(19) DANMARK

PATENTDIREKTORATET
TAASTRUP

(12) **FREMLÆGGELSESSKRIFT** (11) **156496 B**

(21) Patentansøgning nr.: **5008/81**

(51) Int.Cl.[4] **G 02 B 6/24**

(22) Indleveringsdag: **12 nov 1981**

(41) Alm. tilgængelig: **28 maj 1982**

(44) Fremlagt: **28 aug 1989**

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: **27 nov 1980 DE 3044667** **05 sep 1981 DE 3135312**

(71) Ansøger: ***LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-G.M.B.H.; Theodor-Stern-Kai 1; 6000 Frankfurt am Main, DE**

(72) Opfinder: **Edgar *Weidel; DE**

(74) Fuldmægtig: **Internationalt Patent-Bureau**

(54) Optisk forgreningsled

(56) Fremdragne publikationer

DE A1 2625097, 2851625, 2851654
US pat. nr. 4053764, 4243297

(57) Sammendrag:

5008-81

Der angives et optisk forgreningsled, hvis opbygning er valgt således, at der gives afkald på optisk koblingskit. Derved undgås meldingsproblemer.

5008-81

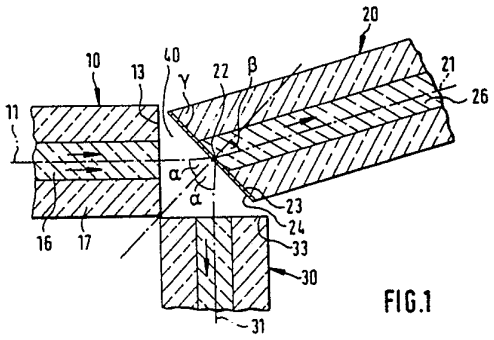

FIG.1

DK 156496 B

Opfindelsen angår et optisk forgreningsled som omhandlet i indledningen til krav 1.

Sådanne forgreningsled tjener navnlig til fiberoptiske anvendelser,som tjener til fordeling af lys,der føres i en lysbølgeleder,på mindst to yderligere lysbølgeledere.

Sådanne forgreningsled kendes eksempelvis fra artiklerne af H.F. Mahlein et al.: Interference filter as fiber directional coupler for W.D.M., Electronic Letters 16, 1980, sider 584 - 585 samt E. Miyanchi et al.: Compact wavelength multiplexer using optical-fiber pieces, Optics Letters 5, 1980, sider 321-322.

I sådanne opstillinger bliver endefladerne på optiske fiberstykker fastgjort med mindst mulig afstand fra hinanden på en sådan måde, at der ved hjælp af delvis transparente eller bølgelængdeafhængige spejlflader, som er påført på skråt polerede fiberendeflader, muliggøres en opdeling af lyset fra én fiber på flere fibre. I hver af de nævnte opstillinger benyttes der et materiale til tilpasning af de optiske brydningsindekser mellem fiberenderne. Da der i alle nævnte opstillinger anvendes dielektriske spejllag, er det vanskeligt henholdsvis umuligt at svejse fiberender og andre optiske komponenter. En enkel kendt optisk indekstilpasning består i at fylde mellemrummet mellem fiberenderne med et gennemsigtigt plastmateriale,f.eks. epoxyharpiks. Dette kan være en udmærket løsning til forsøgsopstillinger, men det er tvivlsomt, om en sådan opstilling har den langtidsstabilitet, som kræves af en erhvervsmæssigt udnyttet opstilling. Lysintensiteter, der sædvanligvis optræder i fiberoptiske systemer, er nemlig meget høje: for en gradientfiber med et kernetværmål på 50μ og en lyseffekt på 2mW, der føres i fiberkernen, kan der beregnes en intensitet på 100 W/cm^2. Denne intensitet er meget høj. Der stiller sig derfor det spørgsmål, om en organisk kit (f.eks. epoxyharpiks) ved en vedvarende belysning med en så høj lysintensitet ikke udsættes for en ældningsproces, der eksempelvis fører til en formørkelse eller absorption af den til at begynde med gennemsigtige kit.

Opfindelsen tager derfor sigte på at forbedre sådanne optiske forgreningsled på en sådan måde, at en tilpasning af de optiske brydningsindekser undgås, og at en god langtidsstabilitet er opnåelig.

Denne opgave løses ifølge opfindelsen med de i krav 1's kendetegnende del angivne træk.

