

---

Octrooiraad



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8902094**

Nederland

⑲ NL

---

- ⑤4 **Elektro-mechanische transducent en positioneringsinrichting voorzien van een dergelijke elektro-mechanische transducent.**
- ⑤1 Int.CI<sup>P</sup>: H01L 41/04, G05D 3/00.
- ⑦1 Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.
- ⑦4 Gem.: Ir. J.E.M. Galama c.s.  
Internationaal Octroobureau B.V.  
Prof. Holstlaan 6  
5656 AA Eindhoven.

- 
- ②1 Aanvraag Nr. 8902094.
- ②2 Ingediend 18 augustus 1989.
- ③2 --
- ③3 --
- ③1 --
- ⑥2 --

- 
- ④3 Ter inzage gelegd 18 maart 1991.

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

---

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

Elektro-mechanische transducent en positioneringsinrichting voorzien van een dergelijke elektro-mechanische transducent.

De uitvinding heeft betrekking op een elektro-mechanische transducent, omvattende een buisvormig piezo-elektrisch element dat over een lengte aan een binnenzijde en aan een buitenzijde is bekleed met een binnenste en een buitenste elektrode, welke buitenste elektrode  
5 geleidersegmenten omvat die in een omtreksrichting door isolerende banen onderling galvanisch zijn gescheiden.

De uitvinding heeft tevens betrekking op een positioneringsinrichting voor een relatieve verplaatsing van twee objecten ten opzichte van elkaar, welke positioneringsinrichting is  
10 voorzien van een dergelijke elektro-mechanische transducent.

Een elektro-mechanische transducent, alsmede een positioneringsinrichting, van de bovengenoemde soort zijn bekend uit :  
G. Binnig and D.P.E. Smith: "Single-tube three-dimensional scanner for scanning tunneling microscopy", Rev. Sci. Instrum. 57(8), August 1986.

15 In dit artikel is een elektro-mechanische transducent omschreven voor toepassing in een scanning tunneling microscoop. In een dergelijke microscoop wordt een met de transducent verbonden naald over een oppervlak bewogen. Afhankelijk van een afstand van de naald tot het oppervlak, vloeit er tussen het oppervlak en de naald een zogenaamde  
20 tunnelstroom. Door met de transducent de naald op een afstand boven het oppervlak te houden waarbij de tunnelstroom constant is, wordt door een lengteverandering van de transducent een maat voor de topografie van het oppervlak verkregen. De transducent wordt gevormd door een buisvormig element van piezo-elektrisch materiaal dat zodanig is gepolariseerd, dat  
25 een elektrisch veld loodrecht op de lengterichting, een verandering van lengte teweeg brengt. Het element is aan de binnen- en buitenzijde bekleed met een elektrode. De buitenste elektrode is verdeeld in een viertal geleidersegmenten, die onderling galvanisch zijn gescheiden door in de lengterichting lopende isolerende banen. Onder invloed van een  
30 verschilspanning over de geleidersegmenten en de binnenste elektrode, verandert het onder het desbetreffende geleidersegment gelegen piezo-elektrische materiaal van lengte. De buitenste geleidersegmenten liggen

8802094.

paarsgewijs tegenover elkaar, waarbij een hoek tussen naburige buitenste geleidersegmenten 90 graden bedraagt. Door bijvoorbeeld aan overliggende geleidersegmenten een, ten opzichte van de binnenste elektrode, tegengestelde spanning toe te voeren, buigt het element door een  
5 verkorting van het piezo elektrisch materiaal onder het ene geleidersegment en een verlenging van het piezo elektrisch materiaal onder de andere geleidersegment. Op deze wijze kunnen verplaatsingen van een met de transducent verbonden object in een radiaal gelegen vlak, in onderling loodrechte richtingen (een x-richting en een y-richting)  
10 plaatsvinden. Door het toevoeren van een spanning aan de binnenste elektrode, vindt een over de omtrek van het element uniforme lengte verandering plaats, en wordt een met de transducent verbonden object in de lengterichting verplaatst.

