



(12) **PATENT**

(19) **NO**

(11) **334776**

(13) **B1**

**NORGE**

(51) **Int Cl.**

**C23C 16/24 (2006.01)**

**C23C 16/44 (2006.01)**

**C01B 33/029 (2006.01)**

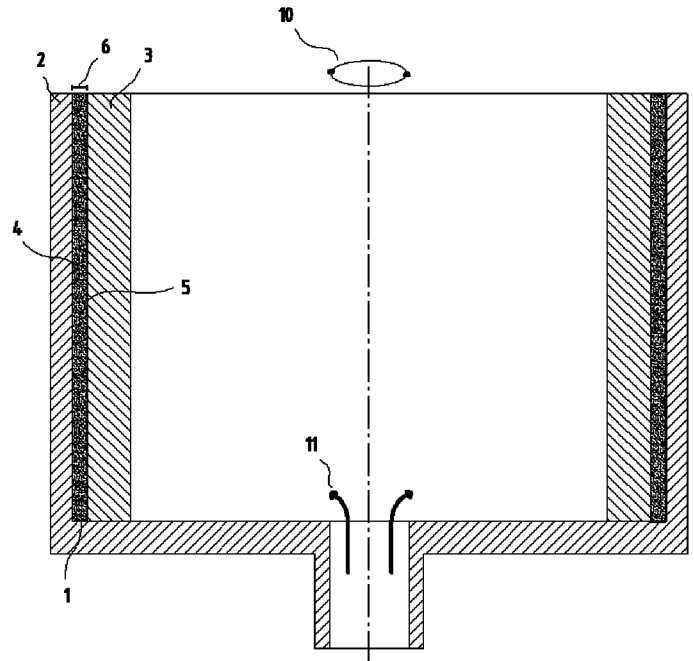
**C01B 33/021 (2006.01)**

## Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20111304	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2011.09.26	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2011.09.26	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2013.03.27		
(45)	Meddelt	2014.05.26		
(73)	Innehaver	Dynatec Engineering AS, Rakkestadveien 1, 1814 ASKIM, Norge		
(72)	Oppfinner	Josef Filtvedt, Kråkerudbakken 84, 1825 TOMTER, Norge Werner O Filtvedt, Furukvisten 2, 1825 TOMTER, Norge		
(74)	Fullmektig	Protector Intellectual Property Consultants AS, Oscarsgate 20, 0352 OSLO, Norge		

(54)	Benevnelse	<b>Reaktor og fremgangsmåte for fremstilling av silisium ved kjemisk dampavsetning</b>
(56)	Anførte publikasjoner	NO 20092111 A WO 2010136529 A1 NO 20100210 A1 US 20080213156 A1 US 4981102 A
(57)	Sammendrag	

Oppfinnelsen tilveiebringer en reaktor for fremstilling av silisium ved kjemisk dampavsetning (CVD), reaktoren omfatter et reaktorvolum som kan roteres rundt en akse ved hjelp av en rotasjonsinnretning operativt anordnet til reaktoren, minst en sidevegg som omslutter reaktorvolumet, minst ett innløp for reaksjonsgass, minst ett utløp for restgass og minst en varmeinnretning operativt anordnet til reaktoren. Reaktoren særpreges ved at den, under drift for fremstilling av silisium ved CVD, omfatter et sjikt av partikler på innsiden av den minst ene sidevegg.



## **Reaktor og fremgangsmåte for fremstilling av silisium ved kjemisk dampavsetning**

### Oppfinnelsens område

5 Den foreliggende oppfinnelse vedrører fremstilling av silisium til solcelle- og elektronikkanvendelse. Nærmere bestemt vedrører oppfinnelsen en reaktor og en fremgangsmåte dertil, særlig deponeringsflaten til en roterende reaktor for silisiumfremstilling ved kjemisk dampavsetning, CVD.

### 10 Oppfinnelsens bakgrunn og kjent teknikk

Utvikling av nye teknikker for å utnytte fornybare, ikke forurensende energikilder er essensielt for å møte energibehovet i fremtiden. Solenergi er blant de energikildene som har størst interesse i denne sammenheng.

