

19



Octrooiraad
Nederland

11 194455

12 C OCTROOI

21 Aanvraag om octrooi: 8301847

22 Ingediend: 25.05.1983

51 Int.Cl.⁷
H01L21/00, H01L21/425

30 Voorrang:
25.05.1982 US 0000381669

43 Ter inzage gelegd:
16.12.1983 I.E. 1983/24

44 Openbaargemaakt:
03.12.2001 I.E. 2001/12

47 Dagtekening:
04.04.2002

45 Uitgegeven:
03.06.2002 I.E. 2002/06

73 Octrooihouder(s):
Varian Semiconductor Equipment Associates,
Inc. te Gloucester, Massachusetts, Verenigde
Staten van Amerika (US).

74 Gemachtigde:
Drs. F. Barendregt c.s. te 2280 GE Rijswijk.

54 Inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf.

Inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf

De uitvinding heeft betrekking op een inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf, die met één zijde aan een behandeling in vacuüm wordt onderworpen, omvattende een voor warmte-
5 uitwisseling ingerichte opspanplaat met een convex steunvlak voor het met de andere zijde opleggen van de halfgeleiderschijf, voorzien van nabij de omtrek van de opspanplaat aanwezige aandrukmiddelen, die op het randgedeelte van de halfgeleiderschijf aangrijpen om de halfgeleiderschijf, onder elastisch vervormen, over het gehele oppervlak op het steunvlak van de opspanplaat te doen aanliggen.

Een dergelijke inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf is bekend uit de
10 Europese octrooiaanvraag 0.016.579. De bekende inrichting wordt toegepast bij het bewerken van een halfgeleiderschijf in vacuüm, waarbij aan de ene zijde van de halfgeleiderschijf bewerkingen worden uitgevoerd, zoals het implanteren van ionen, waarbij zeer hoge temperaturen worden ontwikkeld, die ongunstig zijn voor een juiste beheersing van deze werkwijze, dan wel voor de uitvoering van een daaropvolgende bewerking ofwel het resultaat van een eraan voorafgaande bewerking kunnen aantasten. In
15 zo'n geval wordt de temperatuur op een aanvaardbaar niveau gehouden door de halfgeleiderschijf tegelijkertijd aan de andere zijde te koelen. Omgekeerd moet de halfgeleiderschijf voor het uitvoeren van andersoortige bewerkingen juist tot een gewenst niveau worden verwarmd.

In al die gevallen is een gelijkmatige, snelle en goed te beheersen warmteoverdracht van c.q. naar de halfgeleiderschijf van groot belang.

20 Bij deze bekende inrichting wordt de in ongespannen toestand platte halfgeleiderschijf op het gebogen oppervlak van de warmte-uitwisselende opspanplaat gespannen om een zo gelijkmatig mogelijk contact tussen de onder voorspanning staande halfgeleiderschijf en het gebogen plaatoppervlak te verkrijgen. Deze warmteoverdracht door contactgeleiding blijft echter beperkt, daar de mate waarin de halfgeleiderschijf daadwerkelijk met het warmte-uitwisselende oppervlak in contact is, zeer beperkt is, omdat, microscopisch
25 gezien, slechts kleine gebieden van beide oppervlakken (die minder dan 5% van het totale oppervlak kunnen uitmaken) daadwerkelijk met elkaar in contact komen.

De uitvinding beoogt te voorzien in een inrichting voor het uitwisselen van warmte met een te bewerken halfgeleiderschijf waarbij de warmte-overdracht door contactgeleiding wordt ondersteund door gasgeleiding.

Daartoe heeft een inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf van de in de
30 aanhef beschreven soort volgens de uitvinding het kenmerk, dat de opspanplaat is voorzien van in zijn steunvlak uitmondende kanalen, die op een bron van gas onder druk zijn aangesloten.

