



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

MKP B01j 17/10

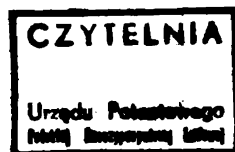
Zgłoszono: 18.11.74 (P. 175723)

Pierwszeństwo: 22.11.73 Republika Federalna
Niemiec

Int. Cl.² B01J 17/10

Zgłoszenie ogłoszono: 01.10.75

Opis patentowy opublikowano: 15.05.1978



Twórca wynalazku _____

Uprawniony z patentu: Siemens Aktiengesellschaft, Monachium (Republika Federalna Niemiec)

Urządzenie do beztygłowego topienia strefowego pręta półprzewodnikowego

1

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do beztygłowego topienia strefowego pręta półprzewodnikowego.

W znanym urządzeniu do beztygłowego topienia strefowego krystalicznego pręta półprzewodnikowego, do dolnego końca pręta półprzewodnikowego jest przytopiony monokrystaliczny zarodek kryształu. Pręt półprzewodnikowy jest zamocowany prostopadle na obu końcach, a po ponownym skrzepnięciu zostaje dodatkowo podparty od strony zarodka w pewnej odległości od strefy topienia.

W znanym urządzeniu kryształy półprzewodnikowe, zwłaszcza krzemowe, zostają wytworzone w procesie beztygłowego topienia strefowego, przy czym na jednym końcu polikrystalicznego pręta półprzewodnikowego przytopiony jest, na przykład przy pomocy nagrzewania cewką indukcyjną, jeden monokrystaliczny zarodek o średnicy mniejszej od średnicy pręta półprzewodnikowego. Począwszy od miejsca przytopienia wytworzone zostają za pomocą tej samej, lub innych cewek indukcyjnych, jedna lub więcej stref topienia przesuujących się wzdłuż pręta półprzewodnikowego. Dzięki temu osiąga się zarówno oczyszczenie pręta półprzewodnikowego, jak i przekształcenie go w monokrystal.

Dla wytworzenia elementów półprzewodnikowych konieczne jest, by materiał półprzewodnikowy nie

2

zawierał dyslokacji, gdyż mogą one znacznie zakłócać właściwości elektryczne wytworzonych z nich elementów półprzewodnikowych. Poza tym dyslokacje zmniejszają czas życia nośników mniejszościowych w półprzewodniku.

Z opisu patentowego RFN nr 1.079.593 jest znane, że powstałe w miejscu przytopienia zarodka kryształu do pręta półprzewodnikowego dyslokacje zmniejszają się w ten sposób, że przed ostatnim przejściem strefy topienia przez pręt półprzewodnikowy, jego przekrój poprzeczny zostaje zwięziony w pobliżu miejsca przytopienia zarodka kryształu. W ten sposób w wytworzonym cienkim połączeniu między zarodkiem kryształu a prętem półprzewodnikowym dyslokacje mogą być usunięte.

Według opisu patentowego RFN nr 1.128.413 wytwarzane są pręty krzemowe całkowicie pozbawione dyslokacji dzięki temu, że przy beztygłowym topieniu strefowym i wielokrotnym przebiegu strefy topienia przez pręt krzemowy, na którego dolnym końcu przytopiony jest monokrystaliczny zarodek kryształu o znacznie mniejszym przekroju od pręta krzemowego, wszystkie przejścia strefy topienia zaczynają się od zarodka kryształu.

Prędkość przesuwania się strefy topienia w zarodku kryształu dobiera się w zakresie od 7 do 15 mm/min. Przy ostatnim przejściu strefy topienia przez pręty krzemowe, przekroje prętów w miejscach przejścia od zarodka kryształu do prę-

ta krzemowego zostają zmniejszone przez chwilowe rozciąganie końców prętów z prędkością większą od 25 mm/min. Prędkość strefy topienia począwszy od tego przewężenia aż do osiągnięcia pełnego przekroju pręta krzemowego zmniejsza się w sposób ciągły. Na końcu strefa topienia jest przesuwana przez pręt krzemowy z prędkością mniejszą od 7 mm/min.