15 Silisium er en kritisk råvare for både elektronikk- og solcelleindustrien. Selv om det finnes alternative materialer til spesielle applikasjoner, vil multikrystallinsk og monokrystallinsk silisium være foretrukne materialer i overskuelig fremtid. Forbedret tilgjengelighet og økonomi ved produksjon av multikrystallinsk silisium vil øke vekstmulighetene for begge industrier, særlig anvendelsen av  
20 solceller for fornybar energi.

For å fremstille silisium med tilstrekkelig renhet for bruk i solceller eller elektronikk, brukes det i dag hovedsakelig kjemiske dampavsetningsmetoder (CVD - Chemical Vapour Deposition). Forskjellige utgaver av Siemens-  
25 prosessen er de mest utbredte former av CVD for fremstilling av polykrystallinsk silisium. Derved blir en silisiumholdig gass, slik som silan eller triklorsilan, og annen gass slik som hydrogengass og argon, ført inn i en kjølt beholder og silisium blir avsatt på en eller flere motstandsoppvarmede staver. Energi- og arbeidsbehovet er høyt. Nærmere beskrivelse av den mest brukte prosessen er  
30 beskrevet i patentpublikasjon US 3,979,490.

En annen CVD-metode anvender et omvirvlet sjikt (fluidized bed), hvorved silisium kimpartikler omvirvels av og holdes i en oppadstigende gasstrøm, idet gasstrømmen omfatter silisiumholdig gass hvorfra silisium kan avsettes på

5 kimpartiklene. En grundig beskrivelse av CVD-metoder med omvirvlet sjikt og tilhørende utstyr og driftsparametre for fremstilling av silisium, inkludert gassblandinger, temperaturer for avsetning og problemer og begrensninger derved, finnes i patentpublikasjonene US 4,818,495 og US 5,810,934, til hvilke publikasjoner det henvises for nærmere informasjon.

10 En roterende CVD-reaktor er utviklet og patentsøkt av Dynatec Engineering, ved patentsøknadene NO 2009 2111 og NO 2010 0210. En reaktor for fremstilling av silisium ved kjemisk dampavsetning er derved tilveiebrakt, idet reaktoren omfatter et reaktorlegeme som danner en beholder, minst ett innløp for en silisiumholdig gass, minst ett utløp og minst en varmeinnretning som en del av eller operativt anordnet til reaktoren. I en hovedutførelse er reaktoren særpreget ved at den roterer slik at reaksjonsgassen blir påført sentripetalakselasjon. I det følgende betegnes en slik reaktor for en Dynatec-reaktor.

15

Prinsippet for en Dynatec-reaktor er at en silisiumholdig gass, fortrinnsvis silan, blir ført inn i en roterende, oppvarmet beholder. Forskjellen i tetthet mellom reaksjonsgass og restgass gjør det mulig å separere gassene ved hjelp av sentripetalakselasjonen. Den tunge reaksjonsgassen presses ut fra senter i beholderen, hvorved den dekomponeres når den varmes opp av beholderens innervegg, hvorpå silisium derved avsettes. Dette gir høyere deponeringsrate og bedre utnyttelse av reaksjonsgassen, samtidig som behovet for selektiv kjøling av flater hvor dekomponering ikke skal forekomme minimeres. Til sammen reduserer dette energibehovet per kilo produsert silisium. Det er imidlertid behov for ytterligere forbedring av Dynatec-reaktoren, for å senke kostnaden per produsert kilo superrent silisium ytterligere, og hensikten med den foreliggende oppfinnelse er å tilveiebringe en slik forbedring.