Een dergelijke transducent heeft als nadeel, dat  
15 verplaatsingen van een met de transducent verbonden object, in de x-, y- en lengterichting, onderling gekoppeld zijn. De verplaatsing in de lengterichting superponeert zich op de verplaatsing in de x- en in de y-richting. Bij een maximale verplaatsing in de lengterichting, is tengevolge hiervan geen verplaatsing in de x- en de y-richting meer  
20 mogelijk. Voorts wordt door de koppeling een nauwkeurige positionering bemoeilijkt, en is de aansturing van de transducent relatief gecompliceerd.

De uitvinding heeft onder meer tot doel te voorzien in een elekto-mechanische transducent, waarbij de koppeling tussen de  
25 verplaatsingen is gereduceerd.

Hiertoe heeft een elektro-mechanische transducent volgens de uitvinding tot kenmerk, dat de buitenste elektrode een verder geleidersegment omvat dat in een lengterichting door een verdere isolerende baan van de geleidersegmenten galvanisch is gescheiden,  
30 waarbij de binnenste elektrode ten minste twee binnenste geleidersegmenten omvat die in de lengterichting door een binnenste isolerende baan onderling galvanisch zijn gescheiden.

Door de buitenste elektrode te voorzien van een verder geleidersegment, en de binnenste elektrode te verdelen in twee binnenste  
35 geleidersegmenten, kan door een verschilspanning over het verdere buitenste geleidersegment en het overliggende binnenste geleidersegment, een over de omtrek van het element uniforme lengte verandering plaats

vinden voor het deel van het element dat onder het verdere buitenste geleidersegment is gelegen. Een verplaatsing in de x- en in de y-richting vindt plaats onder invloed van een verschilspanning tussen de buitenste geleidersegmenten en het binnenste geleidersegment dat  
5 tegenover deze buitenste geleidersegmenten ligt. Een bereik in de x- en de y-richting is nu niet meer afhankelijk van de verplaatsing in de lengterichting.

Een voorkeursuitvoering van een elektro-mechanische transducent volgens de uitvinding heeft als kenmerk, dat die is voorzien  
10 van een onderling gelijk aantal binnenste en buitenste geleidersegmenten, waarbij radiale projecties van binnenste isolerende banen op de buitenzijde, samenvallen met de buitenste isolerende banen.

Door de transducent te voorzien van een gelijk aantal binnenste en buitenste geleidersegmenten, die tegenover elkaar gelegen  
15 zijn, kunnen verschilspanningen tussen binnenste en buitenste elektrodes nauwkeuriger lokaal worden ingesteld, waarbij overspraak van spanningen tussen de elektrodes afneemt. Bij deze voorkeursuitvoering kan met twee voedingsspanningbronnen voor aansturing van verplaatiging in de x- en in de y-richting worden volstaan, in tegenstelling tot de bekende  
20 transducent, waarbij voor verplaatsing in de x- en in de y-richting twee paar voedingsspanningsbronnen van tegengesteld teken nodig zijn.

Een positioneringsinrichting voor een relatieve verplaatsing van twee objecten ten opzichte van elkaar, welke positioneringsinrichting is voorzien van een elektro-mechanische  
25 transducent volgens de uitvinding, heeft als kenmerk, dat het met de positioneringsinrichting verbonden object is gelegen op de lengte-as van het element.

Door het plaatsen van het object op de lengte as van het element, roteert het object, bij aansturing van het element in de x- of  
30 de y-richting, rond het bevestigingspunt. Hierdoor is een verband tussen een hoogteverandering van een uiteinde van het object, bijvoorbeeld een naald, en een verplaatsing in de x- of y-richting eenvoudiger dan bij de bekende positioneringinrichting, waarbij het object met een zijde van de transducent is verbonden. Hierdoor kan de aansturing van de  
35 positioneringsinrichting worden vereenvoudigd.

Een uitvoeringsvorm van een positioneringinrichting volgens de uitvinding heeft als kenmerk, dat de objecten een eerste en

8902094.

een tweede glasvezel omvatten, waarbij de positioneringsinrichting een glasvezelschakelaar omvat voor óptische koppeling van de eerste, met de elektro-mechanische transducent verbonden, glasvezel met de tweede glasvezel.

5 Bij het schakelen van door glasvezels doorgegeven lichtsignalen is een positioneringsinrichting volgens de uitvinding toepasbaar. Een met de transducent verbonden glasvezel kan door de transducent tegen een andere glasvezel worden aangedrukt, daarvan worden verwijderd, en bijvoorbeeld tegen een verdere glasvezel worden  
10 aangedrukt. Schakelfrequenties van 1 kHz zijn mogelijk.