Okazało się, że przy wytwarzaniu monokrystalicznego pręta półprzewodnikowego o dużym przekroju w procesie beztygłowego topienia strefowego przy ostatnim przejściu strefy, na zarodku kryształu narastają podatne na drgania kryształy pręta, wskutek cienkiego połączenia z zarodkiem kryształu. Zachodzi to wtedy, gdy grube monokrystaliczne pręty półprzewodnikowych mają być wytworzone, na przykład podczas wyciągania w procesie beztygłowego topienia strefowego. Drgania te są przyczyną wytwarzania dyslokacji i zakłóceń w strukturze kryształów. Często drgania te prowadzą do ściekania kroplami stopu ze stref topienia, a nawet do przerwania cienkiego odcinka połączenia między zarodkiem kryształu a prętem półprzewodnikowym, co tym samym powoduje przerwanie procesu topienia strefowego.

Z opisu patentowego RFN nr 15.19.901 znane jest, że w procesie beztygłowego topienia strefowego pręta krystalicznego, na którego jednym końcu przytopiony jest zarodek kryształu, końce pręta są podparte odpowiednimi wspornikami, posiadającymi tuleje przesuwalne w kierunku osiowym. Jednak w tym układzie zmniejszenie drgań podczas ciągnięcia bardzo grubych półprzewodnikowych prętów (średnica większa od 30 mm) nie zostało zadowalająco rozwiązane, ponieważ wspornik nierównomiernie dotyka ścianek pręta, co powoduje często dodatkowe drgania, które uniemożliwiają podpieranie.

Celem wynalazku jest opracowanie urządzenia do beztygłowego topienia strefowego pręta półprzewodnikowego, uniemożliwiającego powstawanie drgań podczas ostatniego przejścia strefy topienia przez pręt półprzewodnikowy. Cel ten osiągnięto w urządzeniu według wynalazku dzięki zastosowaniu osiowo przesuwalnej i obracalnej lejkowatej tulei do zamocowania pręta półprzewodnikowego, połączonej z elementem mocującym zarodek kryształu. W swym najwyższym położeniu tuleja obejmuje część stożkową pręta powyżej zarodka kryształu za pomocą środków mocujących.

Według wynalazku, środek mocujący pręt w lejkowatej tulei stanowi korzystnie piasek kwarcowy, ziarnisty krzem albo zakrzepnięty płynny metal, korzystnie ołów lub ind. Metal może być również zastosowany w postaci kulek o jak najgęstszym upakowaniu.

W korzystnym rozwiązaniu według wynalazku, na górnej krawędzi lejkowatej tulei umieszczone są wkładki z najczystszej metalu, korzystnie z glinu, dla utworzenia po stopieniu z częścią stożkową pręta stopu o składzie eutektyku, mocno łączącego i wyrównującego wszystkie nierówności obwodu pręta.

Według wynalazku, lejkowata tuleja jest umie-

szczona wysoko przy zamocowaniu, przy czym przesuwająca się strefa topienia pręta jest oddalona o co najmniej 10 cm od najwyższego położenia tulei.

Według wynalazku, lejkowatą tuleję stanowi korzystnie tuleja z tytanu lub stali albo z krzemu lub grafitu.

Dzięki napełnieniu piaskiem kwarcowym ziarnistym krzemem albo metalem osiąga się łatwe zamocowanie, które eliminuje powstałe przy ciągnięciu drgania i pozwala na uzyskanie prętów krystalicznych bez dyslokacji.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schematycznie przekrój urządzenia do beztygłowego topienia strefowego pręta półprzewodnikowego przed zamocowaniem końca pręta, fig. 2 — i fig. 3 — rozwiązania elementów mocujących urządzenia.