20

25

### 30 Oppsummering av oppfinnelsen

Oppfinnelsen tilveiebringer en reaktor for fremstilling av silisium ved kjemisk dampavsetning (CVD), reaktoren omfatter et reaktorvolum som roteres rundt en akse ved hjelp av en rotasjonsinnretning operativt anordnet til reaktoren, minst en sidevegg som omslutter reaktorvolumet, minst ett innløp for reaksjonsgass,

minst ett utløp for restgass og minst en varmeinnretning operativt anordnet til reaktoren. Reaktoren særpreges ved at reaktoren under drift, innerst mot reaktorvolumet, omfatter et sjikt av partikler som holdes på plass på sideveggen av rotasjon av reaktoren og at Si avsettes på sjiktet av partikler.

5

For Dynatec-reaktoren kan det, dersom reaktoren skal brukes på nytt, være en utfordring å få ut den ferdige silisiumblokken fra reaktoren etter at det er avsatt så mye silisium inne i reaktoren at det ikke er hensiktsmessig å fortsette prosessen for fremstilling av silisium. Blokken med avsatt silisium må da tas ut før prosessen kan starte opp igjen. Med den foreliggende oppfinnelse vil silisiumet slippe reaktorens innervegg lett, fordi partikkelsjiktet har funksjonalitet som et kuleleagersjikt eller et glidesjikt hvorfra silisiumblokken langt enklere kan tas ut. Fordelen derved er at produksjonsprosessen kan utføres langt mer kontinuerlig, hvilket senker produksjonskostnaden.

15

Reaktoren kan omfatte en rørsesjon eller være sammenstilt av flere sidevegger eller seksjoner, fortrinnsvis slik at reaktoren lett kan åpnes eller silisiumblokken kan ekstruderes ut. Tverrsnittet av reaktorvolumet ortogonalt til aksene er helst sirkulært men ikke nødvendigvis, det blir imidlertid med fordel sirkulært med partikkelsjiktet på sideveggen i driftsmodus, med rotasjon og oppvarming for silisiumfremstilling ved CVD, for å oppnå optimale driftsforhold. Nærmere bestemt innføres partikler eller anordnes materiale i reaktoren slik at sentripetalakselerasjonen ordner partikkelsjiktet slik at sirkulært tverrsnitt oppnås. Med begrepet sjikt av partikler menes det materiale som er eller under driftsforholdene blir partikulært, slik at den produserte silisiumblokk lett kan tas ut fra reaktoren. Materialet kan innføres i fast tilstand, i flytende eller halvflytende tilstand. Begrepet sjikt av partikler omfatter derved også belegg eller materiale som under oppvarming og rotasjon av reaktoren tilsiktet sprekker opp til partikulært materiale, skallfragmenter, fibre eller andre former som gir den tilsiktede glidevirkning som letter uttak av produserte silisiumblokker.

30

Reaktoren må ikke nødvendigvis ha en topp og en bunn, idet en eller begge av topp og bunn kan være eksterne deler for eksempel av et rotasjonsbord og en medroterende sammenførbar topp i en rotasjonsinnretning. Det er kun minst en

sidevegg som omslutter reaktorvolumet som er obligatorisk, topp og bunn kan derfor være eksterne komponenter, hvilket representerer en foretrukket utførelse av reaktoren ifølge oppfinnelsen.

- 5 Sjøkket av partikler består fordelaktig av materiale som i minst mulig grad kontaminerer det produserte silisium, fortrinnsvis er partiklene av silisium av metallurgisk kvalitet eller renere, mest foretrukket silisium av samme renhet som silisiumet som kjemisk dampavsettes. Med fordel består partikkelsjøkket, i det minste over en del av tykkelsen, eksempelvis over en tykkelse på minst tre  
10 median partikkeldiametre, av i hovedsak runde partikler, fordi derved oppnås god kulelagerfunksjonalitet.

Reaktoren er fordelaktig utformet som en rørseksjon som er roterbar om egen akse. Derved kan reaktoren ha en hvilken som helst orientering under drift,  
15 hvilket kan være meget praktisk.

