Octrooiraad

(12)A **Terinzagelegging** (11) **9002164**

Nederland (19) **NL**

(54) **Werkwijze voor het voorzien van een substraat van een oppervlaktelaag vanuit een damp en een inrichting voor het toepassen van een dergelijke werkwijze.**

(51) Int.Cl.[5]: C23C 16/44.

(71) Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

(74) Gem.: Ir. J.E.M. Galama c.s.
Internationaal Octrooibureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven.

(21) Aanvrage Nr. 9002164.

(22) Ingediend 5 oktober 1990.

(32) - -

(33) - -

(31) - -

(62) - -

(43) Ter inzage gelegd 6 mei 1992.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Werkwijze voor het voorzien van een substraat van een oppervlaktelaag vanuit een damp en een inrichting voor het toepassen van een dergelijke werkwijze.

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het in een reaktorkamer voorzien van een substraat van een oppervlaktelaag vanuit een gasfase met een damp, die door verdamping van een stof in een reservoir gegenereerd wordt en door een gasleiding naar de reaktorkamer wordt geleid. De uitvinding heeft tevens betrekking op een inrichting voor het toepassen van een dergelijke werkwijze.

Een dergelijke werkwijze wordt bij voorbeeld toegepast voor het voorzien van metalen, halfgeleidende of keramische substraten van amorfe, polycrystallijne, epitaxiale of gedoteerde halfgeleidende lagen; van diëlectrische lagen; en van metaal en metaalachtige geleiderlagen, waarbij zowel vloeistoffen, zoals tetraethoxysilaan (TEOS) of tri-chlorosilaan, alsook vaste stoffen, zoals boorhoudende glazen, gebruikt kunnen worden als bron voor de damp. Meer in het bijzonder kan de werkwijze bij de fabricage van halfgeleiderinrichtingen worden toegepast voor het aanbrengen van lagen siliciumoxyde door depositie vanuit damp van TEOS op halfgeleidersubstraten. Ook kan de werkwijze worden toegepast voor het doteren van een halfgeleidersubstraat, waarbij de oppervlaktelaag dan gevormd wordt door een toplaag van het substraat. Het substraat wordt dan tot een zodanige temperatuur verhit dat de damp het substraat indiffundeert.

Uit de europese octrooiaanvraag nr. EPA 0 220 552 is een werkwijze van de in aanhef genoemde soort bekend, waarbij TEOS damp vanuit het reservoir naar de reaktorkamer wordt geleid door de stof zodanig te verhitten, dat een damp in het reservoir ontstaat met een relatief hoge druk en door deze damp vervolgens door een weerstand in de gasleiding naar de op een konstante druk gehouden reaktorkamer te leiden.

Wanneer de damp voor deze weerstand een druk p_i bezit en de druk in de

proceskamer p_p is, geldt voor een laminaire stroming voor de weerstand R:

$$R = \text{constante} / (p_i + p_p)$$

Dan stroomt er een dampstroom Q_d naar de reaktorkamer, waarvoor geldt:

$$Q_d = (p_i - p_p)(p_i + p_p) / \text{constante}$$

$$= (p_i^2 - p_p^2) / \text{constante}$$

De dampstroom Q_d wordt op een gewenste gedefinieerde waarde gehouden door de drukken p_i en p_p op een gewenste gedefinieerde waarde te houden.

In de praktijk blijkt de bekende werkwijze niet erg flexibel. Wanneer men, bij voorbeeld, sneller lagen aan wil brengen, neemt men processen met procesdrukken p_p, die vijf á tien keer zo hoog zijn als in de bekende werkwijze. Om eenzelfde dampstroom Q_d te houden, moet men dan de druk p_i verhogen, aangezien de waarde van de weerstand R i.v.m. soort stroming in de gasleiding en de inertie van damp in de leiding slechts beperkt gevarieerd kan worden. Ook wanneer men de dampstroom Q_d, die de reaktorkamer ingeleid wordt, wil vergroten, zal men p_i verder moeten verhogen. In de bekende werkwijze hangt p_i onder andere af van de temperatuur van het reservoir. Zo is in de bekende werkwijze p_i 307 Pa, terwijl in het reservoir een druk van 1067 Pa heerst, bij een temperatuur van circa 45°C. Om veel hogere drukken p_i te realiseren moet de temperatuur van het reservoir opgevoerd worden. Een bezwaar is echter dat dit praktisch onmogelijk is, omdat wanneer de temperatuur van het reservoir hoger dan ca. 80°C is, de TEOS in het reservoir ontleedt.