Na fig. 1 monokrystaliczny zarodek kryształu 2 umieszczony w elemencie mocującym 3, jest połączony z dolnym końcem krystalicznego pręta półprzewodnikowego 4, na przykład krzemem. Wytworzona dzięki nagrzewaniu cewką indukcyjną 5 strefa topienia 6 jest przesuwana pomiędzy krystalicznym prętem półprzewodnikowym 4 a cewką 5 w kierunku osiowym wzdłuż krystalicznego pręta półprzewodnikowego 4, począwszy od miejsca przytopienia zarodka kryształu 2. Lejkowata tuleja 7 z tytanu, krzemu lub grafitu obejmuje element mocujący 3. Tuleja ta jest przesuwalna w kierunku osiowym względem elementu mocującego 3, w wyniku działania zewnętrznych sił napędowych nie pokazanych na rysunku.

Podczas obrotu elementu mocującego 3, obraca się jednocześnie lejkowata tuleja 7, spoczywająca na czopie 8 nałożonym na drążku 9 przesuwalnym w kierunku osiowym w szczelinie prowadnicy 10 elementu mocującego 3. Komora 11 jest dolną częścią urządzenia do beztygłowego topienia strefowego. Konieczne uszczelnienia nie są pokazane z uwagi na zachowanie przejrzystości rysunku.

Na fig. 1 jest ponadto przedstawiony odcinek połączenia 12, który powstaje przez przytopienie zarodka kryształu 2 do krystalicznego pręta półprzewodnikowego 4 i ich rozciągnięcie w kierunku osiowym.

Odcinek połączenia 12 jest podobny do zwężenia w kształcie szyjki butelki i jest wzrastającym monokrystalicznym, w którym nie występują dyslokacje. Krystaliczny pręt półprzewodnikowy 4 i zarodek kryształu 2 wykonują ruch obrotowy wokół osi, w wyniku którego istnieje niebezpieczeństwo, że przy zwężonym połączeniu 12 koniec krystalicznego pręta półprzewodnikowego 4 zacznie drgać, gdy strefa topienia 6 zbyt oddali się od miejsca przytopienia zarodka kryształu 2 do krystalicznego pręta półprzewodnikowego 4.

Przy zastosowaniu prętów krzemowych o średnicy około 40 mm zachodzi to, gdy strefa topienia jest oddalona o około 70 cm od cienkiego odcinka połączenia 12. Amplitudy drgania często są tak duże, że musi się przerwać proces ciągnięcia kryształu. Zanim strefa topienia 6 osiągnie kryty-

czną odległość od zwężonego połączenia 12, lejkowatą tuleję 7 przesuwa się w górę przy pomocy drążka 9 tak daleko, aby została nią objęta, leżąca powyżej zarodka kryształu 2, część stożkowata krystalicznego pręta półprzewodnikowego 4, jak to pokazano w fig. 2 i 3. Po napełnieniu lejkowatej tulei 7 środkami mocującymi pręt 4 następuje proces mocowania.

Na fig. 2, jako środek mocujący pręt 4 do napełniania lejkowatej tulei 7 przy pomocy elementu wprowadzającego 14, zastosowano piasek kwarcowy 13. Zamiast piasku kwarcowego 13 można również zastosować ziarnisty krzem, kulki stalowe, jak również płynny ołów lub ind, które spełniają swe zadanie po skrzepnięciu w tulei 7. Jak widać z fig. 2, w miejscu zetknięcia zwężonego odcinka połączenia 12 z krystalicznym prętem półprzewodnikowym 4 drgania powstawać nie mogą. Zarodek kryształu 2 i zwężony odcinek połączenia 12 przylegające do dolnej części pręta 4 są już tak zimne, że nie mogą się już wytworzyć dyslokacje. Oznaczenia są zgodne z oznaczeniami fig. 1.

Fig. 3 przedstawia inne rozwiązanie elementu mocującego urządzenia według wynalazku. Tutaj na krawędzi wewnętrznej lejkowatej tulei 7 zastosowano wkładki 15 z najczystszego glinu, zamocowane za pomocą elementu 16, który przy przesunięciu w górę lejkowatej tulei 7 lekko dotyka części stożkowej pręta 4 oraz stapia się z gorącym materiałem półprzewodnikowym, na przykład krzemem. Podczas gdy strefa topienia przesuwa się dalej w górę, stop oziębia się wokół pręta, przez co tworzy się mocne połączenie, które zapobiega drganiom. Jest ważne, aby właściwie dobrać temperaturę w punkcie zetknięcia.