Verdere toepassingen van een positioneringsinrichting volgens de uitvinding liggen op het gebied van elektronenmicroscopie, waarbij met de positioneringsinrichting een elektronenbron of elektronenlenzen kunnen worden gepositioneerd.

15 Enkele uitvoeringsvormen van een elektromechanische transducent en van een positioneringsinrichting volgens de uitvinding zullen nader worden toegelicht aan de hand van bijgevoegde tekening. In de tekening toont:

Figuur 1a en 1b een overzichtsschets, respectievelijk een  
20 bovenaanzicht van een bekende elektro-mechanische transducent,

Figuur 2a en 2b een overzichtsschets, respectievelijk een bovenaanzicht van een elektro-mechanische transducent volgens de uitvinding,

Figuur 3a en 3b een uitvoeringsvorm van een  
25 positioneringsinrichting in een scanning tunneling microscoop,

Figuur 4a en 4b een verdere uitvoeringsvorm van een positioneringsinrichting, en

Figuur 5 een glasvezelschakelaar.

Figuur 1a toont een bekende elektro-mechanische  
30 transducent 1, die een buisvormig piezo elektrisch element 3 omvat. Het piezo-elektrisch element 3, dat bijvoorbeeld een kwartskristal, Rochelle zout of Barium titanaat omvat, is aan een buitenzijde voorzien van een elektrode die is verdeeld in een viertal geleider segmenten 5a, 5b, 5c en 5d. De buitenste geleidersegmenten 5a-5d zijn in een omtreksrichting  
35 van het element 3 door banen 7a-7d galvanisch van elkaar gescheiden.

Figuur 1b toont een bovenaanzicht van het element 3. Een binnenste elektrode 9 is bevestigd op een binnenzijde van het element 3 en is

concentrisch met de geleider segmenten 5a-5d. door het aanbrengen van een verschilspanning, met behulp van één der vier spanningsbronnen 6, tussen één der geleidersegmenten 5a-5d en de binnenste elektrode 9, contraheert of expandeert het onder het desbetreffende geleider  
5 segment gelegen piezo-elektrisch materiaal in de lengterichting van het element 3. Door het aanbrengen van een verschilspanning tussen overliggende buitenste geleider segmenten (5a en 5c of 5b en 5d), worden overliggende zijden van het element 3 verschillend van lengte en buigt het element 3 in een x- of een y-richting, gelegen in een radiaal vlak.  
10 Door het aanbrengen van een spanning, met behulp van een spanningsbron 8, op de binnenste elektrode 9, zal het element 3 over de gehele omtrek uniform van lengte veranderen, zodat een verplaatsing van een met het element 3 verbonden object in een lengterichting plaats vindt. Deze verplaatsing is gesuperponeerd op de verplaatsing in de x-en de y-  
15 richting. Verplaatsingen in de x-en de y-richting zijn eveneens onderling gekoppeld. Door bijvoorbeeld een verschilspanning tussen geleidersegment 5a en 5c aan te leggen, buigt het buisvormig element 3 zich rond een y-as. De in de figuur weergegeven y-as blijft op haar plaats, maar piezo elektrisch materiaal aan weerszijden van de y-as  
20 wordt respectievelijk opgerekt, en gecomprimeerd. Bij perfecte symmetrie van het piezo elektrisch element compenseert de positieve lading de negatieve lading op de geleider segmenten 5b en 5d. Bij niet-perfecte symmetrie is er echter een ladingsopbouw op elektrode 5b en 5d, waardoor een verplaatsing in de y-richting plaats vindt. Door capacitieve  
25 overspraak tussen de geleidersegmenten, beïnvloedt de ladingsopbouw op haar beurt verplaatsing in de x-richting.

Figuur 2a toont elektro-mechanische transducent 1 volgens de uitvinding waarbij de buitenste elektrode is voorzien van een verder buitenste geleidersegment 11. Het verdere buitenste geleidersegment 11  
30 is van de geleidersegmenten 5a-5d in de lengterichting galvanisch gescheiden door een isolerende baan 13. De isolerende banen 7a-7d en 13 kunnen bijvoorbeeld langs mechanische weg, of door middel van etsen, in de elektrode worden aangebracht. De binnenste elektrode is eveneens door een isolerende baan aan de binnenzijde van het element 3 in twee  
35 geleidersegmenten verdeeld, waarvan één deel bij voorkeur ter hoogte van de geleidersegmenten 5a-5d is gelegen en waarvan het andere deel bij voorkeur tegenover het verdere buitenste geleidersegment 11 is gelegen.

