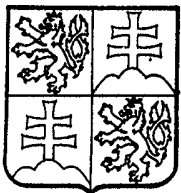


ČESKÁ A SLOVENSKÁ
FEDERATIVNÍ
REPUBLIKA
(19)



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

270 396

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl.⁴
C 30 B 13/00,
C 30 B 13/34

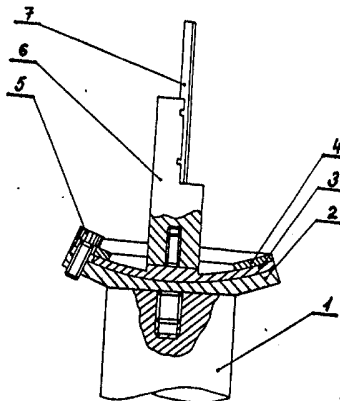
(21) PV 8006-88.Q
(22) Přihlášeno 05 12 88

(40) Zveřejněno 14 11 89
(45) Vydáno 17 05 91

(75) Autor vynálezu SMEJKAL VILÉM RNDr.,
ZÁTOPEK FRANTIŠEK Ing., ROŽNOV
POD RADHOŠTĚM

(54) Zařízení pro přípravu křemíkových monokrystalů
metodou letmé zonální tavby ve vertikálním uspo-
řádání

(57) Účelem řešení je dosažení požadované odchylky nebo koincidence krystalografického směru od osy rotace křemíkového monokrystalického zárodku při přípravě křemíkových monokrystalů metodou letmé zonální tavby ve vertikálním uspořádání. Podstata řešení spočívá v tom, že mezi kulovou podložkou (2) připevněnou k dolní hřídeli (1) zařízení a příslušným meniskem (4) je v nastavitelné poloze upevněn kulový nosič (3) a držákem (6) monokrystalického zárodku. Kulové plochy vymezující kulovou podložku (2), kulový nosič (3) a příslušný meniskus (4) mají společný střed ve vzdálenosti maximálně 20 mm od vrcholu křemíkového monokrystalického zárodku (7). Jejich spojení je přitom provedeno 3 až 6 šrouby (5) přes otvory v kulovém nosiči (3), jejichž průměr je alespoň 0,05 násobek poloměru kulové plochy vymezující kulovou podložku (2) větší než průměr šroubů (5).



Vynález se týká zařízení pro přípravu křemíkových monokrystalů metodou letmé zondní tavby ve vertikálním uspořádání s nastavitelnou odchylkou krystalografického směru od osy rotace.

Desavadní zařízení pro přípravu křemíkových monokrystalů metodou letmé zondní tavby ve vertikálním uspořádání se skládají z evakuované nebo inertním plynem napuštěné kemory, opatřené dvěma vertikálně uloženými hřídeli, které mají možnost nezávislého pohybu a rotace. Na horní hřídeli je zavěšen ingot polykrystalického křemíku a na dolní hřídeli je upevněn křemíkový monokrystalický zárodek, který má tvar štíhlého hranolu nebo válce, jehož geometrická osa splývá s požadovaným krystalografickým směrem. Uprostřed kemory je uložen induktor připojený ke zdroji ví proudů, který pomocí indukovaných proudů v ingotu polykrystalického křemíku vytváří taveninu. Zatuhávání taveniny na křemíkovém monokrystalickém zárodku, které je řízeno výkonem dodávaným do taveniny a pohybem obou hřídelí, vede k narůstání křemíkového monokrystalu na křemíkovém monokrystalickém zárodku. Křemíkový monokrystal má přitom tvar válce, jehož osa splývá s osou rotace dolní hřídele zařízení a od krystalografického směru křemíkového monokrystalického zárodku se odchyluje o úhel, který svírá krystalografický směr křemíkového monokrystalického zárodku s osou rotace dolní hřídele zařízení. Součástí těchto zařízení bývají přípravky, které ve spojení s kolimátory umožňují nastavení koincidence obou těchto směrů, čímž vylučují nepřesnosti způsobené při výrobě křemíkových monokrystalických zárodků a při jejich upevňování na dolní hřídeli zařízení. V principu lze rozlišit konstrukce těchto přípravků založené na plasticky deformovatelném trnu nebo na třech justovacích šroubech vymezujících rovinnou kolmou ke krystalografickému směru. Tyto přípravky však nepředpokládají možnost nastavování odchylky krystalografického směru křemíkového monokrystalického zárodku od osy rotace dolní hřídele zařízení s požadovanou velikostí i orientací.

Uvedený nedostatek odstraňuje zařízení podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že mezi kulovou podložkou připevněnou k dolní hřídeli zařízení a příslušným meniskem je v nastavitelné poloze upevněn kulový nosič s držákem křemíkového monokrystalického zárodku, přičemž kulové plechy vymezující kulovou podložku, kulový nosič a příslušný meniskus mají společný střed ve vzdálenosti maximálně 20 mm od vrcholu křemíkového monokrystalického zárodku a jejich spojení je provedeno 3 až 6 šrouby přes otvory v kulovém nosiči, jejichž průměr je alespoň o 0,05 násobek poloměru kulové plechy vymezující kulovou podložku větší než průměr šroubů.

Uvolnění šroubů spojujících kulovou podložku, kulový nosič a příslušný meniskus umožňuje pohyb kulového nosiče v míře dané velikostí otvorů v kulové podložce ve všech směrech, přičemž osa rotace dolní hřídele zařízení protíná horní plechu křemíkového monokrystalického zárodku při libovolném nastavení odchylky jeho krystalografického směru od osy rotace dolní hřídele zařízení, což umožňuje plynulé provedení spojení taveniny s křemíkovým monokrystalickým zárodkem v každé zvolené poloze kulového nosiče.