Pozostałe oznaczenia są zgodne z opisanymi na fig. 1 i 2.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do beztyglowego topienia strefowego pręta półprzewodnikowego, w którym do dolnego końca pręta półprzewodnikowego jest przytopiony monokrystaliczny zarodek kryształu i

pręt półprzewodnikowy jest zamocowany na obu końcach, a po ponownym skrzepnięciu zostaje dodatkowo podparty od strony zarodka w pewnej odległości od strefy topienia, **znamiennie tym**, że ma osiowo przesuwalną i obracalną lejkowatą tuleję (7) do zamocowania pręta półprzewodnikowego (4), połączoną z elementem mocującym (3) zarodek kryształu (2), która w swym najwyższym położeniu obejmuje część stożkową pręta (4) powyżej zarodka kryształu (2) przy czym tuleja posiada środki mocujące (4) część stożkową pręta.

2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że środek mocujący pręt (4) w lejkowatej tulei (7) stanowi piasek kwarcowy (13,) korzystnie ziarnisty krzem.

3. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że środek mocujący pręt (4) w lejkowatej tulei (7) stanowi zakrzepnięty płynny metal, korzystnie ołów lub ind.

4. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że środek mocujący pręt (4) w lejkowatej tulei stanowią kulki metalowe o jak największym upakowaniu.

5. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że na górnej krawędzi lejkowatej tulei (7) umieszczone są wkładki (15) z najczystszego metalu, dla utworzenia po stopieniu częścią stożkową pręta (4) stopu o składzie eutektyku, tworzącego mocne połączenie.

6. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że wkładki (15) stanowią wkładki glinowe.

7. Urządzenie według zastrz. 1 albo 5, **znamiennie tym**, że lejkowata tuleja (7) jest umieszczana wysoko przy zamocowaniu, przy czym przesuwaną strefa topienia pręta (4) jest oddalona o co najmniej 10 cm od najwyższego położenia lejkowatej tulei.

8. Urządzenie według zastrz. 7, **znamiennie tym**, że posiada element (14) wprowadzający środki mocujące pręt (4) do lejkowatej tulei (7).

9. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że lejkowatą tuleję (7) stanowi tuleja z tytanu lub stali albo z krzemu lub grafitu.

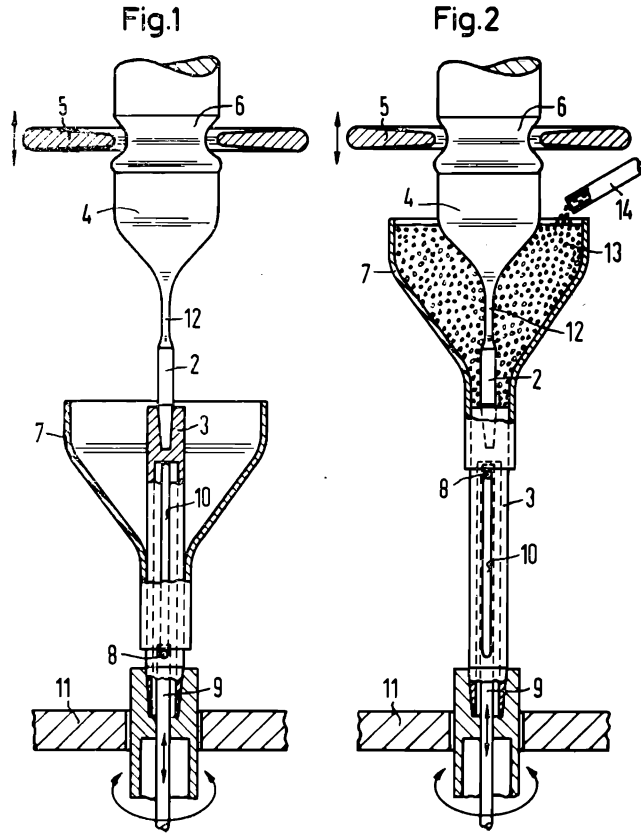


Fig. 3