Reaktoren er i en fordelaktig utførelse utformet som en stående konisk rørseksjon som kan roteres om lengdeaksen, med sirkulært indre tverrsnitt og størst diameter i en øvre ende. Reaktorens sidevegg får derved en slippvinkel  
20 som kan avpasses slik at partikkelsjøkket naturlig legger seg korrekt på reaktorens indre sidevegg. Nærmere bestemt balanseres tyngdekraften på partiklene mot den vertikale komponent i motkraften fra veggen. Eksempelvis vil en typisk reaktor, med 2-pols elektromotor drevet ved 50 Hz, med 3000 rotasjoner per minutt, rpm, generere en sentripetalakselerasjon på 1000 g på  
25 partiklene, altså er sentripetalakselerasjonen 1000 ganger tyngdekraften. En balanserende vertikalkomponent i motkraften blir derved kun 1/1000, og slippvinkelen kan finnes direkte ved å finne arcustangens av 1/1000. Tilsvarende gjelder for andre rotasjonshastigheter, og ulike indre reaktordiametre, idet vinkelen kan avpasses slik at tyngdekraften og  
30 vertikalkomponenten av motkraften fra veggen på partiklene balanseres mot hverandre.

Reaktoren er i en fordelaktig utførelse utformet med et ytre partikkellag som er festet til reaktorens sidevegg, eksempelvis sintret eller smeltet fast. Ytre

partikkellag betyr lengre fra senteraksen enn indre partikkellag, dvs. innerst mot reaktorveggen. Derved kan det ikke bare oppnås et partikkelsjikt enklere, men det blir enklere å få et sjikt av grovere partikler ytterst, nærmest inn mot veggen, og finere partikler med større overflate innerst mot reaksjonsvolumet. Partiklene vil derved ikke så lett gjennomgå en separasjon over tid slik at det lettere kan oppnås et lag med fine, ikke kontaminerende partikler med stor overflate innerst mot reaktorvolumet. Naturlig separasjon radialt kan ellers medføre at grove partikler legger seg innerst og fine ytterst mot veggen i reaktoren.

- 10 Reaktoren omfatter med fordel et utløp og minst ett innløp i samme ende, innløpet eller innløpene er anordnet konsentrisk utenfor utløpet. Derved kan en ende være uten gjennomføringer, for enkel plassering på et roterende underlag, og utarmet reaksjonsgass, eller restgass eller inertgass, som eksempelvis kan ha 1/16 tetthet av rik reaksjonsgass vil tas ut ved senterlinjen der den naturlig samles mens rik reaksjonsgass vil innføres nærmere sideveggen der den naturlig samles, således forbedres strømningsmønsteret.

Oppfinnelsen tilveiebringer også en fremgangsmåte for fremstilling av silisium ved kjemisk dampavsetning (CVD), fortrinnsvis ved bruk av reaktoren ifølge oppfinnelsen. Fremgangsmåten særpreges ved å innføre partikler til dannelse av et indre partikkelsjikt på reaktorens indre sideveggoverflate, å innføre reaksjonsgass for kjemisk dampavsetning, å produsere silisium ved kjemisk dampavsetning på partikkelsjiktet mens reaktoren roteres og det indre partikkelsjiktet holdes på plass på sideveggen av rotasjonen, å løsne det produserte silisiumet fra partikkelsjiktet og å ta det ut, og å utføre eventuell klargjøring av reaktorens indre overflate før produksjonen av silisium fortsettes ved gjentagelse av fremgangsmåtetrinnene, idet reaktoren fortrinnsvis holdes varm under utøvelsen av fremgangsmåtetrinnene, og i rotasjon til og med trinnet for kjemisk dampavsetning.

30

Oppfinnelsen tilveiebringer også anvendelse av en reaktor ifølge oppfinnelsen, for fremstilling av silisium ved kjemisk dampavsetning (CVD).

Partikkelsjiktet kan omfatte små og/eller store partikler, hule, kompakte eller porøse, eller med varierende porøsitet, i form av støv, pulver, sand, små kuler eller andre små partikler, som legges eller legger seg som et tynt lag på innsiden av reaktorens eller beholderens innervegg. Med fordel legges eller sprøytes et tynt lag med pulver, små kuler eller andre små partikler på innsiden av reaktorveggen. Sentripetalkreftene, som oppstår i den roterende reaktorbeholderen, vil holde partiklene på plass på veggen samtidig som den vil hjelpe til med å danne et lag med sirkulært indre tverrsnitt. Partiklene fordeles jevnt utover innerveggen til reaktorsylinderen av sentripetalkraften, etter at reaktoren er satt i rotasjon.