Hensigtsmæssige udførelsesformer er angivet i underkravene.

En fordel ved opfindelsen ligger i, at det optiske forgreningsled kan udføres som en vedligeholdelsesfri optisk komponent.

Opfindelsen er i det følgende forklaret nærmere på grundlag af nogle udførelseseksempler under henvisning til den skematiske tegning, hvor

figurerne 1-4 viser udførelseseksempler på opfindelsen, og

fig. 5 et skematisk diagram til forklaring af figurerne 3 og 4 .

Opbygningen af et sådant forgreningsled forklares med henvisning til fig. 1. Det eksempelvis i en lyslederfiber 10 med kerne 16 og kappe 17 ankommende lys (pile) skal fordeles mellem lyslederfibrene 20 og 30. Lyslederfiberen 10's endeflade 13 danner en vinkel på 90° med den optiske akse 11, og det fra lyslederfiberen 10 i rummet 40 udtrædende lys bliver ikke brudt, men det forløber videre i den optiske akse 11's retning og falder ind på et optisk lag 24, eksempelvis et dielektrisk, halvtransparent spejl. En del af lyset reflekteres under refleksionsvinklen, og det indkobles i lyslederfiberen 30. I det viste udførelseseksempel er tre lyslederfibre 10, 20, 30 anbragt således, at deres optiske akser 11, 21, 31 har et fælles punkt 22, som ligger på laget 24. Den anden del af lyset brydes ved laget 24 under en vinkel $\beta = \sin^{-1} (\frac{1}{n_K} \sin \alpha)$ ind i lyslederfiberen 20. n_K er det effektive brydningsindeks for fiberkernen 36, og α er lysets indfalds- og refleksionsvinkel. Dertil skal det for en vinkel γ gælde:

$\gamma = 90^{o} - \beta$.

De i udførelseseksemplet anvendte data er:

$\alpha = 45^{0}$; $n_K = 1,46$; $\beta = \sin^{-1} \frac{1}{1,46} \sin 45^{0} = 29^{0}$;

$\gamma = 90^{0} - \beta = 61^{0}$;

For indfaldsvinklen α kan der i stedet også vælges en anden vinkel fortrinsvis mellem 20^{0} og 45^{0}. β og γ fremgår tilsvarende.

Arten af det dielektriske lag 24 bestemmer opdelingen af lyset mellem lyslederfiberen 20 og lyslederfiberen 30. Alt efter systemanfordringerne er det muligt at vælge et deleforhold på 1:1 eller et herfra forskelligt forhold; endvidere er det muligt at vælge opdelingen bølgelængdeuafhængigt for de implicerede bølgelængder eller bølgelængdeafhængigt; i det bølgelængdeafhængige tilfælde er eksempelvis laget 24 udført således, at lys med bølgelængderne λ_1 og λ_2 ankommer gennem lyslederfiberen 10, mens lys med bølgelængden λ_1 med høj koblingsvirkningsgrad tilføres lyslederfiberen 20, og lys med bølgelængden λ_2 med høj koblingsvirkningsgrad tilføres lyslederfiberen 30. En sådan opstilling udnytter laget 24's dichroitiske funktion og er eksempelvis anvendelig i en optisk demultiplekser.

Lysstrømmens retning er i det mindste delvis reversibel. Således er eksempelvis en komponent til den såkaldte dupleksdrift (benyttelse af en ledning i to retninger) hensigtsmæssig, ved hvilken det i lyslederfiberen 10 ankommende lys med en bølgelængde λ_1 eksempelvis fuldstændigt tilføres lyslederfiberen 30, mens lys, som ankommer i lyslederfiberen 20 (mod pilretningen), med bølgelængden λ_2 så fuldstændigt som muligt indføres i lyslederfiberen 10 (mod pilretningen). En sådan komponent muliggør en tovejskommunikation mellem to abonnenter.