Na výkresu je znázorněn příklad zařízení podle vynálezu. Na dolní hřídeli 1 zařízení je připevněna kulová podložka 2, jejíž kulová plocha má poloměr 100 mm a jejíž průměr je 80 mm. K ní je pomocí příslušného menisku 4, jehož dolní kulová plocha má poloměr 97 mm, přilučován kulový nosič 3, jehož dolní kulová plocha má poloměr 100 mm a horní kulová plocha má poloměr 97 mm. Na kulový nosič 3 je přišroubován držák 6, ke kterému je molybdenovým drátem připevněn monokrystalický zárodek 7 čtvercového průřezu 4 x 4 mm opírající se dolní plochou o držák 6 ve vzdálenosti 40 mm od kulové plochy kulové podložky 2. Délka křemíkového monokrystalického zárodku 7 je 60 ± 20 mm, takže jeho vrchol je vzdálen maximálně 20 mm od středu kulových ploch, které vymezují kulovou podložku 2, kulový nosič 3 a příslušný meniskus 4. Nastavení kulového nosiče 3 vůči kulové podložce 2 je provedeno pomocí 3 šroubů 5 asymetricky uložených na rozličné kružnici o průměru 70 mm. Otvory v kulovém nosiči 3, kterými procházejí šrouby 5 o průměru 6 mm, mají průměr 11 mm, což umožňuje vychýlení křemíkového monokrystalického zárodku 7 vůči ose rotace dolní hřídele 1 až o $1,5^\circ$ v libovolném směru. Pokud je splněna podmínka na vzdálenost vrcholu křemíkového monokrystalického zárodku 7 od středu kulových ploch vymezujících kulovou podložku 2, kulový nosič 3 a příslušný meniskus 4,

tnz. pokud je jeho délka 40 až 80 mm, opisuje vrchol křemíkového monokrystalického zárodku 7 při rotaci dolní hřídele 1 kružnicí o poloměru maximálně o 0,5 mm větším, než je poloměr kružnice jemu opsané, což při jeho průřezu 4 x 4 mm je zanedbatelná výchylka nebránící plynulému provedení spojení taveniny s křemíkovým monokrystalickým zárodkem v libovolné poloze kulového nosiče 3 a zahájení růstu křemíkového monokrystalu řízeným zatuháváním taveniny. Geometrická osa křemíkového monokrystalu je pak vychýlena od krystalografického směru o stejnou hodnotu jako je výchylka krystalografického směru křemíkového monokrystalického zárodku 7 od osy jeho rotace.

Možnost naklánět křemíkový monokrystalický zárodek 7 do všech směrů umožňuje vyloučit vychýlení jeho krystalografického směru od osy rotace, které je způsobeno nepřesností uložení dolní hřídele 1, nepřesností vznikající přímým spojením držáku 6 s dolní hřídelí 1, nepřesností uložení křemíkového monokrystalického zárodku 7 v držáku 6 a odchylkou geometrické osy monokrystalického zárodku 7 od krystalografického směru, s tolerancí lepší než 10', což zajišťuje symetrický růst křemíkového monokrystalu.

Možnost naklánět křemíkový monokrystalický zárodek 7 do libovolného směru od krystalografického směru při současně eliminaci všech mechanických nepřesností umožňuje provádět výzkum vlivu odchylky krystalografického směru křemíkového monokrystalického zárodku 7 od osy jeho rotace na stabilitu tavby a vlastnosti křemíkových monokrystalů při zvoleném indukto-ru a podmínkách růstu monokrystalu.

Vynálezu lze využít při výzkumu a výrobě křemíkových monokrystalů metodou letmé zonální tavby ve vertikálním uspořádání, jejichž geometrická osa má definovanou odchylku od krystalografického směru křemíkového monokrystalického zárodku, popř. s krystalografickým směrem splývá.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1.

Zařízení pro přípravu křemíkových monokrystalů metodou letmé zonální tavby ve vertikálním uspořádání s nastavitelnou odchylkou krystalografického směru od osy rotace, vyznačené tím, že mezi kulovou podložkou (2) připevněnou k dolní hřídeli (1) zařízení a příslušným meniskem (4) je v nastavitelné poloze upevněn kulový nosič (3) s držákem (6) křemíkového monokrystalického zárodku (7).

2.

Zařízení pro přípravu křemíkových monokrystalů metodou letmé zonální tavby ve vertikálním uspořádání s nastavitelnou odchylkou krystalografického směru od osy rotace podle bodu 1, vyznačené tím, že kulové plochy vymezující kulovou podložku (2), kulový nosič (3) a příslušný meniskus (4) mají společný střed ve vzdálenosti maximálně 20 mm od vrcholu křemíkového monokrystalického zárodku (7).

3.

Zařízení pro přípravu křemíkových monokrystalů metodou letmé zonální tavby ve vertikálním uspořádání s nastavitelnou odchylkou krystalografického směru od osy rotace podle bodu 1 a 2, vyznačené tím, že kulová podložka (2), kulový nosič (3) a příslušný meniskus (4) jsou spojeny 3 až 6 šrouby (5) přes otvory v kulovém nosiči (3), jejichž průměr je alespoň o 0,05 násobek poloměru kulové plochy vymezující kulovou podložku (2) větší než průměr šroubů (5).