8902094.

- Door een verschilspanning tussen het verdere buitenste geleidersegment 11 en en het overliggende geleider segment van de binnenste elektrode, wordt over de omtrek van het element 3 een uniforme lengteverandering plaats, zonder dat dit van invloed is op een bereik van verplaatsing in de x-richting en in de y-richting. Door het binnenste geleidersegment dat tegenover de buitenste geleidersegmenten voor beweging in de x- en y-richting is gelegen, op te delen in verdere binnenste geleidersegmenten, zoals getoond in figuur 2b, kan voor aansturing van de verplaatsing in de x- en y-richting met twee spanningsbronnen 6 worden volstaan.
- Capacitieve overspraak tussen de buitenste geleidersegmenten wordt tegengegaan door het opdelen van de binnenste elektrode in verdere geleidersegmenten 9a, 9b, 9c en 9d. Hierdoor wordt een compensatie van verplaatsingen ten gevolge van ladingsopbouw door asymmetriën van het element 3 vereenvoudigd.
- Figuur 3a toont een uitvoeringsvorm van een positioneringsinrichting volgens de uitvinding in een scanning tunneling microscoop. De transducent 1 is bevestigd op een starre drager 15, en is voorzien van verbindingsmiddelen 17 via welke een object 19, in dit geval een naald, is gekoppeld met het element 3. Figuur 3b toont hoe onder invloed van een verschilspanning tussen geleider segmenten 5a en 5c (ten opzichte van de geleider segmenten op de binnenzijde) het bovenste deel van het element 3 draait, doordat de zijde onder geleidersegment 5a korter wordt en de zijde onder het geleidersegment 5c langer wordt. Het object 19 roteert hierbij om zijn bevestigingspunt.
- Een gevoeligheid van het element 3 bedraagt bijvoorbeeld  $4 \cdot 10^{-10} \text{ m V}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  bij een wanddikte van 1mm. Bij een spanningverschil van +500 V tot -500 V tussen het geleidersegment 11 en het overliggende binnenste geleidersegment, is bij een lengte h van het element 3, waarbij het geleidersegment 11 zich over een halve lengte uitstrekt, een bereik van het element in de lengterichting gegeven door:  $2.500 \text{ V} \cdot 0,5 \cdot h \cdot 4 \cdot 10^{-10} \text{ Vmm}^{-1}$ . Bij een lengte h van 12 mm is het bereik 2,4  $\mu\text{m}$ . Uit figuur 3b is te zien dat het bereik X in de x-richting, voor een element met een diameter d, is gegeven door:  $0,5 X/l = 2,4 \mu\text{m}/d (0,5 d)$ . Bij een diameter van 6,5 mm bedraagt het bereik X 44  $\mu\text{m}$ . Om overspraak tussen de binnenste geleidersegmenten en het object 19 te voorkomen verdient het de voorkeur een elektrische afscherming aan de binnenzijde van het element 3 aan te brengen.

8902094.

Figuur 4a toont een verdere uitvoeringsvorm van een positioneringsinrichting volgens de uitvinding. Daar het object 19 zich geheel buiten het element 3 bevindt, is een afscherming niet nodig.

Figuur 4b toont hoe een verplaatsing in de x-richting door  
5 lengteverandering van zijden van het element 3 plaats vindt. Voor het bereik X kan worden afgeleid:  $0,5 X / (1 + 0,5h) = 2,4 \mu\text{m/d} (0,5 d)$ .  
Bij een lengte van l van 18 mm bedraagt het bereik X 36  $\mu\text{m}$ .

Figuur 5 toont een positioneringsinrichting volgens de uitvinding in de vorm van een glasvezelschakelaar. De transducent 1 is  
10 verbonden met een U-vormige basis 21. Het object 19 wordt gevormd door een glasvezel, die met behulp van de transducent 1 met één der glasvezels uit een matrix van glasvezels 23 optisch wordt gekoppeld. Bij het schakelen van de glasvezel 19 trekt de transducent 1 element 3 de glasvezel 19 terug, beweegt hem vervolgens naar een verdere glasvezel in  
15 de matrix 23 en drukt daarna de glasvezel 19 daar tegenaan.  
Schakelfrekwenties van 1 kHz kunnen op deze wijze worden bereikt.

