

ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU 225 452

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 15 04 82
(21) PV 2701 - 82

(11) (B 1)

(51) Int. Cl. H 05 B 6/10

(40) Zveřejněno 24 06 83
(45) Vydáno 15 04 85

(75)
Autor vynálezu

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

(54)

Induktor pro přípravu polovodičových monokrystalů, zejména křemíku
metodou vysokofrekvenční letmé pásmové tavby souose rotujícího
ingotu

Vynález se týká induktoru pro přípravu polovodičových monokrystalů, zejména křemíku, metodou vysokofrekvenční letmé pásmové tavby souose rotujícího ingotu.

Při dosavadních způsobech přípravy polovodičových monokrystalů metodou vysokofrekvenční letmé pásmové tavby souose rotujícího ingotu, se pro vytvoření rostaveného pásma indukčním ohřevem používají induktery s jedné nebo vícezávitovou ohřívací cívkou, obepínající rostavené pásmo kolmo k ose ingotu, zhotovené většinou z měděných trubek protékaných chladicí vodou.

Nevýhodou těchto vícezávitových induktorů je osová nesymetrie vysokofrekvenčního pole, která způsobuje nehomogenní rozložení příměsí v rostoucím krystalu a sklon k vysokofrekvenčním výbojům vlivem potřeby vyššího napájecího napětí. Proto jsou vícezávitové induktery zcela nevhodné pro tavbu ingotů polovodičů větších průměrů. Nevýhody vícezávitových induktorů částečně odstraňuje jednozávitový induktor, který vyžaduje podstatně nižší napájecí napětí a zajišťuje dostatečně symetrické vysokofrekvenční pole. I tento jednozávitový induktor má však některé nevýhody. Nejzávažnější z nich je sklon k tvorbě souvislých prstenců nerostavené pevné fáze v rostaveném pásmu poblíž horního fázového rozhraní, které pásmo deformují a po jejichž protavení dochází často k náhlému porušení rovnováhy mezi silovým působením gravitace, povrchového napětí a elektrodynamických sil vysokofrekvenčního pole s následným skápnutím taveniny. V případě použití výchozího materiálu ve formě polykrystalické tyče s neopracovaným povrchem, nebo pokud se liší tyč svým tvarem od válcového tvaru /např. ovalita, prohnutí/, ale i bez zjevných mechanických příčin, vlivem vnitřní hrubé polykrystalické struktury výchozího

materiálu /zvláště v případě tavby ingotů velkých průměrů/, tvoří se při horním fázovém rozhraní výstupky pevné fáze, které při postupu roztaveného pásma propadají na dolní fázové rozhraní, kde jsou příčinou přerušení monokrystalického růstu, při kontaktu s induktorem jsou zdrojem vysokofrekvenčních výbojů, jež mohou způsobit znehodnocení pásmové tavby.

Výše uvedené nedostatky trubkových induktorů pro vysokofrekvenční letmé pásmové tavení odstraňuje induktor podle vynálezu, jehož podstatou je takové provedení, kde součástí cívky kruhového tvaru je natavovací smyčka, jejíž činná plocha je menší, než činná plocha ohřívací cívky a svírající s rotační osou ingotu úhel 45° až 90° s největší vzdáleností jednotlivých bodů činné plochy od rotační osy ingotu rovnou největšímu poloměru ingotu. Tato natavovací smyčka může být též uspořádána do formy bifilárního vedení do tvaru oblouku s konstantní vzdáleností jeho vodičů, která je menší než průměr použitého vodiče a s plynule se zvětšující vzdáleností od rotační osy ingotu a roviny ohřívací cívky.

Uspořádáním induktoru podle vynálezu je dosaženo podstatného nebo úplného odstranění vytváření neroztavených výstupků s kroužků, vedoucích k poruchám pásmového tavení, přičemž vliv asymetrického vysokofrekvenčního pole na teplotní poměry v blízkosti dolního rozhraní fází je zanedbatelný. Vlivem rotace a malé vzdálenosti se dostává opakovaně natavovaná část ingotu výchozího materiálu do oblasti intenzivnějšího působení asymetrického vysokofrekvenčního pole natavovací smyčky induktoru.