Deze maatregel biedt de mogelijkheid de microscopische holten tussen opspanplaat en halfgeleiderschijf met gas te vullen en aldus de warmteoverdracht door contactgeleiding in aanzienlijke mate te doen ondersteunen door warmteoverdracht door gasgeleiding. Door het warmtegeleidende gas toe te voeren met
35 een druk, die in de buurt komt van de door de aanvankelijk tussen opspanplaat en halfgeleiderschijf bestaande, door voorspanning van de aandrukmiddelen bewerkstelligde contactdruk, blijft het directe contact tussen opspanplaat en halfgeleiderschijf in stand en vindt de overdracht door gasgeleiding plaats onder optimale voorwaarden, namelijk in een zo klein mogelijke "spleetruimte". Daarbij is de warmteoverdracht door gasgeleiding des te sterker, nu het warmte-uitwisselende gas onder een druk kan worden toegevoerd,
40 die aanzienlijk hoger kan zijn dan in het geval, waarin de halfgeleiderschijf op een vlakke plaat zou worden opgelegd. In het laatste geval zou de halfgeleiderschijf namelijk reeds bij een betrekkelijk geringe gasdruk ten opzichte van de opspanplaat gaan wijken en daarmee een "spleetvergroting" veroorzaken, die in tweeërlei opzicht ongunstig is, namelijk in de eerste plaats doordat de warmteoverdracht door gasgeleiding erdoor kleiner wordt en in de tweede plaats omdat het rechtstreekse contact tussen halfgeleiderschijf en
45 opspanplaat en daarmee de warmteoverdracht door contactgeleiding erdoor verloren gaat.

Daarbij dient te worden opgemerkt, dat het toepassen van het principe van gasgeleiding bij een op een vlakke plaat opgelegde halfgeleiderschijf op zichzelf bekend is uit de Nederlandse terinzagelegging 8006936. Zoals reeds werd opgemerkt, is de daarbij toe te passen gasdruk beperkt en daarmee ook de
50 mate, waarin de warmteoverdracht door gasgeleiding kan worden gerealiseerd. Reeds een geringe verhoging van de gasdruk zou het schijfje verder van de plaat verwijderen, waardoor elke winst in warmtegeleiding door toename van de gasdruk weer wordt teniet gedaan.

De uitvinding wordt aan de hand van de tekening toegelicht. Hierin toont:

figuur 1 een doorsnede door de inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf met
55 gasgeleiding;

figuur 2 een bovenaanzicht van de inrichting volgens figuur 2;

figuur 3 een grafiek, waarin de warmteoverdracht in verschillende gasdrukgebieden is aangegeven;

figuur 4 een grafiek, waarin het uitbuigen van een halfgeleiderschijf van silicium in het midden als functie van de gasdruk is weergegeven;

figuur 5 een grafiek van het specifieke geleidingsvermogen van stikstof als functie van de gasdruk in een situatie, waarin een halfgeleiderschijf van silicium onder invloed van die gasdruk ten opzichte van zijn

5 ondersteunende ondergrond gaat uitbuigen;

figuur 6 een grafiek, waarin de warmteoverdracht bij de inrichting voor het uitwisselen van warmte een halfgeleiderschijf als functie van de gasdruk is weergegeven; en

figuur 7 een grafiek, waarin de bijdragen aan de totale warmteoverdracht door enerzijds de contactgeleiding en anderzijds de gasgeleiding in afhankelijkheid van de gasdruk zijn weergegeven.

10

Bij de in figuur 1 in doorsnede en in figuur 2 in bovenaanzicht weergegeven inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf wordt door de leiding 44 gas naar een ringvormige groef 37 geleid, die rond het oppervlak van een gebogen opspanplaat 36 loopt. De ringvormige groef 37 leidt het gas langs het tandgedeelte van de op de plaat 36 opgespannen halfgeleiderschijf 41, die van boven af wordt

15 aangedrukt en aan de onderzijde ten opzichte van de plaat 36 is afgedicht met behulp van een afdichtingsring 45. De contactdruk tussen het oppervlak van de gebogen opspanplaat 36 en de onder- c.q. achterzijde van de halfgeleiderschijf 41 wordt bepaald door de aandrukkraft van de veerinrichting 42. Deze druk ligt onder de breekdruk van de halfgeleiderschijf 41, doch is groot genoeg om onder de halfgeleiderschijf 41 een aanzienlijke gasdruk te kunnen onderhouden. Het vanuit de bron 43 via de klep 40 en het kanaal 44

20 naar het ringvormige kanaal 37 geleide gas onder druk vult de microscopische tussenruimten in het raakvlak tussen de onderzijde van de halfgeleiderplaat 41 en het oppervlak van de opspanplaat 36. Naarmate het inleiden van gas voortduurt en de gasdruk toeneemt wordt een toenemend aandeel in de druk, die de halfgeleiderschijf in zijn gebogen vorm houdt, door het gas geleverd, terwijl de contactdruk tussen de halfgeleiderschijf en de opspanplaat afneemt. De halfgeleiderschijf blijft daarbij in positie, totdat de gasdruk