Partiklene bør være av et materiale som gir liten kontaminering, og som ikke smelter sammen eller fester seg til hverandre ved reaktorens driftstemperatur. Mest fordelaktig er partikler av rent silisium, men silisiumnitrid og kvarts er gode alternativer. Kommersiell tilgang på sand/partikler av disse materialene er god, dette vil derfor være et billigere alternativ enn reaktorer fremstilt med vegg av en rørseksjon i samme materiale. Ved bruk av superren, fin silisiumsand, i det minste innerst mot reaktorvolumet, vil etterbehandlingen av silisiumblokken bli svært enkel, da det ikke er behov for å fjerne et lag med annet materiale ytterst på silisiumblokken. Det kan benyttes partikler i forskjellig størrelse og form. Sjiktet kan bestå av flere lag med forskjellig type partikler. Fordelaktig vil partiklene innerst mot reaktorveggen ha en størrelse og form som gir godt slipp når silisiumblokken skal tas ut av reaktoren, mens partiklene nærmest reaktorvolumet skal være egnet som deponeringsflate for silisiumavsetning.

Reaktoren ifølge oppfinnelsen kan omfatte trekk som her er beskrevet eller illustrert i enhver operativ kombinasjon, hver slik kombinasjon er en utførelsesform av den foreliggende oppfinnelse. Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen kan omfatte trekk eller trinn som her er beskrevet eller illustrert i enhver operativ kombinasjon, hver slik kombinasjon er en utførelsesform av den foreliggende oppfinnelse.

### Figurer

Noen utførelser av oppfinnelsen illustreres med figurer, hvor

Figur 1 illustrerer et snitt av en sirkulær reaktorbeholder med partikkelsjikt og påbegynt silisiumavsetning,

Figur 2 illustrerer et lagvis partikkelsjikt med partikler av forskjellig størrelse og form, og

5 Figur 3 illustrerer et partikkelsjikt påført med en vinkel og/eller påført på en skrå reaktorvegg.

### Detaljert beskrivelse

10 Det henvises til Figur 1. Reaktoren består i hovedsak av en beholder (2), fordelaktig formet som en sylinder med sirkulært eller tilnærmet sirkulært tverrsnitt, med innløp for gass i den ene enden og utløp i den andre enden eller samme ende, og med varmetilførsel på utsiden, eventuelt også på innsiden. Reaktoren er operativt anordnet til en innretning for å sette beholderen i rotasjon (10), slik som en motor. Partiklene (1) fordeles utover innerveggen (4) til reaktorbeholderen (2), etter at den er satt i rotasjon (10), slik at det blir et 15 jevnt lag med partikler på hele reaktorveggen (4). Partiklene (1) vil dermed ligge som et partikkelsjikt (6) på innsiden (4) av reaktorrøret (2), og blir som et innvendig rør i reaktorbeholderen (2). Silisiumavsetningene (3) vil først dannes på innsiden (5) av partikkelsjiktet (6).

20 Partiklene (1) kan være i form av sand, støv, eller små kuler i hul, porøs eller kompakt utforming, fordelaktig i et materiale som gir liten kontaminering. Eksempler på fordelaktige materialer er kvarts og silisiumnitrid, men mest fordelaktig vil partikler, sand eller støv av superrent krystallinsk silisium være. 25 Silisiumavsetningene (3) vil starte på innsiden (5) av partikkelsjiktet (6), slik at partikkelsjiktet (6) blir liggende mellom reaktorveggen (2) og silisiumavsetningene (3). Innsiden (5) av partikkelsjiktet (6) kommer i direkte kontakt med silisiumavsetningene (3) og det er derfor viktig at partikkelsjiktet (6) ikke kontaminerer silisiumet (3). Partikkelsjikt (6), av et ikke-kontaminerende 30 materiale, vil virke som en barriere mot kontaminering fra reaktorvegg (2) og alle andre utenforliggende materialer og stoffer. I tillegg til at partikkelsjiktet (6) gjør at det ikke blir direkte kontakt mellom silisiumavsetningene (3) og innsiden (4) av reaktorbeholderen (2) vil de store sentripetalkreftene ute ved reaktorveggen (4), forårsaket av rotasjon (10), virke mot diffusjonen av stoffer

