 mm má tvar oválu o menším rozměru 26 mm a větším rozměru 36 mm. Vnější ohřívací závit 1 ve formě rotačně symetrického měděného tělesa tvaru prstence má vnější průměr 90 mm a výšku 10 mm. Horní plocha 2 vnějšího ohřívacího závitu 1 má tvar pláště komolého kužele o vrcholovém úhlu 175° a dolní plocha 3 má tvar pláště komolého kužele o vrcholovém úhlu 150°. Rovina vnitřního ohřívacího závitu 4 svírá s horizontální rovinou úhel 2°. Vnější ohřívací zá-

vit 1 a vnitřní ohřívací závit 4 jsou elektricky i mechanicky propojeny v místě 9 připojení k přívodům 5 a 15 vysokofrekvenční energie.

Vnější ohřívací závit 1 induktoru, tavený ingot 8, roztavené pásmo 7 a rostoucí monokrystal 6 tvoří osově symetrickou soustavu. Vnitřní ohřívací závit 4, který má tvar oválu, případně jiné protáhlé křivky, zajišťuje protavení roztaveného pásma 7 v jeho úzké části a současně čelně odtavuje rotující tavený ingot 8 do vzdálenosti od osy odpovídající excentrickému uložení vnitřního ohřívacího závitu 4. Vnější ohřívací závit 1 svou horní plochou 2 - tavicí navazuje na zónu působení vnitřního ohřívacího závitu 4 a zajišťuje čelné odtavování taveného ingotu 8, až do průměru jeho válcové části. Vzniklá tavenina je odváděna do roztaveného pásma 7 působením vnitřního ohřívacího závitu 4. Spodní plocha 3 - stabilizační vnějšího ohřívacího závitu 1 zajišťuje svým elektrodynamickým účinkem stabilizaci teplotních, tlakových a geometrických podmínek poblíž obvodové části krystalizačního rozhraní rostoucího monokrystalu 6.

Dvouzávitový induktor podle vynálezu je zejména vhodný pro přípravu bezdislokačních monokrystalů křemíku velkých průměrů potřebných pro výrobu velkoplošných výkonových polovodičových součástek.

P R E D M Ě T V Y N Á L E Z U

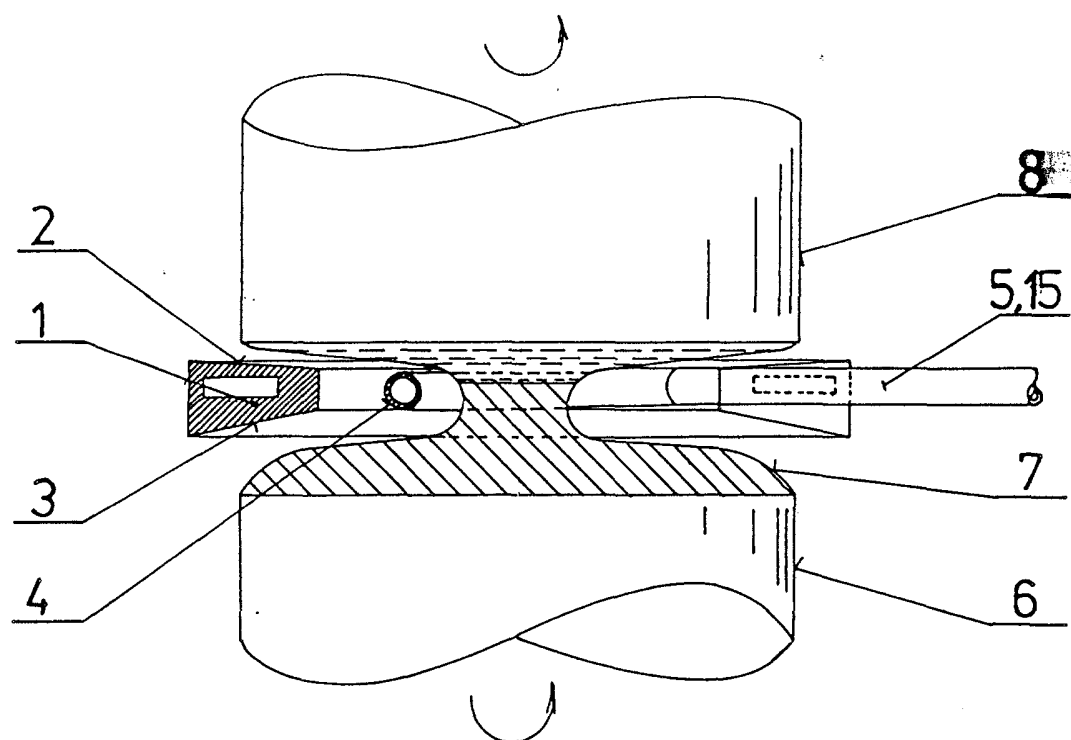
1. Dvouzávitový induktor pro vysokofrekvenční letnou pásmovou tavbu svisle rotujícího ingotu křemíku, složený z paralelní kombinace dvou závitů, z nichž vnitřní ohřívací závit je osově nesymetrický, vyznačující se tím, že do vnějšího ohřívacího závitu (1) ve tvaru prstence klínovitého průřezu zužujícího se směrem k rotační ose, jehož vnitřní průměr je vymezen válcovou plochou (10), je vložen osově nesymetrický trubkový vnitřní ohřívací závit (4), přičemž jeho tloušťka i poloha jsou vymezeny výškou válcové plochy (10) vnějšího ohřívacího závitu (1).