25 in de microscopische tussenruimten gelijk is geworden aan de voorbelastingsdruk. De halfgeleiderschijf wordt dan niet langer meer door het contactoppervlak van de opspanplaat ondersteund, doch van (de microscopisch uitstekende punten van) dit oppervlak opgelicht. Het schijfje begint zich dan te gedragen als een membraan dat aan de doorbuigende werking van het toegevoerde gas wordt onderworpen. Daarbij wordt de door de aandrukinrichting 42 uitgeoefende kracht gecompenseerd door de gasdruk en zweeft de

30 halfgeleiderschijf als het ware boven het oppervlak van de opspanplaat. Het effect van een eventuele druktoename boven die niveau is te vergelijken met het effect dat optreedt wanneer een spanningvrij opgelegde schijf aan een met deze druktoename corresponderende gasdruk wordt onderworpen.

Zo is in figuur 4 te zien dat reeds bij een overdruk van 133,3–266,6 Pa de halfgeleiderschijf begint te vervormen, waardoor het warmtegeleidingsvermogen ernstig achteruitgaat. Deze achteruitgang wordt

35 aangegeven door het gedeelte "c" in de grafiek volgens figuur 6, waarin wordt aangegeven dat de netto-warmtegeleiding snel daalt, wanneer de aangelegde gasdruk de door het voorspannen van de halfgeleiderschijf bewerkstelligde contactdruk overschrijdt.

De uiteindelijke bepaling van de warmteoverdrachtscapaciteit van de opspaninrichting 35 hangt samen met de thermische capaciteit van het verwarmde of gekoelde medium, dat door de kanalen 38 circuleert. De

40 massa van de opspaninrichting 35 is betrekkelijk groot, zodat de inrichting t.o.v. de halfgeleiderschijf 41, die een massa van bijvoorbeeld 4g heeft, werkt als een grote warmte- of afkoelingsbron.

Bij de inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf wordt de warmteoverdracht door contactgeleiding gecombineerd met die door gasgeleiding. Het aandeel van de warmteoverdracht door gasgeleiding in de totale warmteoverdracht kan daarbij aanzienlijk zijn, daar aanzienlijke gasdrukken kunnen

45 worden toegepast. Zo blijkt uit figuur 8, dat bij een door voorspanning c.q. voorbelasting bewerkstelligde contactdruk van 4665 Pa de achter (onder) de halfgeleiderschijf 41 aan te leggen gasdruk een waarde van bijna 4665 Pa kan hebben, zonder dat de halfgeleiderschijf daarbij van de opspanplaat wordt gelicht.

Bij toepassing van de inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf wordt door het voorspannen van de halfgeleiderschijf een aanzienlijke en bij voorkeur gelijkmatige onderdruk tussen de

50 halfgeleiderschijf en de opspanplaat bewerkstelligd. Deze contactdruk ligt bijvoorbeeld in de orde van grootte van 4000–4700 Pa, doch kan lager of hoger zijn. De bovengrens van deze contactdruk is die waarbij de halfgeleiderschijf gaat breken. Hoewel de halfgeleiderschijf daarbij dicht en vast op de opspanplaat lijkt aan te liggen, bedraagt het oppervlak, waarop de halfgeleiderschijf, gezien op microscopisch niveau, op de opspanplaat aanligt, minder dan 10% van het totale oppervlak van de halfgeleiderschijf. Dit geldt zowel voor

55 een metallisch oppervlak als voor een meer veerkrachtig als voor een meer veerkrachtig kunststofoppervlak van de opspanplaat. In de microscopische holten tussen de werkelijke contactzones wordt gas ingebracht, onder een druk, die tot het niveau van de door de voorspanning bewerkstelligde contactdruk kan worden

verhoogd zonder dat dit gepaard gaat met een wezenlijke vergroting van de "spleet" tussen de halfgeleiderschijf en de opspanplaat.

