

(19) DANMARK



PATENTDIREKTORATET  
KØBENHAVN

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT



(11) 153413 B

(21) Patentansøgning nr.: 3660/76

(22) Indleveringsdag: 13 aug 1976

(41) Alm. tilgængelig: 02 mar 1977

(44) Fremlagt: 11 jul 1988

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 01 sep 1975 DE 2538854

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>

C 30 B 13/20

H 05 B 6/36

(71) Ansøger: \*WACKER-CHEMITRONIC GESELLSCHAFT FUER ELEKTRONIK-GRUNDSTOFFE MBH; Johannes-Hess-Strasse 24; 8263 Burghausen, DE

(72) Opfinder: Franz \*Koehl; DE

(74) Fuldmægtig: Ingeniørfirmaet Budde, Schou & Co.

(54) Induktionsvarmespole med en vikling til fremstilling af forskydningsfri, enkrystallinske halvlederstave ved digelfri zonesmeltning

(56) Fremdragne publikationer

DE off.g. skrift nr. 1644004  
DE freml. skrift nr. 1249836  
GB pat. nr. 976844

DK 153413 B

0

Den foreliggende opfindelse angår en induktionsvarmespole med én vikling til fremstilling af forskydningsfri, dvs. fri for krystalstrukturdefekter såsom dislokationer, der hidrører fra mekanisk forskydning af krystalmateriale, énkrySTALLINSKE halvlederstave, især med stor diameter, ved digelfri zonesmeltning af en lodret orienteret krystallinsk stav.

Ved digelfri zonesmeltning anvendes idag som induktionsvarmespole foruden cylinderspøler og fladspøler med flere viklinger, fortrinsvis fladspøler med én vikling, der tillader, at staven kun smeltes på et meget smalt sted. Smeltezonens herved forøgede stabilitet er især ved store stavdiametre af betydning. Ved hjælp af sådanne fladspøler med én vikling er det lykkedes at overføre stave til forskydningsfri énkrySTALLER med en diameter på op til 7,5 cm. Det gab eller den slids, som dannes ved strømtilførslerne i denne art fladspøler med én vikling, virker dog meget ugunstigt ved større stavdiametre og kan ved yderkanten af denne art stave nær ved størkningsfronten føre til gensmeltninger, der bevirker forskydninger i staven.

Det er således opfindelsens formål at forbedre den kendte induktionsvarmespole med én vikling således, at den tillader fremstilling af forskydningsfri halvlederstave, især med stor diameter.

Dette formål opnås ifølge opfindelsen med induktionsvarmespole af den allerede angivne art, der er ejendommelig ved en eller flere udvidelser svarende til det mellem spoleenderne ved overgangen til strømtilførslerne dannede frirum, hvilke udvidelser er anbragt omdrejnings-symmetrisk omkring akse gennem spolens midtpunkt, idet afstanden mellem det mellem spoleenderne ved overgangen til strømtilførslerne dannede frirum og den næstfølgende udvidelse er lig med afstanden mellem to naboudvidelser.

Induktionsvarmespølerne ifølge opfindelsen kan udformes som fladspøler med én vikling eller som ringspøler

0

med én vikling og med f.eks. overvejende rektangulært eller ovalt eller fortrinsvis overvejende kvadratisk eller rundt hultvårsnit. Hultvårsnittet af de ligeledes af et egnet kølemiddel gennemstrømmende fladspoler kan f.eks. være i hovedsagen rektangulært, tilnærmet trekantet eller konusformet, idet den spidse vinkel eller åbningvinkelen skal ligge ved spolens inderkant.

Den indvendige diameter af de f.eks. af sølv fremstillede induktionsvarmespoler ifølge opfindelsen er ca. 20 til ca. 40 mm, fortrinsvis 25-35 mm, den udvendige diameter ca. 110 til ca. 180 mm, fortrinsvis 130-150 mm, idet der i ringspolerne med f.eks. kvadratisk eller rundt hultvårsnit ved den indvendige diameter skal forstås den dobbelte afstand fra det spolepunkt, der ligger nærmest midtpunktet, til spolemidtpunktet, og ved den udvendige diameter den dobbelte afstand fra det spolepunkt, der ligger længst væk fra midtpunktet, til spolens midtpunkt.