Conclusies:

1. Elektro-mechanische transducent, omvattende een buisvormig piezo-elektrisch element dat over een lengte aan een binnenzijde en aan een buitenzijde is bekleed met een binnenste en een buitenste elektrode, welke buitenste elektrode geleidersegmenten omvat die in een omtreksrichting door isolerende banen onderling galvanisch zijn gescheiden, met het kenmerk, dat de buitenste elektrode een verder geleidersegment omvat dat in een lengterichting door een verdere isolerende baan van de geleidersegmenten galvanisch is gescheiden, waarbij de binnenste elektrode ten minste twee binnenste geleidersegmenten omvat die in de lengterichting door een binnenste isolerende baan onderling galvanisch zijn gescheiden.
2. Elektro-mechanische transducent volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat die is voorzien van een onderling gelijk aantal binnenste en buitenste geleidersegmenten, waarbij radiale projekties van binnenste isolerende banen op de buitenzijde, samenvallen met de buitenste isolerende banen.
3. Elektro-mechanische transducent volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat aan de buitenzijde de isolerende banen parallel zijn aan de lengterichting, waarbij een hoekafstand tussen twee naburige isolerende banen aan de buitenzijde, negentig graden bedraagt.
4. Positioneringsinrichting voor een relatieve verplaatsing van twee objecten ten opzichte van elkaar, welke positioneringsinrichting is voorzien van een elektro-mechanische transducent volgens één der voorgaande conclusies, waarbij de elektro-mechanische transducent is verbonden met één van de objecten.
5. Positioneringsinrichting volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat het met de positioneringsinrichting verbonden object is gelegen op de lengte-as van het element.
6. Positioneringsinrichting volgens conclusie 4 of 5, met het kenmerk, dat de objecten een eerste en een tweede glasvezel omvatten, waarbij de positioneringsinrichting een glasvezelschakelaar omvat voor optische koppeling van de eerste, met de elektro-mechanische transducent verbonden, glasvezel met de tweede glasvezel.
7. Positioneringsinrichting volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat de tweede glasvezel deel uitmaakt van een matrix van meerdere glasvezels.

8902094.

8. Positioneringsinrichting volgens conclusie 4 of 5, met het kenmerk, dat het met de transducent verbonden object een elektronenbron in een elektronen-optisch systeem omvat.

9. Positioneringsinrichting volgens conclusie 4 of 5, met  
5 het kenmerk, dat het met de transducent verbonden object een stroomgeleidende naald in een scanning tunneling mikroskoop omvat.