inn mot silisiumavsetningene (3). Et partikkelsjikt (6), med ikke-kontaminerende partikler (1), på innsiden (4) av en roterende (10) reaktorbeholder (2) vil derfor kunne gi svært rene silisiumavsetninger (3).

- 5 Partikkelsjiktet (6) bør fordelaktig påføres innsiden (4) av reaktorbeholderen (2) etter at reaktoren er satt i rotasjon (10). Partiklene (1) kan sprøytes på reaktorveggen (4) og tykkelse og form kan justeres i etterkant ved å gå ned med et verktøy som berører partikkelsjiktet (6) etter samme prinsipp som en dreibenk. Sentripetalkraften vil sørge for at partiklene (1) blir værende på
- 10 reaktorveggen (4). Den samme kraften vil også sørge for at partiklene (1) fordeler seg jevnt utover reaktorveggen (4). Partiklene (1) kan være i forskjellig form og størrelse, enten som støv, sand eller små kuler.

- Det henvises til Figur 2. Partiklene kan legges lagvis (9), med x antall lag av
- 15 partikler med like eller forskjellige materiale og/eller størrelse og form i hvert lag, fordelaktig med partikler (1) med kuleform eller tilnærmet kuleform mot reaktorveggen (4) og mindre partikler (1) mot silisiumavsetningene (5). Dette vil være gunstig når en ferdig silisiumblokk skal tas ut av reaktoren. De kuleformede partiklene mot reaktorveggen (4) vil fungere som et kulelager
- 20 mellom silisiumblokken og reaktorveggen (4). En annen fordelaktig påføring av partikkelsjiktet (6), illustrert på Figur 3, er å påføre partikkelsjiktet med en vinkel (8) og/eller på en vinklet (7) reaktorvegg (4). Dette kan gi en gunstig effekt når silisiumblokken (3) skal tas ut, ved at silisiumblokken (3) vil få en slippvinkel (7 og 8) fra reaktorveggen (4) og partikkelsjiktet (6). Partikler (1) som deformeres
- 25 eller knuses når de blir påført et gitt trykk kan også være fordelaktig for å ta opp varmeeekspansjoner og lette uttaket av silisiumblokken.

- Når partikkelsjiktet (1) er fordelt utover reaktorveggen (4) kan CVD prosessen begynne. En silisiumholdig reaksjonsgass (11) blir ført inn i reaktoren gjennom
- 30 innløp i ene enden av reaktorbeholderen. Reaksjonsgassen (11) blir presset ut mot partikkelsjiktet (6) av sentripetalkreftene, hvor den varmes opp til over dekomponeringstemperatur. Superrent silisium (3) blir da avsatt på partikkelsjiktets innside (5), slik at reaktorvolumet gradvis gror igjen. Prosessen stoppes når reaktorvolumet er grodd helt igjen, eller til det ikke er

hensiktsmessig å kjøre prosessen lenger. Deretter stoppes tilførsel av reaksjonsgass (11) og silisiumblokken (3) tas ut. Nytt partikkelsjikt (6) påføres og prosessen kan starte på nytt. Ved bruk av silisiumsand i partikkelsjiktlaget (6) nærmest silisiumavsetningene (5) vil behovet for bearbeiding av den ferdige

5 silisiumblokken bli mindre.

P a t e n t k r a v

1.