Met de uitvinding wordt onder meer beoogd, een flexibele werkwijze te realiseren, waarbij p_i laag kan zijn en dus ook de temperatuur van het reservoir laag kan zijn, zodat geen ontleding van de damp optreedt.

Daartoe heeft de werkwijze, volgens de uitvinding, als

kenmerk, dat de damp vanuit het reservoir naar de reaktorkamer wordt geleid door deze met een in de gasleiding geplaatste pomp uit het reservoir naar de reaktorkamer te pompen. Werkt de pomp met een pompsnelheid S_p, dan verplaatst deze, als aan zijn inlaatzijde een druk p_i heerst, een dampstroom Q_d, waarvoor geldt:

$$Q_d = p_i \times S_p$$

De dampstroom Q_d is onafhankelijk van de aan de uitlaatzijde van de pomp heersende procesdruk p_p. Men kan dus zonder meer de procesdruk p_p verhogen, terwijl toch de dampstroom Q_d constant blijft. Men neemt p_i zo laag dat in het reservoir met een lage temperatuur kan worden volstaan en geen ontleding van de damp optreedt. Wanneer men de dampstroom Q_d wil verhogen kan men dit doen door de pompsnelheid S_p aan te passen. De pompsnelheid kan bij voorbeeld op een gedefinieerde waarde ingesteld worden door de pomp op een bepaald toerental te laten lopen. M.b.v. de werkwijze volgens de uitvinding heeft men dus een flexibel proces, waarbij veranderingen in de gewenste waardes van de procesdruk p_p en de dampstroom Q_d gemakkelijk doorgevoerd kunnen worden.

De dampstroom Q_d kan op een gedefinieerde waarde gehouden worden, door het produkt van de inlaatdruk p_i en de pompsnelheid S_p op een gedefinieerde waarde te houden. Dit kan door bij varierende inlaatdruk p_i de pompsnelheid S_p zo te regelen dat het produkt $p_i \times S_p$ op een gedefinieerde waarde blijft, ofwel omgekeerd door bij varierende S_p de p_i te regelen, of door zowel p_i als S_p constant te houden. De pompsnelheid S_p, die afhangt van het toerental van de pomp, is veelal niet voldoende snel bij te regelen, aangezien de pomp vanwege zijn massa een zekere inertie bezit. Dezelfde inertie maakt dat de pomp wel relatief gemakkelijk op een konstante pompsnelheid gehouden kan worden. Bij voorkeur heeft daarom de werkwijze volgens de uitvinding als kenmerk dat de damp in een gedefinieerde stroom naar de reaktorkamer wordt geleid door deze in de gasleiding vlak voor de pomp op een gedefinieerde druk te houden en de pomp met een konstante pompsnelheid te laten werken.

Bij voorkeur heeft de werkwijze als kenmerk, dat de damp in de gasleiding op een plaats vlak voor de pomp op een gedefinieerde

druk p_i wordt gehouden door de druk p_i te vergelijken met een gewenste waarde p_g, en vervolgens indien p_i groter is dan p_g een klep voor genoemde plaats in de gasleiding te sluiten, i.e. verder dicht te zetten en indien p_i kleiner is dan p_g de klep (verder) te openen, waarbij in het reservoir een druk hoger dan de gedefinieerde druk p_i gehandhaafd wordt. Op deze wijze is de inlaatdruk van de pomp op een gewenste gedefinieerde waarde te houden, terwijl ook een eenvoudige en snelle proceswisseling mogelijk is door het open- en dichtzetten van de klep.