Uit figuur 5 blijkt, dat bij lage drukken de snelheid van warmteoverdracht door gasgeleiding lineair met de druk toeneemt. Daarbij neemt de gasdichtheid bij toenemende druk toe, terwijl de gemiddelde vrije weglengte zo groot blijft, dat het merendeel van de gasbotsingen hetzij met de halfgeleiderschijf hetzij met de opspanplaat plaatsvindt. De gasmoleculen bewegen in feite tussen de halfgeleiderschijf en de opspanplaat heen en weer. Deze druktoestand wordt met moleculaire stroming aangeduid. In dit gebied geldt dat hoe hoger de druk, hoe hoger de snelheid van warmteoverdracht tussen de halfgeleiderschijf en de opspanplaat. Bij de meeste gassen die voor toepassing bij de vervaardiging van halfgeleiderschijfjes in aanmerking komen ligt het gebied, waarin moleculaire stroming plaatsvindt, beneden ongeveer 133,3 Pa. Bij voldoende hoge drukken of voldoende grote "spleten" tussen de halfgeleiderschijf en de opspanplaat, begint het merendeel van de gasbotsingen zich af te spelen tussen de gasmoleculen onderling in plaats van met de halfgeleiderschijf of met de opspanplaat. In deze toestand wordt van laminaire stroming gesproken.

Tussen het gebied met moleculaire stroming en het gebied met laminaire stroming bevindt zich een overgangsgebied, waarin de stromingskenmerken van de beide aangrenzende gebieden optreden. Het gebied, waar bepaalde laminaire stromingskenmerken aanwezig zijn, ligt voor de meeste voor de halfgeleiderfabricage van belang zijnde gassen boven ongeveer 666,6 Pa. In dit gebied begint het gas zich ten minste voor een deel te gedragen als een medium, waarbij het warmtegeleidingsvermogen onafhankelijk van de druk is. Wanneer deze toestand dus eenmaal is bereikt, wordt geen verder voordeel bereikt door het verhogen van de druk bij een gegeven "spleet". De thermische weerstand is slechts te verminderen door de "spleet" tussen de halfgeleiderschijf en de opspanplaat te verkleinen. De overgang van moleculaire naar laminaire stroming is geleidelijk en vindt op verschillende punten plaats, afhankelijk van het verloop van de spleetruimte tussen opspanplaat en halfgeleiderschijf in het systeem.

In het laminaire stromingsgebied is de weerstand tegen warmteoverdracht door geleiding onafhankelijk van de druk en afhankelijk van de spleetgrootte. Deze afhankelijkheid is te zien in figuur 5. Voor het laminaire stromingsgebied of het overgangsgebied met gedeeltelijk laminaire stroming gelden de horizontaal verlopende krommen, waar de warmteoverdrachtscapaciteit onafhankelijk van de druk is. Hier buigt het overgangsgebied (zie figuur 3) af naar het gebied, waar de stroming zuiver laminair is. Bij het bereiken van het overgangsgebied of het gebied met zuiver laminaire stroming komt de warmteoverdrachtscapaciteit voor een gegeven "spleet" tussen halfgeleiderschijf en opspanplaat tot stand.

Met de inrichting wordt bij voorkeur voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf gewerkt in die druktoestand, waarin een laminaire stroming optreedt. Om deze toestand te bereiken, wordt de halfgeleiderschijf aan de rand met een langs de omtrek daarvan uitgeoefende kracht aangedrukt, zoals schematisch in figuur 1 is weergegeven.

Het effect van de combinatie van warmteoverdracht door contactgeleiding en die door gasgeleiding is te zien in figuur 7, waarin de kromme "a" de warmteoverdracht door contactgeleiding tussen de opspanplaat en de halfgeleiderschijf weergeeft, de kromme "b" de warmteoverdracht door gasgeleiding aangeeft en de kromme "c" de totale warmteoverdracht voorstelt. Te zien is, dat bij vergroting van de druk tot aan de voorbelastingsdruk, de warmteoverdracht door contactgeleiding afneemt tot het moment, waarop de halfgeleiderschijf het contact met de opspanplaat verliest. De warmteoverdracht door gasgeleiding, volgens kromme "b" neemt daarentegen met de druk toe, tot het gebied met de zuiver laminaire stroming is bereikt, waarna de warmteoverdracht bij verdere druktoename constant blijft.

Bij toepassing van de inrichting is voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf gebleken, dat door het voorspannen van de halfgeleiderplaat contactdrukken van 4665 Pa en hoger gemakkelijk bereikbaar zijn, zodat daarmee corresponderende gasdrukken kunnen worden toegepast, terwijl de minimiële spleet tussen de halfgeleiderschijf en de opspanplaat in stand blijft. Deze drukken zijn hoog genoeg voor het bereiken van laminaire stromingskenmerken (figuur 3). Van belang is, dat de bij het opspannen van de halfgeleiderschijf verkregen contactdruk gelijkmatig verdeeld is.