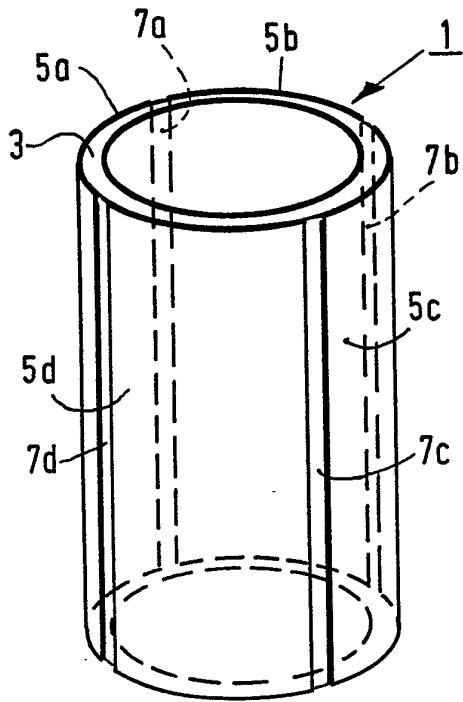


FIG. 1a

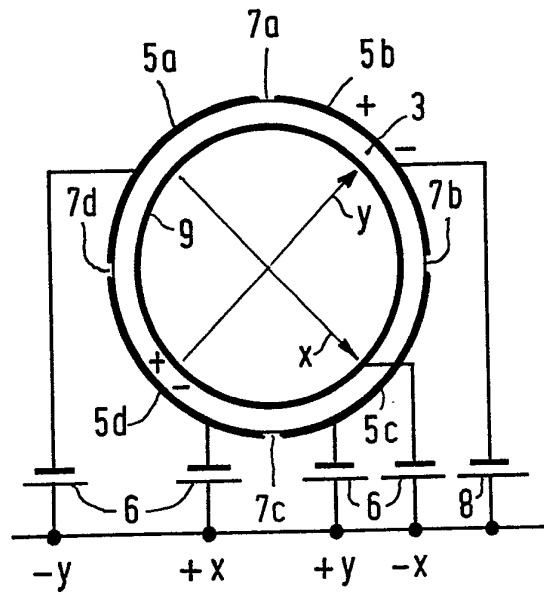


FIG. 1b

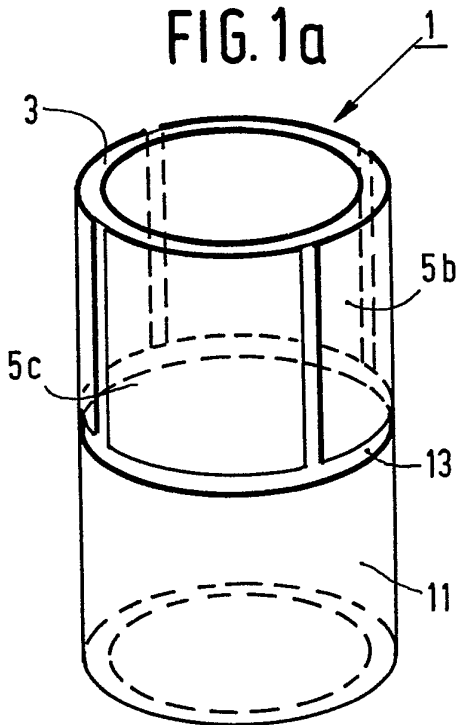


FIG. 2a

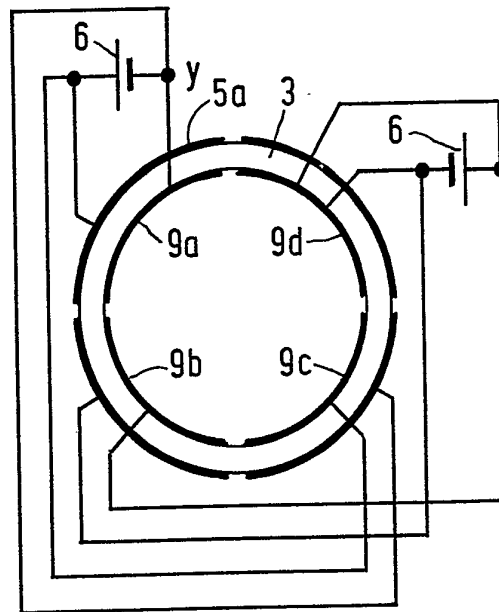