In de gasleiding bevindt zich damp met een bepaalde druk. De gasleiding wordt in de praktijk op een zodanig hoge temperatuur gehouden, dat de damp niet condenseert, zodat drukvariaties als gevolg van condensatie niet voorkomen. De gasleiding tussen reservoir en reaktorkamer kan in de praktijk een aanzienlijke lengte hebben, omdat het reservoir vanwege zijn afmeting en vanwege het feit dat het van tijd tot tijd van nieuwe stof voorzien moet kunnen worden, zich niet direkt naast de reaktorkamer bevindt. Bij de methode volgens de uitvinding is het mogelijk de druk aan de inlaatzijde van de pomp p_i lager dan de procesdruk p_p te kiezen. Het is dan mogelijk de druk en dus ook de temperatuur in de gasleiding tussen reservoir en pomp laag te houden. Bij voorkeur wordt de pomp zo dicht bij de reaktorkamer geplaatst wordt, dat de gasleiding, die verwarmd moet worden, relatief kort is, aangezien dan ook het gedeelte van de gasleiding, dat op relatief lage temperatuur gehouden kan worden maximaal is. Bovendien wordt dan de dampstroom Q_d door de pomp vlak voor de reaktorkamer op de gewenste gedefinieerde waarde geregeld, zodat traagheidseffekten van damp in de gasleiding tussen pomp en reaktorkamer een veel geringere rol spelen, zodat de dampstroom, die in de reaktorkamer geleid wordt, beter bepaald is.

Bij voorkeur wordt volgens de uitvinding als pomp een 'molecular drag' type pomp, ook wel 'Holweck' pomp genoemd, gebruikt. Een 'molecular drag' type pomp is compact, waardoor deze dicht bij de reaktorkamer geplaatst kan worden. Bovendien geldt voor dit type pomp dat het zeer geschikt is voor drukken van ca. 100 Pa tot 10000 Pa aan de uitlaatzijde van de pomp. Dergelijke drukken worden in depositie processen vanuit de dampfase (Chemical Vapour Deposition, CVD) veel gebruikt.

De uitvinding heeft verder betrekking op een inrichting

voor het voorzien van een substraat van een oppervlaktelaag, omvattend een reaktorkamer voor het opnemen van het substraat, een reservoir voor het opnemen van een stof, middelen voor het genereren van damp van de stof, en een gasleiding voor het geleiden van de damp van het reservoir naar de reaktorkamer. Volgens de uitvinding heeft deze als kenmerk dat zich in de gasleiding tussen het reservoir en de reaktorkamer een pomp bevindt voor het pompen van de damp uit het reservoir naar de reaktorkamer. Met een dergelijke inrichting kan damp, die door verdamping van een stof in het reservoir gegenereerd wordt, zoals hiervoor beschreven, in een gedefinieerde dampstroom door de gasleiding naar de reaktorkamer worden geleid. De dampstroom is onafhankelijk van een in de reaktorkamer heersende procesdruk.

Bij voorkeur is de inrichting, volgens de uitvinding, voorzien van middelen om de damp in de gasleiding vlak voor de pomp op een gedefinieerde druk te houden en van voorzieningen om de pomp met een constante pompsnelheid te laten werken. De inertie van de massa van de pomp maakt dat de pomp relatief gemakkelijk op een konstante pompsnelheid gehouden kan worden.

Een verder voordeel wordt verkregen indien de middelen om de damp op de gedefinieerde druk te houden een regelaar omvatten, die verbonden is met een drukopnemer, die zich in de gasleiding vlak voor de pomp bevindt, en die als de drukopnemer een hogere druk dan een gewenste waarde registreert een klep in de gasleiding voor de drukopnemer sluit en die als de drukopnemer een lagere druk dan de gewenste waarde registreert de klep opent. Met dergelijke middelen is de druk aan de inlaatzijde van de pomp op een eenvoudige wijze konstant te houden. Ook is het met de inrichting mogelijk eenvoudig en snel van proces te wisselen door het open- en dichtzetten van de klep.

Er wordt een verder voordeel verkregen, wanneer de pomp zo dicht bij de reaktorkamer geplaatst is, dat de gasleiding, die verwarmd moet worden, relatief kort is.

Een verder voordeel wordt verkregen indien de pomp een ´molecular drag´ type pomp is. Een ´molecular drag´ type pomp is compact, waardoor deze dicht bij de reaktorkamer geplaatst kan worden. Bovendien geldt voor dit type pomp dat het zeer geschikt is voor drukken van ca. 100 Pa tot 10000 Pa aan de uitlaatzijde van de pomp. Een dergelijke pomp maakt de inrichting geschikt voor veel depositie

processen vanuit de dampfase (CVD processen).

De uitvinding wordt in het navolgende, bij wijze van voorbeeld, nader toegelicht aan de hand van een tekening. Hierin toont:

Fig. 1: Inrichting voor toepassen van de werkwijze volgens de uitvinding.