Ved hjælp af spoleformen ifølge opfindelsen kompenseres der for den asymmetri i det elektromagnetiske felt, som betinges af det spalteformede frirum, der dannes mellem spoleenderne ved overgangen til strømtilførslerne, ved dannelsen af flere asymmetriske former, der frembringes ved hjælp af de spoleudvidelser, der ifølge opfindelsen frembringes rundt om drejningsaksen, og som er af næsten ens størrelsesorden, og der fremkommer et ensartet elektromagnetisk felt, der er i hovedsagen symmetrisk i forhold til stavens akse. Ved hjælp af den symmetriske og ensartede fordeling af feltet undgås gensmeltninger af staven, således som de optræder ved yderkanten af størkningsfronten ved anvendelse af de gængse fladspoler med én vikling på grund af den termisk asymmetri, dvs. den partielle overhedning ved de smalle strømtilførsler.

På grund af den symmetriske og ensartede fordeling af feltet i induktionsvarmespolerne ifølge opfindelsen er

35

0

det desuden lykkedes at forbedre den radiale modstandsgradient afgørende makroskopisk og mikroskopisk. Den makroskopiske forbedring betyder således, at modstandsforløbet, der i det væsentlige bestemmes af koncentrationen af doteringsstof, over hele stavens diameter 5 bliver i hovedsagen ensartet, dvs. ikke aftager eller næsten ikke aftager ind mod stavens midte, og den mikroskopiske forbedring betyder, at den af stribestruktur forårsagede modstandssvingning formindskes stærkt.

10

Ved anvendelse af induktionsvarmespolerne ifølge opfindelsen kan der fremstilles absolut forskydningsfrie halvlederénkrystaller, og desuden bliver denne art énkrystallers ydre stavform på grund af den ensartede varmegradient og de dermed mindre indefrosne indre spændinger væsentlig glattere, hvorved tab ved slibning kan 15 reduceres betydeligt. Medens der ved anvendelse af de gængse fladspoler med én vikling på grund af det ved hjælp af dem frembragte asymmetriske felt, hvor resultanten af de elektromagnetiske feltkræfter falder uden for stavens akse, overføres bøjningsmomenter til det podede 20 materiale, hvilke bøjningsmomenter ved længere stave kan føre til, at staven knækker eller vender rundt, er det lykkedes ved anvendelsen af varmespolerne ifølge opfindelsen at trække også lange og tunge stave med 25 stor stavdiameter fejlfrit.

Opfindelsen vil i det følgende blive nærmere belyst ved hjælp af tegningen, på hvilken fig. 1-3 viser tre udførelsesformer for induktionsvarmespoler ifølge opfindelsen.

30

I fig. 1 er vist en induktionsvarmespole med én vikling og rundt hultværsnit, hvis form følger omridset af en ligesidet sekskant, og som i fortsættelse af forbindelseslinierne mellem sekskantens midtpunkt og hjørner udadtil er trukket fra hinanden, idet der dannes udvidelser 3, der svarer til et mellem strømtilførsler 1 35 dannet gab 2. Ifølge opfindelsen kan der fremstilles

0

induktionsvarmespoler med firkantet, ovalt eller fortrinsvis kvadratisk hultværsnit, der følger en mangekants omrids, fortrinsvis en 4-8-kants, og tilsvarende i fortsættelse af forbindelseslinierne mellem den pågældende polygons midtpunkt og hjørner udefter er trukket fra hinanden til dannelselse af udvidelser svarende til det mellem strømtilførslerne udformede gab.