Bij voorkeur heeft de opspanplaat een glad metalen metaaloppervlak, bijvoorbeeld van zacht aluminium. Uit een oogpunt van warmteoverdracht door contactdruk heeft een dergelijk metaaloppervlak de voorkeur boven een oppervlak dat gevormd wordt door een meegevende kunststofbekleding. De kwaliteit van de warmteoverdracht door contactgeleiding is recht evenredig met het geleidend vermogen van het metaal, omgekeerd evenredig met de hardheid ervan en evenredig met de frequentie van de boven de "puntjes" in het metaaloppervlak uitstekende punten.

Voor een vergelijking van de met de inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf te bereiken overdracht met die verkregen door alleen gasgeleiding wordt nogmaals verwezen naar figuur 6. Bij overdracht door alleen gasgeleiding, bijvoorbeeld bij een op een vlakke opspanplaat opgelegde

- halfgeleiderschijf, bestaat een zekere spleet tussen de halfgeleiderschijf en de opspanplaat. Reeds bij een geringe gasdruk begint de halfgeleiderschijf te vervormen en neemt de spleet tussen halfgeleiderschijf en opspanplaat toe. Het warmtegeleidingsvermogen daalt daardoor sterk volgens de kromme "b". In tegenstelling daarmede neemt het warmtegeleidingsvermogen bij de inrichting voor het uitwisselen van warmte met
- 5 een halfgeleiderschijf met gasgeleiding onder toenemende gasdruk toe volgens de kromme "a", totdat het laminaire stromingsgebied is bereikt. Wanneer de voorbelastingsdruk van 4665 Pa wordt overschreden, begint bij de inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf met gasgeleiding de halfgeleiderschijf te vervormen en daalt het warmtegeleidingsvermogen daarbij sterk, volgens de kromme "c".
- '0 Het met toepassing van de inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf met gasgeleiding te bereiken voordeel werd gedemonstreerd met een proef, waarbij een met een fotolaklaag beklede siliciumschijf met een diameter van 7,6 cm werd geïmplantéerd met een 2 mA As⁺ ionenbundel bij 180 keV. De siliciumschijf was daarbij opgespannen, waarbij tussen de opspanplaat en de halfgeleiderschijf lucht werd ingebracht onder een druk van minder dan 4000 Pa. De halfgeleiderschijf werd over een
- '5 oppervlakte van 21 cm² geïmplantéerd. De invallende vermogensdichtheid bedroeg meer dan 6 Watt/cm². Over het gehele oppervlak van de halfgeleiderschijf werd geen enkele achteruitgang in kwaliteit van de fotolaklaag waargenomen.

20 Conclusies

1. Inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf, die met één zijde aan een behandeling in vacuüm wordt onderworpen, omvattende
een voor warmte-uitwisseling ingerichte opspanplaat met een convex steunvlak voor het met de andere
25 zijde opleggen van de halfgeleiderschijf,
voorzien van nabij de omtrek van de opspanplaat aanwezige aandrukmiddelen, die op het randgedeelte van de halfgeleiderschijf aangrijpen om de halfgeleiderschijf, onder elastisch vervormen, over het gehele oppervlak op het steunvlak van de opspanplaat te doen aanliggen,
met het kenmerk, dat de opspanplaat is voorzien van in zijn steunvlak uitmondende kanalen, die op een
30 bron van gas onder druk zijn aangesloten.
2. Inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de in het steunvlak uitmondende kanalen een juist binnen het aangedrukte randgedeelte van de halfgeleiderschijf in het steunvlak aanwezige ringgroef omvatten.
3. Inrichting voor het uitwisselen van warmte met een halfgeleiderschijf volgens conclusies 1-2, met het
35 kenmerk, dat de druk van de bron van gas onder druk is beperkt tot een waarde, die de door het opspannen bewerkstelligde contactdruk tussen de opspanplaat en de halfgeleiderschijf doet afnemen zonder dat het contact tussen plaat en halfgeleiderschijf geheel verloren gaat.