Na připojených výkresech jsou znázorněny příklady provedení induktoru podle vynálezu. Na obr. 1 je znázorněn obecný tvar smyčky a způsob jejího připojení k induktoru v pohledu z boku, na obr. 2 v půdorysu. Na obr. 3 je znázorněno provedení natavovací smyčky v bifilárním provedení v půdorysu a na obr. 4 je znázorněno připojení napájecích přívedů k natavovací smyčce.

Příklad konkrétního provedení

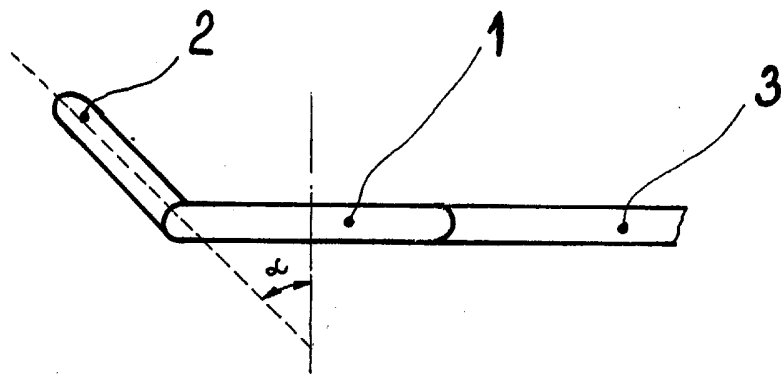
Na obr. 3 je znázorněn induktor podle vynálezu s ohřívací cívkou 1 kruhového tvaru, jejíž součástí je natavovací smyčka 2. Smyčka 2 je tvořena bifilárním vedením ve tvaru oblouku, s plynule se zvětšující vzdáleností od rotační osy ingotu a roviny ohřívací

cívky 1. Natavovací smyčka 2 svírá s rotační osou ingotu úhel $\alpha 75^\circ$ a její délka je rovna polovině obvodu ohřívací cívky. Vzdálenost vodičů natavovací smyčky 2 je menší než průměr použitého vodiče a napájecí příводы 3 jsou radiálně připojeny na protilehlou stranu ohřívací cívky 1. U induktoru na obr. 4 jsou napájecí příводы 3 připojeny k natavovací smyčce 2.

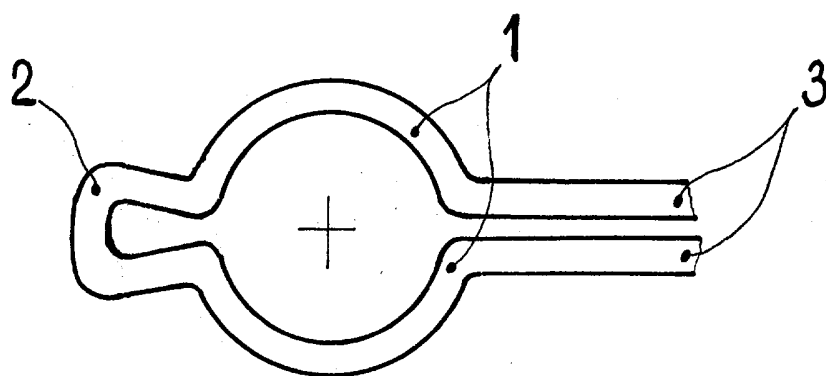
Vlastní ohřívací cívka, většinou blízká kruhovému tvaru, předává vysokofrekvenční energii převážně do roztaveného pásma a zajišťuje dostatečně symetrické vysokofrekvenční pole pro dosažení potřebné stability roztaveného pásma. Natavovací smyčka, která je těsně elektricky vázána na tavený ingot nad oblastí roztaveného pásma, zajišťuje přímé tavení rotujícího ingotu vstupního materiálu, přičemž vysokofrekvenční vazba do roztaveného pásma a do blízkosti dolního rozhraní fází je vlivem většího odstupu a menšího rozptylu natavovací smyčky zanedbatelná. V místě působení činné plochy natavovací smyčky se vytvoří odtekovný kanálek zajišťující odvádění taveniny do roztaveného pásma, který se posouvá po natavené části ingotu obvodovou rychlostí odpovídající rychlosti rotace ingotu, nejlépe v rozmezí 0,5 až 5 min^{-1} .