Fig. 2 viser en induktionsvarmepole ifølge opfindelsen, hvor spolen løber i fire på hinanden følgende tilnærmelsesvis cirkelformede ensartede slyngninger omkring spolens midtpunkt og i en krumning længst bort fra midtpunktet går over i strømtilførslerne. Det frirum 2, der dannes ved spoleendernes overgang ind i strømtilførslerne 1, svarer derved i sin geometriske dimension i hovedsagen til en af spoleslyngningerne afgrænset udvidelse. Tilsvarende kan der også fremstilles spoler med flere eller færre, fortrinsvis 3-7, af denne art tilnærmelsesvis cirkelformede eller f.eks. også ovale eller kantede slyngninger, hvor så det frirum, der dannes mellem spoleenderne ved overgangen til strømtilførslerne, skal udformes svarende til slyngningens form. Ifølge en yderligere udførelsesform er spolen udført således, at den over for strømtilførslerne har en krumning 4 ind mod midtpunktet, der på et kort stykke er bøjet konkavt ind. Denne udførelsesform letter zonesmeltningen med podekrystaller.

Spolen kan med dette sted køres tæt hen til podekrystallen, hvorved der til smeltning behøves mindre energi. Efter påsmeltningen på polystaven kan staven derpå igen let bringes ind i spolemidten. Smeltes podekrystallen derimod i spolemidten, kræves der på grund af dårlig tilkobling ved den store afstand særdeles megen energi, hvorved det kan forekomme, at der sker en for stærk smeltning af polystaven, der befinder sig derover, og endelig, at der sker en neddrypning af kimkrystallen.

35

0

I fig. 3 ses yderligere en foretrukken udførelsesform for induktionsvarmespolen ifølge opfindelsen. Denne fladspole med én vikling har på inderkanten vinkelret på yderkanten fire udadgående slidser 3, der svarer til spalten 2 mellem spoleenderne ved overgangen til strømtilførslerne 1. Afstanden mellem spalten 2 ved spoleendernes overgang til strømtilførslerne 1 og den næstfølgende slids 3 er lig med afstanden mellem hver to naboslidser. Desuden findes midt mellem hver af naboslidserne 3 samt midt mellem spalten 2 og de nærmeste slidser 3 på spolens yderkant anbragte vinkelret på inderkanten indadvendende slidser 5 med i hovedsagen samme dimensioner.

I reglen kan sådanne flade spoler med én vikling ifølge opfindelsen forsynes med flere eller færre, fortrinsvis 2-8, sådanne fra inderkanten vinkelret på inderkanten indadvendende slidser og i hovedsagen svarende til spalten mellem spoleenderne ved overgangen til strømtilførslerne, hvilke slidser i længden fortrinsvis svarer til 70-80% af spolens bredde.

Ifølge en foretrukken udførelsesform for en sådan fladspole med én vikling, således som den er afbildet i fig. 3, gøres inderkanten på stedet over for den mellem spoleenderne ved overgangen til strømtilførslerne 1 udformede spalte 2 cirkelbueformet, og der dannes kun på dette sted en fra spolens yderkant indadvendende, på inderkanten vinkelret slidsformet udvidelse i spolen. En sådan induktionsvarmespole anvendes fortrinsvis til krystaltrækning med pødekystal, idet polystaven, når pødekrytallen påsættes, føres fra spolemidten ud nær ved dette sted. Efter påsætningen føres staven under udformning af det konusformede overgangsstykke på gængs måde igen tilbage til spolemidten eller spolen ind til stavens midte.

Induktionsvarmespolerne med én vikling ifølge opfindelsen kan i princippet anvendes ved alle gængse

35

0

zonetrækningsmetoder til fremstilling af forskydningsfri halvlederstave af f.eks. silicium, germanium eller III/V-forbindelser, f.eks. galliumarsenid eller galliumphosphid, både under beskyttelsesgas og under vakuum,

5

således f.eks. også ved tyndhalstrækning, hvor der mellem pødekrystal og polystav udformes et forsnævret sted, eller f.eks. også ved "wobbling", dvs. ved zonesmeltning

10

af en krystallinsk stav med ekscentrisk og koncentrisk rotation af monostaven, eller f.eks. ved zonesmeltning af en krystallinsk stav under sideværts forskydning af den genstørkede stavdel.