Hierbij 4 bladen tekening

FIG. 1

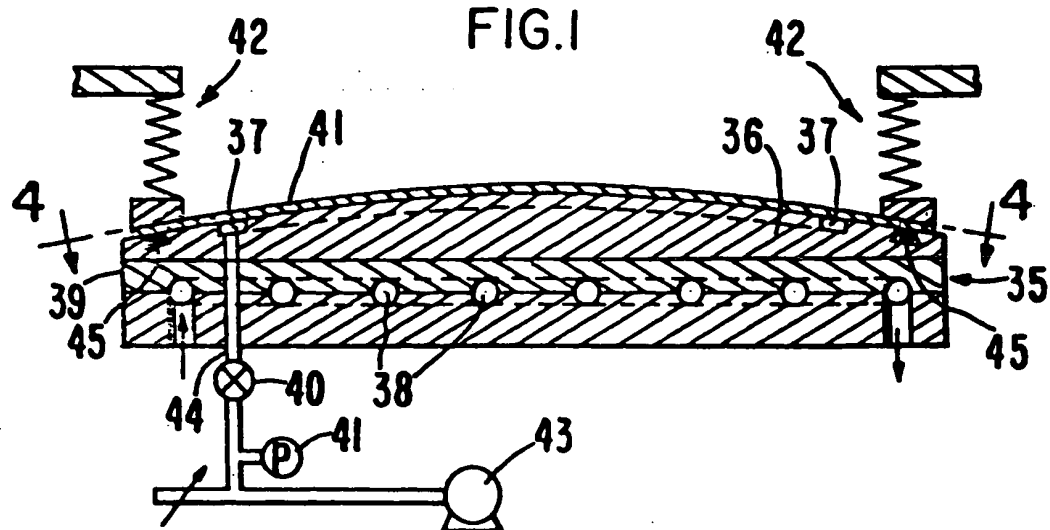


FIG.2

2/4

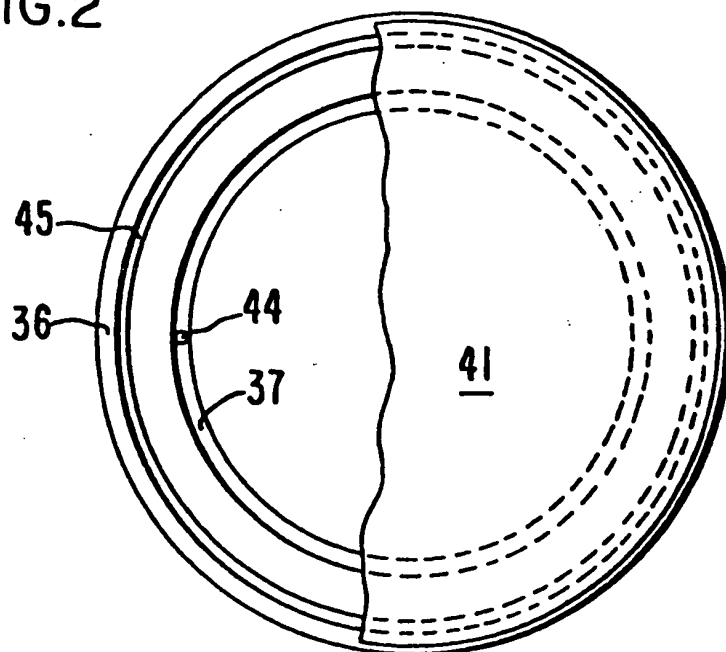
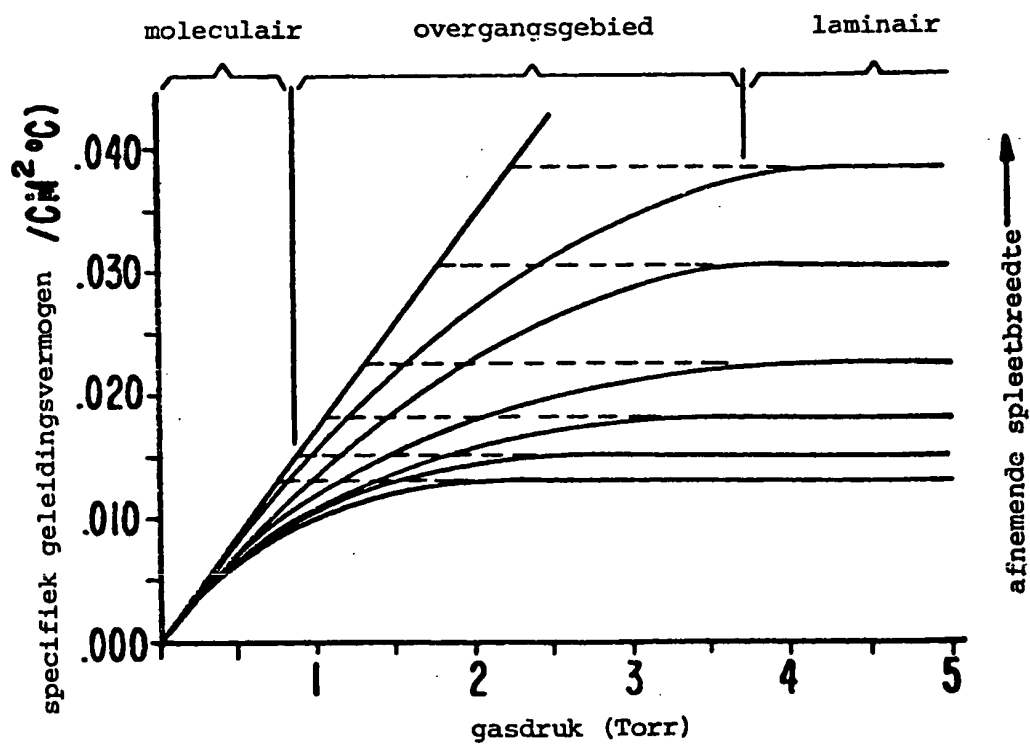