De figuur is zuiver schematisch en niet op schaal getekend.

Figuur 1 toont schematisch een inrichting voor het voorzien van een substraat van een oppervlaktelaag vanuit een gasfase met een damp, die door verdamping van een stof wordt gegenereerd. De getoonde inrichting is bedoeld voor het aanbrengen van een laag siliciumoxyde op een halfgeleiderplak vanuit de damp van tetraethoxysilaan (TEOS). De inrichting omvat een reaktorkamer 1 voor het opnemen van het substraat 2. De reaktorkamer 1 is bij voorbeeld een conventionele lage druk 'chemical vapour deposition' reaktorkamer. In het voorbeeld staan in de reaktorkamer 1 een aantal halfgeleiderplakken 2 opgesteld op een drager 3, maar een reaktorkamer, die maar één halfgeleiderplak kan bevatten is ook mogelijk. Verder omvat de inrichting een reservoir 4, bij voorbeeld gemaakt van quartz, voor het opnemen van een stof 5, hier TEOS. Het reservoir is voorzien van middelen, in dit voorbeeld een verhittingselement 6 voorzien van een temperatuurregelaar 16, voor het genereren van de damp. Door verhitting van de stof 5, wordt in het reservoir 4 een damp met een dampdruk p_r gegenereerd. Deze druk wordt gemeten met een manometer 7, bij voorbeeld een conventionele capaciteitsmanometer. De temperatuurregelaar 16 houdt het reservoir op ca. 35^oC, de druk p_r is dan ca. 532 Pa. De in het reservoir 4 gegenereerde damp wordt naar de reaktorkamer 1 geleid door een gasleiding 8. De gasleiding 8 is bij voorbeeld gemaakt van roestvrij staal met een diameter van 10 mm en een lengte van circa 5 m. Volgens de uitvinding wordt de damp vanuit het reservoir 4 naar de reaktorkamer 1 gepompt met een in de gasleiding 8 geplaatste pomp 9. Werkt deze met een pompsnelheid S_p dan verplaatst deze, als aan zijn inlaatzijde een druk p_i, gemeten met manometer 10, heerst een dampstroom Q_d, waarvoor geldt, dat:

$Q_d = p_i \times S_p$.

De dampstroom is onafhankelijk van de aan de uitlaatzijde van de pomp heersende procesdruk p_p, die wordt gemeten met manometer 11. Manometers 10 en 11 zijn conventionele capaciteitsmanometers. Door toepassing van de pomp 9 is het mogelijk om met een relatief lage druk p_i te werken. Om een vereiste dampstroom Q_d te verkrijgen kan men immers de pompsnelheid S_p kiezen. Het voordeel van een relatief lage p_i is dat de temperatuur in de gasleiding tussen reservoir 4 en pomp 9 laag gehouden kan worden zonder dat bij kamertemperatuur problemen met condensatie van de damp optreden.

Verder maakt zoals nog blijken zal toepassing van de pomp 9 een snelle en flexibele regeling van de dampstroom Q_d mogelijk. Om ervoor te zorgen dat een laag siliciumoxyde op de halfgeleiderplak 2 wordt gevormd met een goed gedefinieerde dikte en samenstelling, wordt de damp in een gedefinieerde dampstroom naar de reaktorkamer geleid. Dit kan door het produkt $p_i \times S_p$ op een gedefinieerde waarde te houden. Bij voorkeur wordt de damp in een gedefinieerde stroom naar de reaktorkamer geleid door deze in de gasleiding vlak voor de pomp op een gedefinieerde druk p_i te houden en de pomp met een gedefinieerde pompsnelheid S_p te laten werken. De inertie van de massa van de pomp maakt dat de pomp relatief gemakkelijk op zo'n konstante pompsnelheid S_p gehouden kan worden. Aldus is de dampstroom Q_d op een snelle en flexibele manier te regelen.