15

20

25

30

35

0

P a t e n t k r a v .

1. Induktionsvarmespole med én vikling til fremstilling af forskydningsfri, énkrySTALLINSKE halvlederstave ved digelfri zonesmeltning, k e n d e t e g n e t ved en eller flere udvidelser svarende til det mellem 5 spoleenderne ved overgangen til strømtilførslerne dannede frirum, hvilke udvidelser er anbragt omdrejningssymmetrisk omkring akse gennem spolens midtpunkt, idet afstanden mellem det mellem spoleenderne ved overgangen til strømtilførslerne dannede frirum og den næstfølgende udvidelse er lig med afstanden mellem to naboudvidelser.

2. Induktionsvarmespole ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at spolen i sin form følger omridsene af en ligesidet 4-8-kant og i fortsættelse af forbindelseslinierne mellem den pågældende polygones midtpunkt og hjørner udefter er trukket fra hinanden under udformning af de udvidelser, der svarer til den mellem strømtilførslerne dannede slids.

3. Induktionsvarmespole ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at spolen løber i 3-7 på hinanden følgende omkring dens midtpunkt symmetrisk arrangerede tilnærmelsesvis cirkelformede ensartede slyngninger og går over i strømtilførslen ved krumningen længst borte fra spoleaksen.

4. Induktionsvarmespole ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at spolen er udformet som en flad spole med én vikling, hvilken spole fra inderkanten vinkelret på yderkanten har to til otte udadgående slidser svarende til spalten mellem spoleenderne ved overgangen til strømtilførslerne, idet slidsernes længde svarer til 70-80% af spolens bredde, hvorhos afstanden mellem den mellem spoleenderne ved overgangen til strømtilførslerne udformede spalte og den næstfølgende slids er lig med 35 afstanden mellem hver to slidser, og at der midt mellem hver to sådanne udgående slidser fra spolens inderkant



0

samt midt mellem spalten og den nærmest liggende slids hver gang er udformet en i hovedsagen på samme måde dimensioneret slids fra spolens yderkant vinkelret på fladspolens inderkant.

5

5. Induktionsvarmespole ifølge krav 4, k e n d e- t e g n e t ved, at på stedet over for spalten mellem spoleenderne ved overgangen til strømtilførslerne er indersiden af den flade spole med én vikling udformet cirkelbueformet, og at der kun fra spolens yderkant på dette sted løber en slidsformig udvidelse vinkelret på spolens inderkant.