FIG.3



3/4

FIG. 4

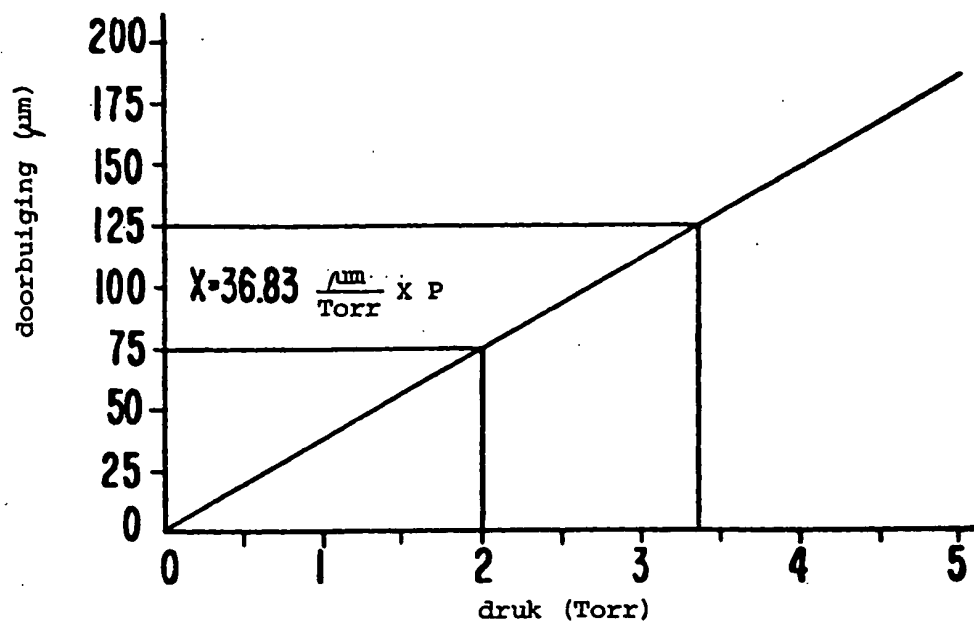


FIG. 5