Reaktor for fremstilling av silisium ved kjemisk dampavsetning (CVD), reaktoren  
5 omfatter et reaktorvolum som kan roteres rundt en akse ved hjelp av en  
rotasjonsinnretning operativt anordnet til reaktoren, minst en sidevegg som omslutter  
reaktorvolumet, minst ett innløp for reaksjonsgass, minst ett utløp for restgass og  
minst en varmeinnretning operativt anordnet til reaktoren, **karakterisert ved at**  
reaktoren under drift, innerst mot reaktorvolumet, omfatter et sjikt av partikler som  
10 holdes på plass på sideveggen av rotasjon av reaktoren og at Si avsettes på sjiktet  
av partikler.

2.

Reaktor ifølge krav 1, karakterisert ved at sjiktet av partikler består av materiale som i  
15 minst mulig grad kontaminerer det produserte silisium, fortrinnsvis er partiklene av  
silisium av metallurgisk kvalitet eller renere, mest foretrukket silisium av samme  
renhet som silisiumet som kjemisk dampavsettes.

3.

20 Reaktor ifølge krav 1 eller 2, karakterisert ved at sjiktet av partikler, i det minste over  
en del av tykkelsen, består av i hovedsak runde partikler.

4.

25 Reaktor ifølge krav 1-3, karakterisert ved at den er utformet som en rørseksjon som  
er roterbar om egen akse.

5.

30 Reaktor ifølge krav 1-4, karakterisert ved at den er utformet som en stående konisk  
rørseksjon som kan roteres om lengdeaksen, med sirkulært indre tverrsnitt og størst  
diameter i en øvre ende.

6.

Reaktor ifølge krav 1-4, karakterisert ved at den er utformet med et ytre partikkellag som er festet til reaktorens sidevegg.

7.

- 5 Reaktor ifølge krav 1-6, karakterisert ved at den omfatter et utløp og minst ett innløp i samme ende, innløpet eller innløpene er anordnet konsentrisk utenfor utløpet.

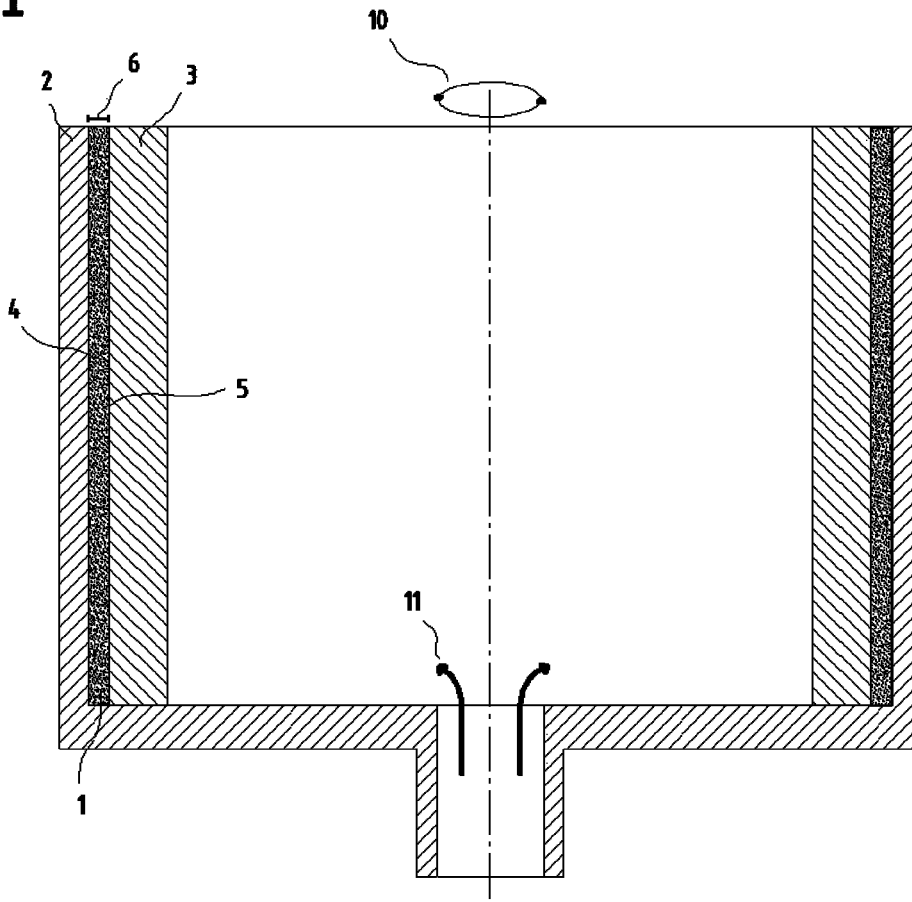
8.