FIG. 2b

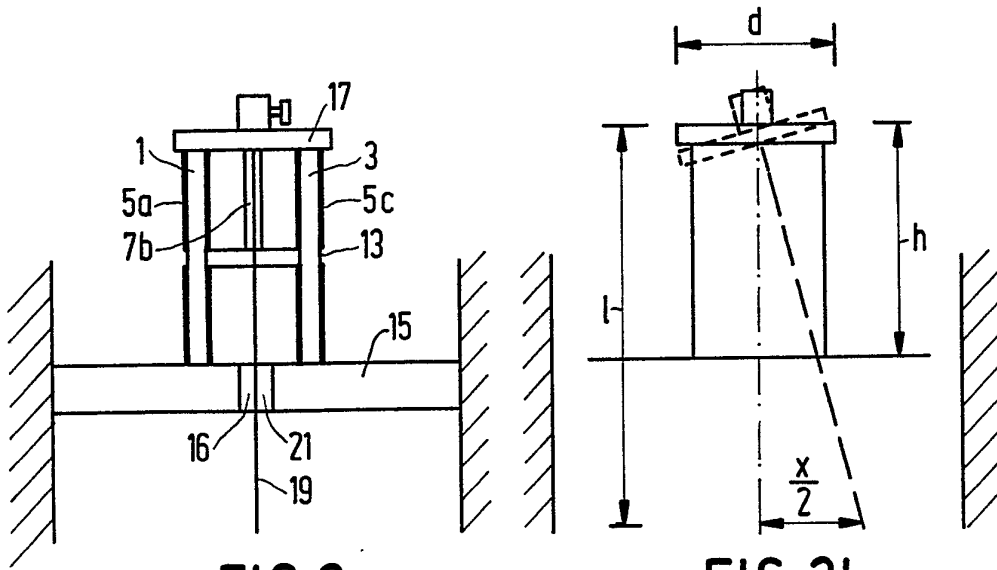


FIG. 3a

FIG. 3b

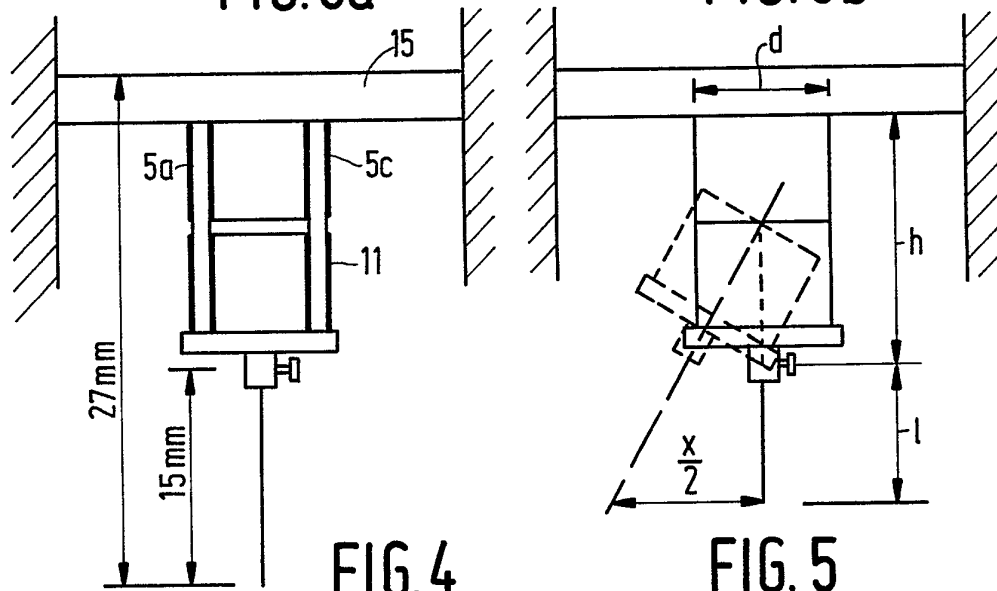


FIG. 4

FIG. 5

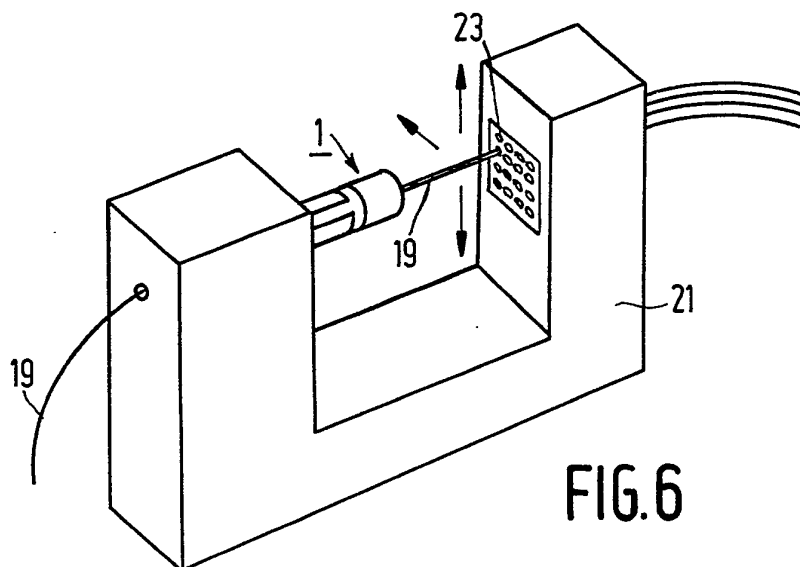


FIG. 6