Daartoe is de inrichting is volgens de uitvinding voorzien van middelen 10, 12 en 13 om de damp in de gasleiding 8 vlak voor de pomp 9 op een gedefinieerde druk te houden en van een voorziening 17 om de pomp 9 met een constante pompsnelheid te laten werken. De middelen om de damp op de gedefinieerde druk p_i te houden omvatten bij voorkeur een regelaar 12, die verbonden is met de drukopnemer 10 die zich in de gasleiding 8 vlak voor de pomp 9 bevindt, en die als de drukopnemer 10 een hogere druk dan een gewenste waarde registreert een klep 13 in de gasleiding voor de drukopnemer 10 sluit, en die als de drukopnemer 10 een lagere druk dan de gewenste waarde p_i registreert de klep 13 opent, waarbij in het reservoir 4 een druk p_r, uitgelezen met manometer 7, hoger dan de gedefinieerde druk p_i

gehandhaafd wordt. Het reservoir 4 fungeert dan als een overtoereikende bron van damp van de stof 5. Op deze wijze wordt de inlaatdruk p_i van de pomp 9 op een gedefinieerde waarde gehouden. Ook is een snelle in/uitschakeling van de dampstroom Q_d mogelijk door het open- en dichtzetten van de klep 13. De regelaar 12 houdt m.b.v. de regelklep 13 de inlaatdruk p_i van de pomp 9 op ca. 266 Pa.

De pomp 9 is bij voorkeur een 'molecular drag' pomp. Een dergelijke pomp is compact en is zeer geschikt voor uitlaatdrukken tussen circa 100 Pa tot 10000 Pa, die in depositie processen vanuit de dampfase veel gebruikt worden. De pompsnelheid S_p is evenredig met het toerental van de pomp. De pomp is voorzien van een toerentalregeling 17, die het toerental op ca. 30000 rpm. stabiliseert, overeenkomend met een pompsnelheid S_p van ca. 10^{-2} m^3/s, zodat een dampstroom Q_d van ca. 2.66 $Pa.m^3/s$ de reaktorkamer 1 ingeleid wordt.

In de praktijk kan de gasleiding 8 tussen reservoir 4 en regelklep 13 een aanzienlijke lengte hebben, in dit voorbeeld ca. 5 m, omdat het reservoir 4 zich vanwege zijn afmeting en vanwege het feit dat het van tijd tot tijd van nieuwe stof voorzien moet kunnen worden niet direkt naast de pomp bevindt. Bij de methode volgens de uitvinding is het mogelijk de druk aan de inlaatzijde van de pomp lager dan de procesdruk in de reaktorkamer 1 te nemen. Het is dan mogelijk de druk en dus ook de temperatuur in de gasleiding 8 tussen reservoir 4 en pomp 9 laag te houden. Volgens de uitvinding is de pomp 9 zo dicht bij de reaktorkamer 1 geplaatst, dat de gasleiding 8, die verwarmd moet worden, relatief kort is. Bovendien wordt dan de dampstroom naar de reaktorkamer 1 vlak voor de reaktorkamer bepaald, zodat traagheidseffekten van damp in de gasleiding 8 tussen pomp 9 en reaktorkamer 1 een veel geringere rol spelen, zodat de dampstroom beter bepaald is. Dit gedeelte van de gasleiding 8 tussen pomp 9 en reaktorkamer 1 kan verhit worden m.b.v. weerstandsverhitting 14, een om de leiding gewikkelde verwarmingsdraad, bij voorbeeld tot een temperatuur van 60^oC.

Aan een uitgang van de reaktorkamer 1 bevindt zich een vacuumpomp 15, bij voorbeeld een Roots pomp, om de voor het proces benodigde druk p_p van 1333 Pa te handhaven. In de reaktorkamer 1 heerst een temperatuur van 650^oC.

In dit uitvoeringsvoorbeeld wordt dan 1 micrometer

siliciumoxyde per minuut op de halfgeleidersubstraten 1 afgezet.

De uitvinding is niet beperkt tot het hiervoor gegeven uitvoeringsvoorbeeld, maar in het kader van de uitvinding zijn vele variaties mogelijk. De uitvinding is bij voorbeeld geschikt voor het aanbrengen van amorfe, polykristallijne, epitaxiale of gedoteerde halfgeleidende; van diëlectrische en van metaal of metaalachtige lagen op substraten van metaal, halfgeleider of keramiek. Als bron voor de damp kunnen zowel vloeistoffen als vaste stoffen gebruikt worden. Een typisch voorbeeld van een vloeistof is het gebruik van stoffen met siliciumcomponenten als tri-chloro-silaan en silicium tertrachloride, die vloeibaar zijn op normale temperaturen, als bron voor het aanbrengen van silicium lagen. Een typisch voorbeeld van een vaste stof is het gebruik van verschillende boorhoudende stoffen als boorglazen of -keramieken, als een bron van boor voor het dopen van halfgeleider plakken of lagen.