Foruden undgåelsen af kitmateriale består en yderligere betydelig fordel ved udførelsen ifølge op-

findelsen i forhold til de indledningsvis nævnte kendte løsninger i, at der kan anvendes lag 24 med gunstigere egenskaber. Hvis der i kendte løsninger anvendes en vinkel α mellem fladenormalerne for laget 24 og fiberaksen 11 for det ankommende lys, falder lyset fra glassiden (brydningsindeks $\approx 1,5$) ind på laget 24. I forgreningsleddet ifølge opfindelsen falder lyset derimod fra glassiden ind på laget 24 under en vinkel β. Fra optikken for tynde lag er det kendt, at kantstejlheden (optisk filtervirkning) for et dielektrisk stråledelingslag i bølgelængdeområdet kan gøres desto større, jo mindre lysets indfaldsvinkel på laget afviger fra vinkelret indfald. Ved afvigelser fra vinkelret indfald bliver lysets forskellige polarisationsretninger reflekteret henholdsvis overført med varierende refleksionsevne og varierende bølgelængdeafhængighed. Ligeså forringes ved et divergent lysbundt kantstejlheden desto mere, jo mere indfaldsvinklen afviger fra vinkelret indfald. Hvis der gives afkald på et optisk kitlag er vinklen β vigtig for en optisk filtervirkning ved den samme vinkel α som i de kendte kitløsninger, mens vinklen α er den bestemmende vinkel i kit-tilfældet. Hvis vinklen α formindskes til eksempelvis 20^0, bliver vinklen $\beta = 13,5^0$. I en sådan opstilling kan der anvendes stråledelingslag med fremragende kantstejlhed, og løsningen ifølge opfindelsen muliggør derfor til bølgelængdemultipleksdrift adskillelse af tæt på hinanden liggende bølgelængder.

Som lyslederfibre kan anvendes alle arter af optiske fibre, f.eks. enbølgefibre, multi-mode-fibre med en trinformet brydningsindeksprofil eller gradientindeksprofil.

Forgreningsleddet ifølge opfindelsen er behæftet med tab, fordi lyset i et rum 40 tilbagelægger en strækning i et medium uden bølgeledning, eksempelvis luft. I dette område uden ledning udvides lysbundtet ved bøjning og stråledivergens (multi-mode-fiber), og en del af lyset bliver ikke indkoblet i fibrenes ker-

ner. Til formindskelse af disse tab er det muligt delvis at fjerne fibrenes kapper, fortrinsvis på lyslederfiberen 10 og på lyslederfiberen 30, f.eks. ved ætsning. Dermed forkortes lysvejene i mediet uden bølgeledning, og således nedsættes tabene.

Til beskyttelse af overfladerne mod beskadigelse eller udfældning af fugtighed er det muligt at indkapsle fiberenderne lufttæt.

Figurerne 3 og 4 viser yderligere udførelseseksempler, hvis virkemåde først forklares under henvisning til fig. 5. Fig. 5 viser i et diagrameksempel de optiske koblingstab V i dB som funktion af en normeret afstand s/d. I de i fig. 5 antydede opstillinger er s afstanden (den optiske vejstrækning) mellem to endeflader på koaksialt beliggende lysledere, som har en kerne og en kappe. De viste kurver 51 og 52 refererer til glasfiber-lysbølgeledereksempler, hvis kapper hver især har en udvendig diameter på ca. 130µ, og hvis kernediameter d andrager ca. 50µ. Kurven 51 viser koblingstabene i afhængighed af afstanden s i tilfælde af plane endeflader, mellem hvilke der befinder sig luft som koblingsmedium. Ifølge kurve 51 forøges koblingstabene V, når afstanden s (den optiske vejlængde) bliver større. I den til grund for kurven 52 liggende koblingsopstilling er lysledernes endeflader smeltet til sfæriske linser, hvis krumningsradius tilnærmelsesvis er lig med det halve af kappens udvendige diameter. Kurven 52 viser et tydeligt minimum af koblingstabene V, som omtrentligt ligger ved den normerede afstand $s/d = 2,4$.

I et optisk forgreningsled som vist i fig. 1 er det af konstruktive grunde ikke muligt at gøre den optiske vejlængde mellem de plane endeflader 13 og 33 mindre end vejlængden svarende til den normerede afstand $s/d = 1,2$. Ifølge fig. 5 fremkommer der ud fra kurven 51 for denne værdi et koblingstab V på ca. 0,9 dB. Hvis endefladerne derimod er smeltet til sfæriske linser, er det ifølge kurve 52 hensigts-

mæssigt at vælge en normeret afstand s/d = 2,4, hvor koblingstabet kun andrager 0,6 dB. Dette resulterer i en fordoblet optisk vejlængde, der i et i overensstemmelse med fig. 3 opbygget forgreningsled væsentligt forenkler den mekaniske konstruktion og den optiske justering. Desuden er det muligt at vælge vinklen 2α mellem akserne 11 og 31 mindre end 90^0. En sådan opstilling bringer den yderligere fordel, at de anvendte interferensfiltre fungerer mere selektivt, for ved interferensfiltre er det hensigtsmæssigt at vælge lysets indfaldsvinkel mindst mulig.