2. Dvouzávitový induktor podle bodu 1, vyznačující se tím, že vnitřní ohřívací závit (4) navazuje v místě (9) připojení přívodů (5, 15) vysokofrekvenční energie vertikálně na horní plochu (2) a horizontálně na válcovou plochu (10) vnějšího ohřívacího závitu (1).

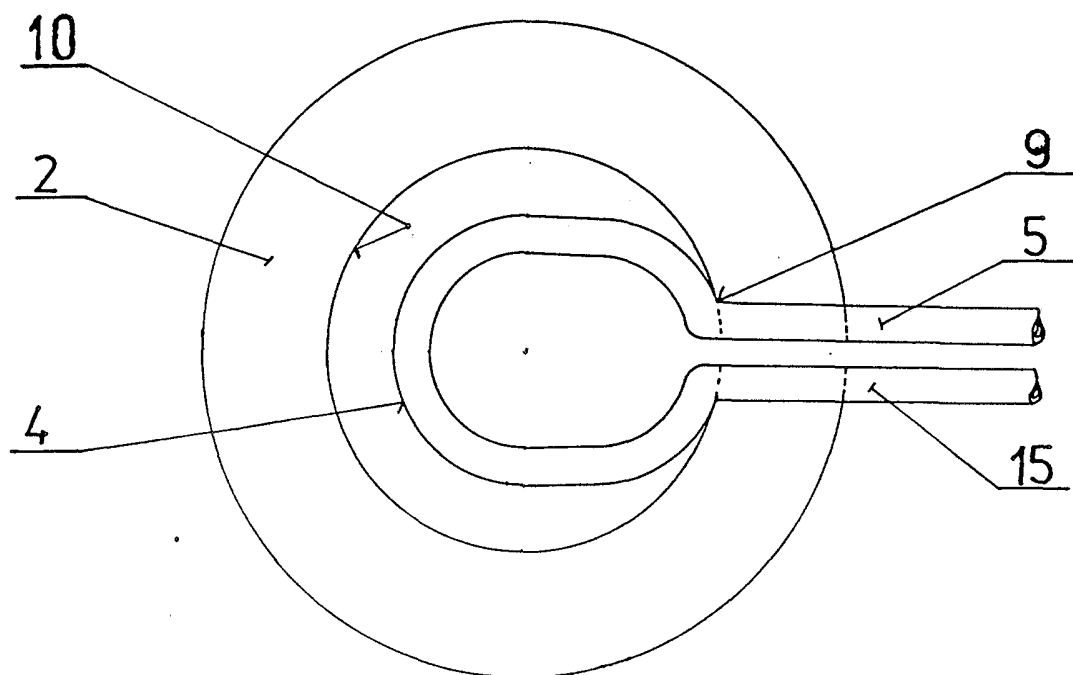
3. Dvouzávitový induktor podle bodu 1 a 2, vyznačující se tím, že horní plocha (2) vnějšího ohřívacího závitu (1) má tvar pláště komolého kužele o vrcholovém úhlu 160 až 180° a dolní plocha (3) vnějšího ohřívacího závitu (1) má tvar pláště komolého kužele o vrcholovém úhlu 90 až 160°.

4. Dvouzávitový induktor podle bodu 1, 2 a 3, vyznačující se tím, že vnitřní ohřívací závit (4) má tvar oválu, jehož jedna půlkružnice má střed v rotační ose vnějšího ohřívacího závitu (1).

1 výkres



Obr. 1



Obr. 2