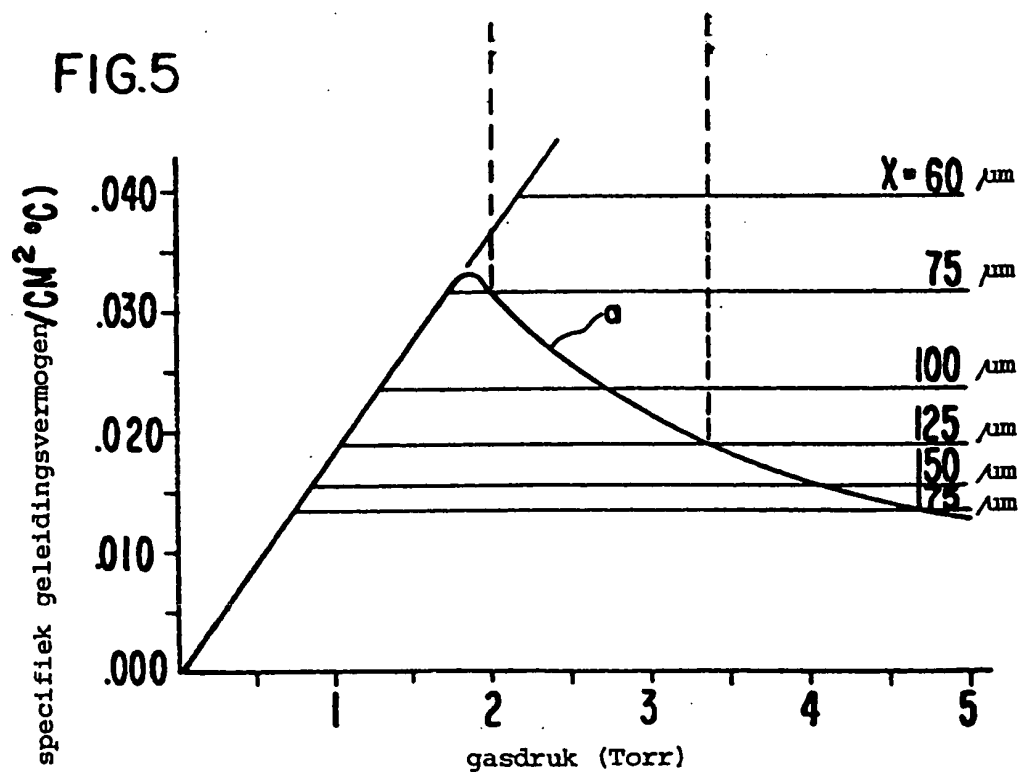


FIG.6

4/4

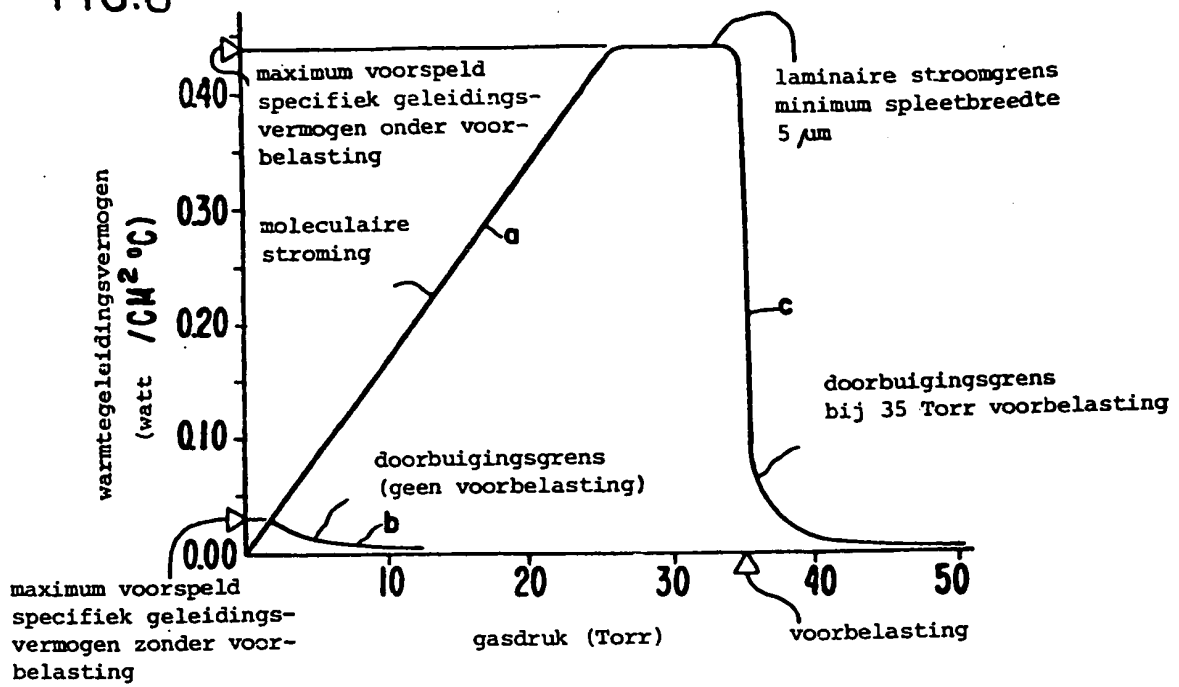


FIG.7