Ifølge fig. 4 er det derudover muligt at formindske vinklen 2α yderligere ved, at den udvendige diameter af lysbølgeledernes kapper formindskes i området for linserne 131 og 331, f.eks. ved ætsning.

Lysledere med påsmeltede linser er tilsvarende anvendelige i et forgreningsled som vist i fig. 2.

Til yderligere formindskelse af koblingstabene er det hensigtsmæssigt at belægge de rummet 40 begrænsende endeflader og/eller linser med en såkaldt antirefleksbelægning for det anvendte lys.

I et yderligere udførelseseksempel, som ikke er vist, er mindst én rummet 40 begrænsende lyslederfiber erstattet af mindst én fotodetektor, eksempelvis en fotodiode. Med en sådan opstilling er det eksempelvis muligt at måle og/eller regulere intensiteten af det i en lyslederfiber indkoblede lys.

P A T E N T K R A V

1. Optisk forgreningsled bestående af mindst tre lysledere (10,20,30), som er anbragt således, at deres optiske akser (11,21,31) skærer hinanden i mindst ét punkt (22), som ligger på en lysleders (20) endeflade (23), hvorpå der er påført et reflekterende lag (24), som delvis reflekterer og delvis overfører lys, som kommer fra en sendelysleder (10), k e n d e t e g n e t ved, at lysledernes (10,20,30) endeflader (13,23,33) begrænser et rum (40), som er faststof- og fluidumfrit, at laget (24) er påført på endefladen (23) på den lysleder, som i lysstrømretningen følger efter sendelyslederen (10), og at denne endeflade (23) hælder under dannelse af en vinkel (γ) med den optiske akse (21) på en sådan måde, at fra sendelyslederen kommende lys, som falder ind på endefladen (23), indkobles i lysbølgelederen (20), og det af laget (24) reflekterede lys når ind i den yderligere lysleder (30).

2. Forgreningsled ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at en sendelysleder og mindst tre yderligere lysledere er placeret stjerneformet, og at der på de yderligere lysledere mod hinanden vendende endeflader er påført et delvis reflekterende delvis overførende lag.

3. Forgreningsled ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at rummet (40) er fyldt med luft.

4. Forgreningsled ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at laget (24) og/eller vinklen (γ) er udformet således, at indfaldende lys polariseres.

5. Forgreningsled ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at der på mindst én flade, som begrænser et rum (40) og rammes af lyset, findes en fotodetektor.

6. Forgreningsled ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at en lysbølgeleder (10) er udført som lyslederfiber, der har en kerne (16) og en kappe (17).

7. Forgreningsled ifølge krav 6, k e n d e t e g n e t ved, at en lysleder (30) er udført som monomode-lyslederfiber.

8. Forgreningsled ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at mindst to lysledere er sammenfattet til en integreret optisk komponent.

9. Forgreningsled ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at laget (24) er udført som dichroitisk lag.

10. Forgreningsled ifølge krav 9, k e n d e t e g n e t ved, at laget (24) er udformet som optisk filterlag.

11. Forgreningsled ifølge krav 10, k e n d e t e g n e t ved, at laget (24) er udformet som kantfilterlag.

12. Forgreningsled ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at den ene endeflade på en lysleder (10) er smeltet til en optisk linse (131), (fig. 3).

13. Forgreningsled ifølge krav 12, k e n d e t e g n e t ved, at der findes mindst to lysledere (10, 30), hvis ender er smeltet til optiske linser (131,331), og at den mellem linserne (131,331) forhåndenværende optiske vejlængde (S) er valgt således, at det over denne overførte lys har minimale koblingstab (fig. 5).

14. Forgreningsled ifølge krav 12 eller 13, k e n d e t e g n e t ved, at det udvendige tværmål af mindst én lysleder (10) i området ved endefladen, der kan være udformet som linse (131), er formindsket til værdier, som ligger mellem lyslederens kerne- og kappetværmål (fig. 4).

15. Forgreningsled ifølge et eller flere af kravene 12-14, k e n d e t e g n e t ved, at den optiske linse (131,331) i det væsentlige er udført sfærisk.

16. Forgreningsled ifølge krav 15, k e n d e t e g n e t ved, at den sfærisk udformede linse (131, 331) har en linseradius, der i det væsentlige svarer til det halve af lyslederens (10) udvendige tværmål (fig. 3).