10

15

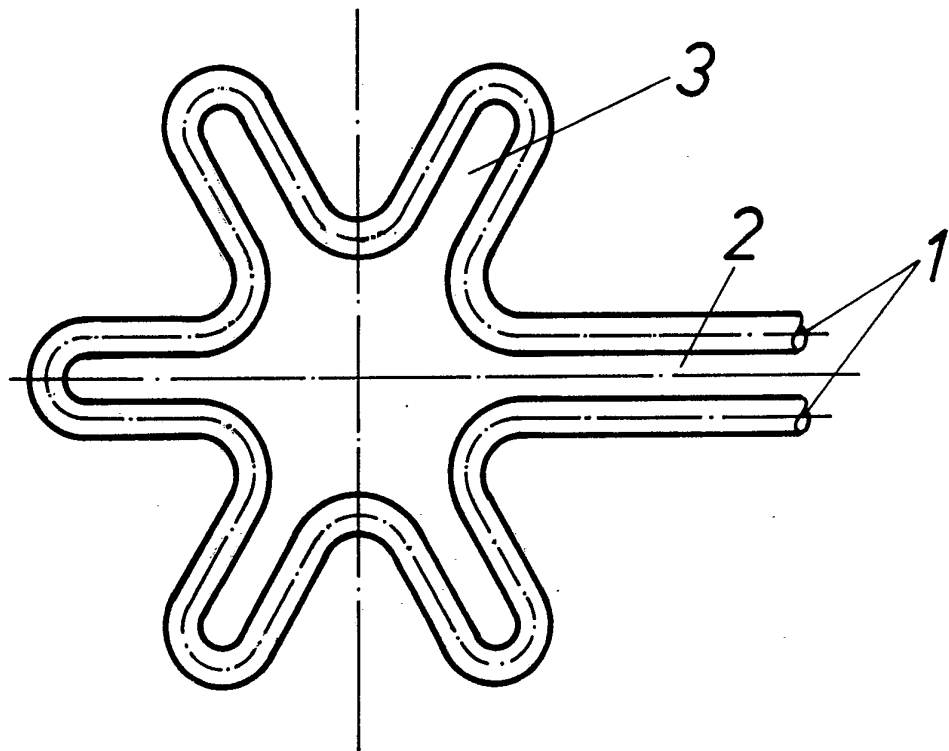
20

25

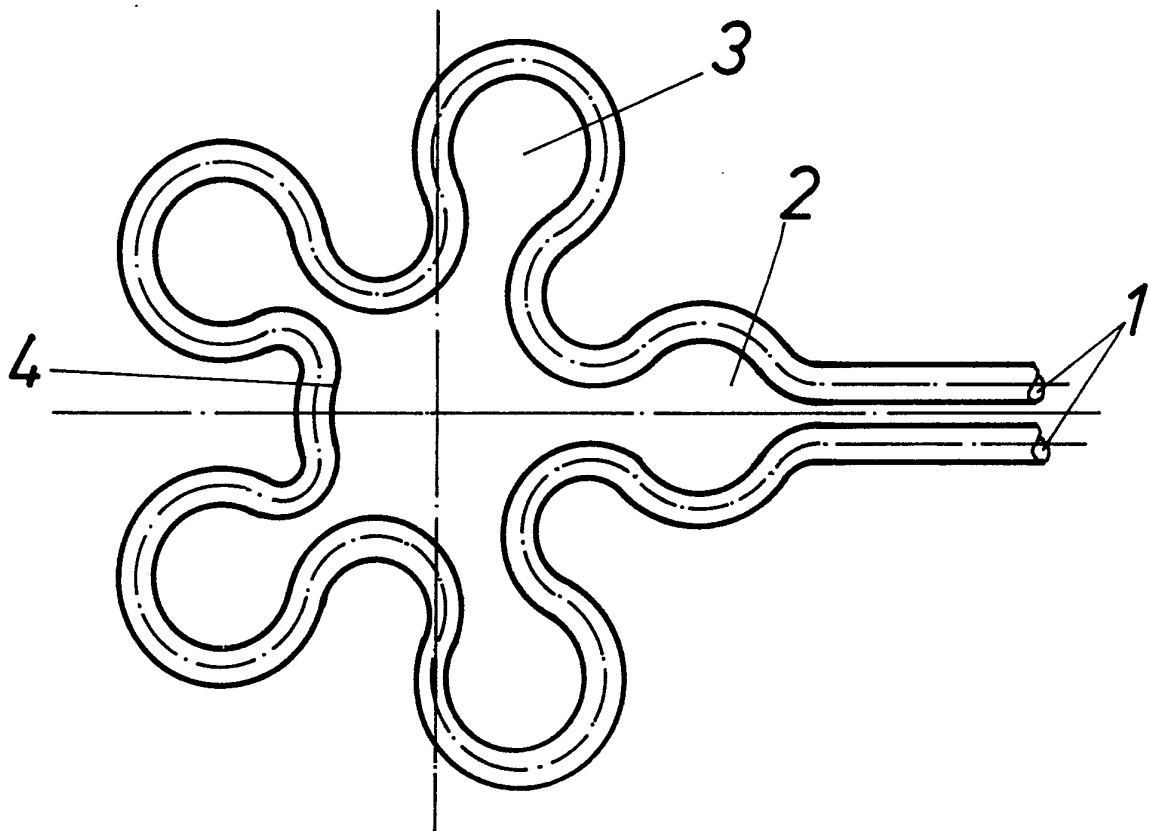
30

35

*Figur 1*



*Figur 2*



Figur 3