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

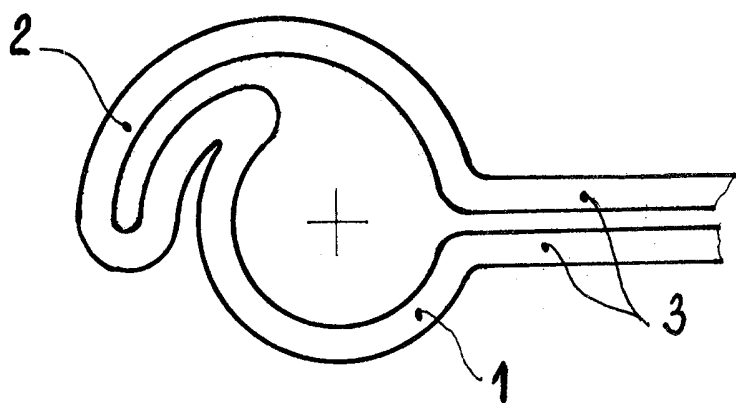
1. Induktor pro přípravu polovodičových monokrystalů, zejména křemíku, metodou vysekofrekvenční letmé pásmové tavby souose rotujícího ingotu s ohřívací cívkou přibližně kruhového tvaru, v y z n a ě n ý t í m , že součástí ohřívací cívky /1/ je nejméně jedna natavovací smyčka /2/ o činné ploše menší než činná plocha ohřívací cívky /1/, kde natavovací smyčka /2/ svírá s rotační osou ingotu úhel 45° až 90° , přičemž největší vzdálenost jednotlivých bodů činné plochy natavovací smyčky /2/ od rotační osy ingotu je rovna největšímu poloměru ingotu.
2. Induktor podle bodu 1., v y z n a ě n ý t í m , že natavovací smyčka /2/ je tvořena bifilárním vedením ve tvaru oblouku s plynule se zvětšující vzdáleností od rotační osy ingotu a roviny ohřívací cívky /1/, přičemž vzdálenost vodičů natavovací smyčky /2/ je menší než průměr použitého vodiče.
3. Induktor podle bodu 2., v y z n a ě n ý t í m , že příводы vysokofrekvenčního proudu /3/ jsou připojeny k natavovací smyčce /2/.



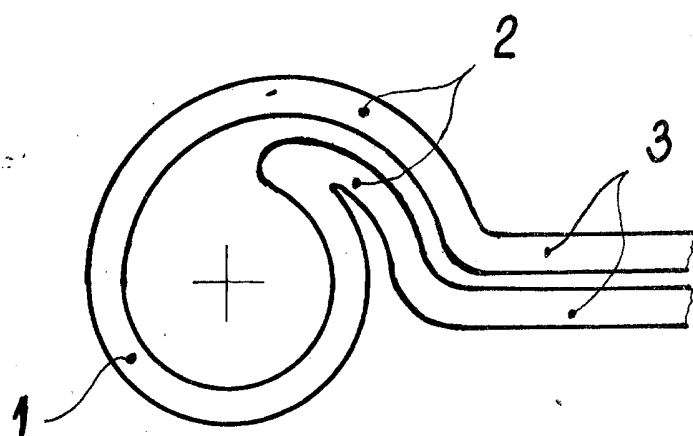
0br. 1



0br. 2



Obr. 3



Obr. 4