17. Forgreningsled ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at mindst én endeflade, der muligvis er udformet som linse, er forsynet med en antirefleksbelægning for det anvendte lys.

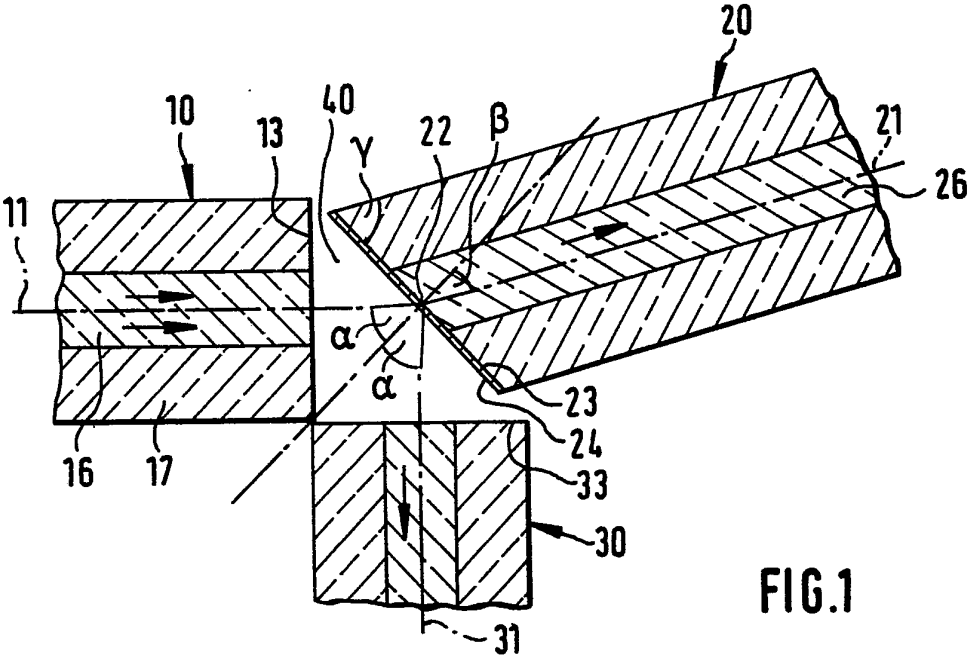