Een laag met bijzondere eigenschappen kan aangebracht worden, wanneer de stof 5 in het reservoir 4 bestaat uit een mengsel van stoffen. Bij voorbeeld kunnen mengsels van tetraethoxysilaan TEOS, triethylphosphite (TEP), triethylarsenite (TEA) of trimethylborate (TMB) gebruikt worden, waarbij siliciumoxyde lagen voorzien van respektievelijk fosfor, arseen of boor gemaakt kunnen worden. Dergelijke lagen kunnen bij voorbeeld als bron voor de diffusie van halfgeleider doteringstoffen dienen.

Ook is het mogelijk aan de damp uit het reservoir 4 een gas toe te voegen, bestaande uit een damp of een mengsel van dampen, die de eigenschappen van de laag op het oppervlak beïnvloeden. De samenstelling van de toegevoegde gassen kan dan eventueel tijdens het aanbrengen van lagen gevarieerd worden. Als voorbeeld kunnen dampen van voorheen genoemde stoffen als triethylphosphite (TEP), triethylarsenite (TEA) of trimethylborate (TMB) toegevoegd worden.

De hoeveelheid damp is op een eenvoudige manier te beïnvloeden door toevoegen van een inert menggas, d.w.z. een menggas, dat de reaktie in de reaktorkamer niet beïnvloedt. Als menggas kan helium of een mengsel van edelgassen met helium worden gebruikt.

Conclusies:

1. Werkwijze voor het in een reaktorkamer voorzien van een substraat van een oppervlaktelaag vanuit een gasfase met een damp, die door verdamping van een stof in een reservoir gegenereerd wordt en door een gasleiding naar de reaktorkamer wordt geleid, met het kenmerk, dat de damp vanuit het reservoir naar de reaktorkamer wordt geleid door deze met een in de gasleiding geplaatste pomp uit het reservoir naar de reaktorkamer te pompen.

2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de damp in een gedefinieerde stroom naar de reaktorkamer wordt geleid door deze in de gasleiding vlak voor de pomp op een gedefinieerde druk te houden en de pomp met een konstante pompsnelheid te laten werken.

3. Werkwijze volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de damp in de gasleiding op een plaats vlak voor de pomp op een gedefinieerde druk p_i wordt gehouden door de druk p_i te vergelijken met een gewenste waarde p_g, en vervolgens indien p_i groter is dan p_g een klep voor genoemde plaats in de gasleiding te sluiten en indien p_i kleiner is dan p_g de klep te openen, waarbij in het reservoir een druk hoger dan de gedefinieerde druk p_i gehandhaafd wordt.

4. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de pomp zo dicht bij de reaktorkamer geplaatst wordt, dat de gasleiding, die verwarmd moet worden, relatief kort is.

5. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat als pomp een ´molecular drag´ type pomp wordt gebruikt.

6. Inrichting voor het voorzien van een substraat van een oppervlaktelaag, omvattend een reaktorkamer voor het opnemen van het substraat, een reservoir voor het opnemen van een stof, middelen voor het genereren van damp van de stof, en een gasleiding voor het geleiden van de damp van het reservoir naar de reaktorkamer, met het kenmerk, dat zich in de gasleiding tussen het reservoir en de reaktorkamer een pomp bevindt voor het pompen van de damp uit het reservoir naar de reaktorkamer.