- 10 Fremgangsmåte for fremstilling av silisium ved kjemisk dampavsetning (CVD), fortrinnsvis ved bruk av reaktoren ifølge krav 1-7, **karakterisert ved** å innføre partikler til dannelsen av et indre partikkelsjikt på reaktorens indre sideveggoverflate, å innføre reaksjonsgass for kjemisk dampavsetning, å produsere silisium ved kjemisk dampavsetning på partikkelsjiktet mens reaktoren roteres og det indre partikkelsjiktet holdes på plass på sideveggen av rotasjonen, å løsne det produserte silisiumet fra  
15 partikkelsjiktet og å ta det ut, og å utføre eventuell klargjøring av reaktorens indre overflate før produksjonen av silisium fortsettes ved gjentagelse av fremgangsmåtettrinnene, hvorved reaktoren holdes varm under utøvelsen av fremgangsmåtettrinnene, og i rotasjon til og med trinnet for kjemisk dampavsetning.

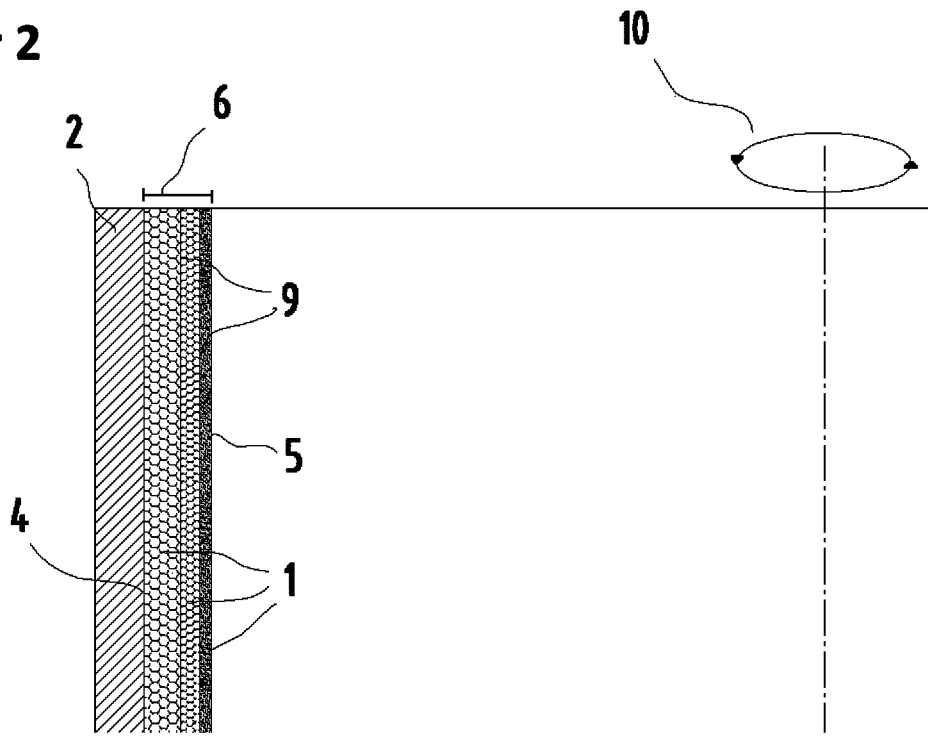
20 9

Anvendelse av en reaktor ifølge et hvilket som helst av krav 1-7, for fremstilling av silisium ved kjemisk dampavsetning (CVD).

Figur 1



Figur 2



Figur 3