FIG.1

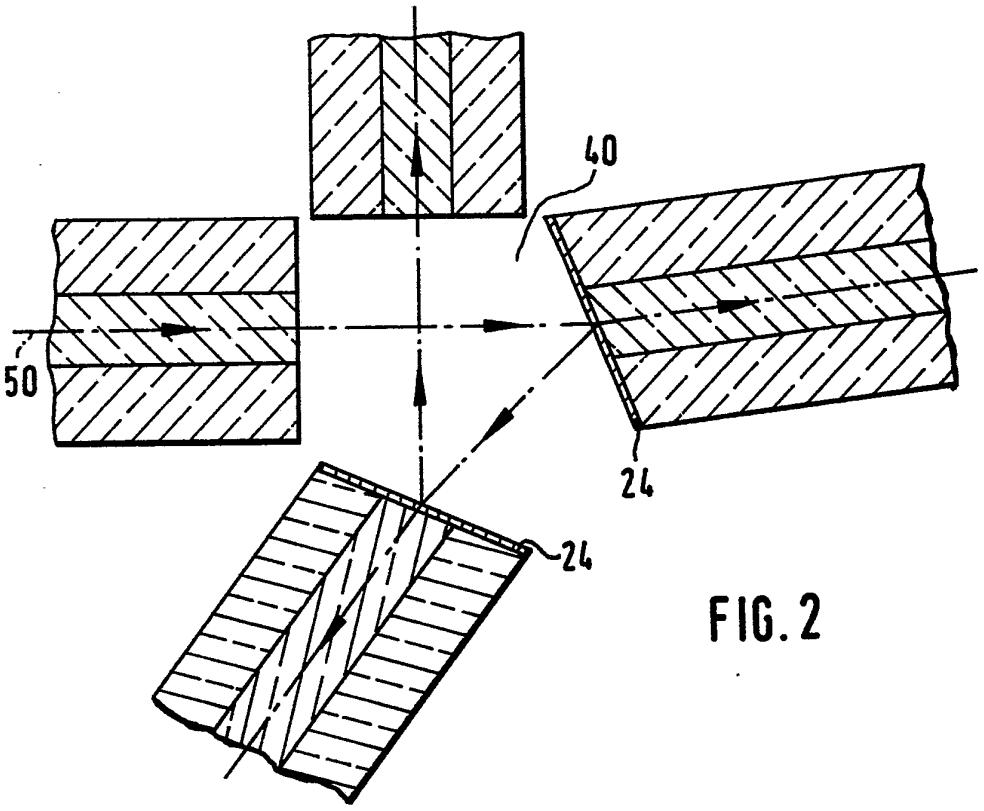

FIG. 2

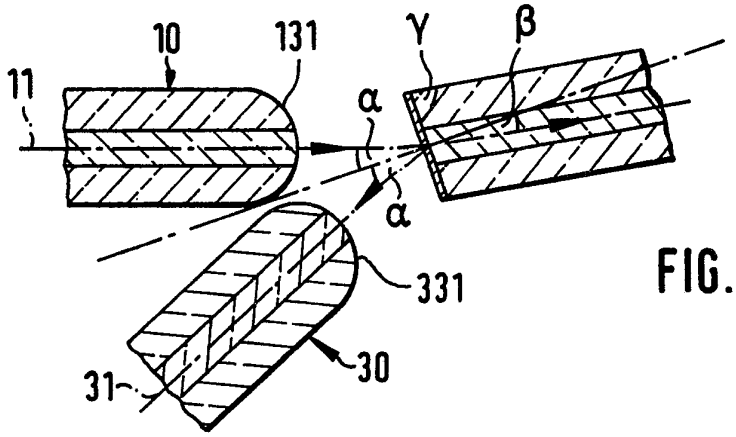

FIG.3

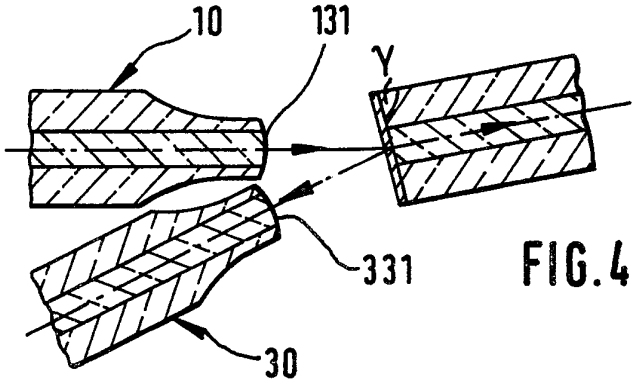

FIG.4

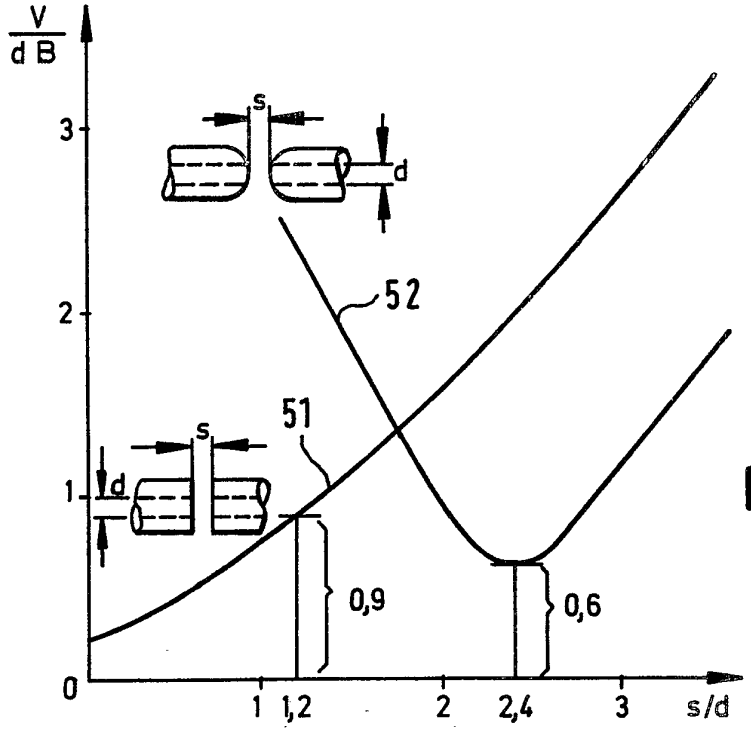

FIG.5