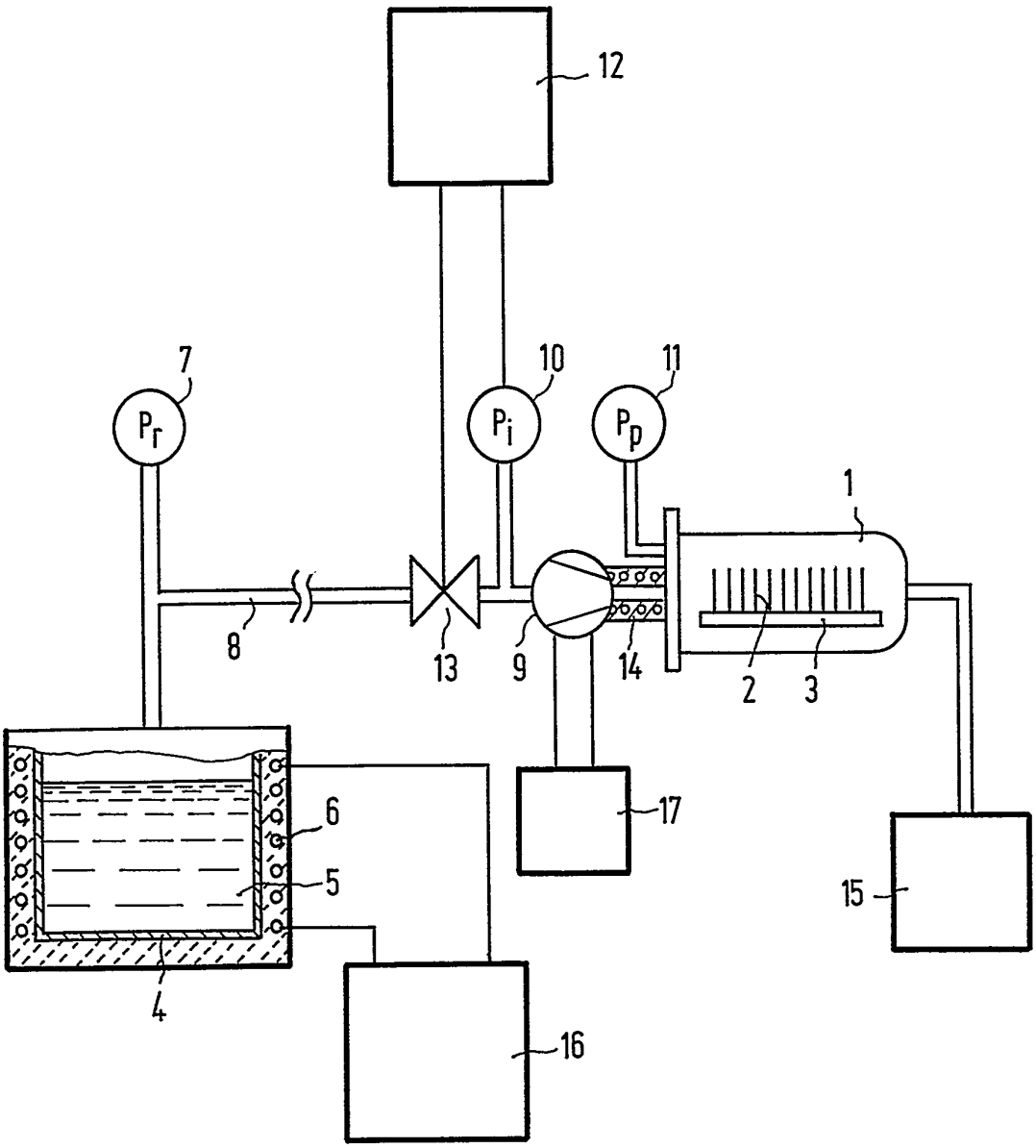
7. Inrichting volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat deze verder is voorzien van middelen om de damp in de gasleiding vlak voor de pomp op een gedefinieerde druk te houden en van voorzieningen om de pomp met een constante pompsnelheid te laten werken.

8. Inrichting volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat de middelen om de damp op de gedefinieerde druk te houden een regelaar

omvatten, die verbonden is met een drukopnemer, die zich in de gasleiding vlak voor de pomp bevindt, en die als de drukopnemer een hogere druk dan een gewenste waarde registreert een klep in de gasleiding voor de drukopnemer sluit en die als de drukopnemer een lagere druk dan de gewenste waarde registreert de klep opent.

9. Inrichting volgens conclusies 6,7 of 8, met het kenmerk, dat de pomp zo dicht bij de reaktorkamer geplaatst is, dat de gasleiding, die verwarmd moet worden, relatief kort is.

10. Inrichting volgens conclusies 6,7,8 of 9, met het kenmerk, dat de pomp een 'molecular drag' type pomp is.


12
7
10
11
P_r
P_i
P_p
1
8
13
9
14
2
3
6
5
4
17
15
16