



SUOMI—FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

[B] (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLÄGGNINGSSKRIFT 68605

C (45) Patentti myönnetty 10 10 1985
Patent meddelat

(51) Kv.Ik.4/Int.Cl.4 C 03 B 37/012, 37/023
// C 03 C 25/02, G 02 B 6/22

(21) Patentihakemus — Patentansökning 812105

(22) Hakemispäivä — Ansökningsdag 03.07.81

(23) Alkupäivä — Giltighetsdag 03.07.81

(41) Tullut julkiseksi — Blivit offentlig 04.01.82

(44) Nähtäväksi panon ja kuul.julkaisun pvm. —
Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad 28.06.85

(86) Kv. hakemus — Int. ansökan

(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus — Begärd prioritet 03.07.80

USA(US) 165652 Toteennäytetty-Styrkt

- (71) Corning Glass Works, Houghton Park, Corning, New York 14830, USA(US)
(72) Alan Curtis Bailey, Painted Post, New York, Alan John Morrow, Elmira, New York, USA(US)
(74) Oy Kolster Ab
(54) Optinen aaltoputkinokiaihio, siitä valmistettuja optisia kuituja ja menetelmä nokiaihion valmistamiseksi - Sotrörform för optisk vågledare, optiska fibrer producerade därav och metod för framställning av sotrör-formen

(57) Tiivistelmä

Esitetään optinen aaltoputkinokiaihio, siitä saatu kuitu ja valmistusmenetelmä. Voittava ongelma on kaasukuplien muodostuminen, jota voi tapahtua poistettaessa tuurna nokiaihioista, suljettaessa nokiaihion aukko tai vedettäessä lujittamatonta nokiaihiota kuiduksi. Tämä ongelma ratkaistaan aikaansaamalla tuurnan (12) pinnalle ohut kerros (19) lasinokaa, jolla on alhainen viskositeetti, jolloin ensimmäinen (10) ja toinen (22) lasinoki-päällyste kerrostetaan tämän ohuen kerroksen pinnalle muodostamaan huokoinen aihio, jolloin ensimmäisen päällysteen (10) nokiosasten valontaitekerroin on suurempi kuin toisen päällysteen (22) noen valontaitekerroin ja ensimmäisen päällysteen noen viskositeetti on pienempi kuin toisen päällysteen viskositeetti, ja nokiaihio saatetaan korkeaan lämpötilaan tuurnan poistamisen jälkeen, jolloin, nokiaihion lujittamiseksi tiiviin lasiaihion muotoon, aihion aukko sulkeutuu lujitusprosessin aikana lasin pintajännityksen ja aihion sisä- ja ulko-osien suhteellisten viskositeettien vaikutuksesta, ja jolloin ohut kerros, joka edullisesti sisältää P_2O_5 , tasoitaa vaurioitumista, jota voi aiheutua tuurnan poistamisesta, ja vähentää tai poistaa kaasukuplien muodostumisen syntyneen lasiaihion akselilla, joka lasiaihio voidaan sitten, jos niin halutaan, kuumentaa ja vetää kuiduksi, tai se voidaan leikata optisiksi ikkunoiksi, linssiksi jne.

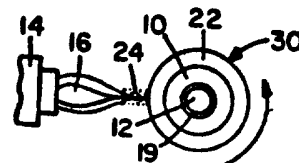


Fig. 2

(57) Sammandrag

Det framställs en sotförform av en optisk vågledare, fiber därav och en produktionsmetod. Problemet som skall övervinnas är bildandet av gasdubblor, vilka kan ske då dornen avlägsnas från sotförformen, vid tillslutning av öppningen av sotförformen eller då en okonsoliderad sotförform dras till en fiber. Detta problem löses genom att åstadkomma ett tunnt skikt (19) av glassot med låg viskositet på ytan av dornen (12), varvid en första (10) och en andra beläggning (22) av glassot avlagras på ytan av det tunna skiktet för att bilda en porös förform, varvid refraktionsindexet av sotpartiklarna av den första beläggningen (10) är större än refraktionsindexet av sotet av den andra beläggningen (22) och sotet av den första beläggningen har en viskositet lägre än viskositeten av den andra beläggningen, och sotförformen utsätts för en hög temperatur efter avlägsnandet av dornen, varvid, för att konsolidera sotförformen i form av en tät glasförform, öppningen i förformen tillslutes under konsolideringsprocessen på grund av glasets ytspänning och de relativa viskositeterna av de inre och yttre delarna av förformen, och det tunna skiktet, som företrädesvis innehåller P_2O_5 , utjämnar skadorna, vilka förorsakas av avlägsnandet av dornen, och reducerar eller eliminerar bildandet av gas bubblor vid axeln av den resulterande glasförformen, vilken sedan, om så önskas, upphettas och dras till en fiber eller skärs till optiska fönster, linsar eller dylikt.

Optinen aaltoputkinokiaihio, siitä valmistettuja optisia kuituja ja menetelmä nokiaihion valmistamiseksi

Keksinnön kohteena on optinen aaltoputkinokiaihio sekä siitä valmistettuja optisia aaltoputkikuituja, joilla on parannettu yhdistelmäprofiili, ja menetelmä nokiaihion valmistamiseksi. Erityisesti tämän keksinnön kohteena on aihio, jolla on sellainen yhdistelmäprofiili, että aihioaukko voidaan helposti sulkea kaasukuplista vapaan alkuaihion muodostamiseksi noen lujittumisprosessin aikana tai kuidunvetoprosessin aikana suoraan nokiaihioista.

Tiettyjä lasinvalmistusprosesseja, erityisesti höyrysaostusprosesseja, on yleisesti käytetty muodostettaessa optisia aaltoputkiaihioita. Eräässä tällaisessa menetelmässä, jota nimitetään liekkihiydrolyysimenetelmäksi, tartutetaan joukko aineosia höyryn muodossa kaasumaiseen väliaineeseen ennalta määritetyissä määrissä ja hapetetaan senjälkeen liekissä muodostamaan nokea, jolla on ennalta määrätty koostumus. Noki levitetään pyörivän sylinterimäisen tuurnan tai alotuselimen pinnalle. Senjälkeen kun ensimmäinen nokipäällystys on kerrostettu sisuslasin muodostamiseksi, muutetaan noen koostumusta kuorilasipäällysteen muodostamiseksi. Tähän asti tuurna on tavallisesti poistettu ja nokiaihio on sintrattu muodostamaan lujitettu lasinvetoaihio, joka on vapaa hiukkasrajoista. Syntynyt sylinterimäinen, ontto vetoaihio kuumennetaan lämpötilaan, jossa aineksella on riittävän alhainen viskositeetti vetoa varten ja vedetään sen läpimitan pienentämiseksi kunnes ontton elimen sisäseinät sortuvat. Jatkettu veto pienentää edelleen läpimittaa kunnes muodostuu optinen aaltoputkikuitu, jolla on halutut ulottuvuudet. Erilaisia menetelmiä, joissa käytetään liekkihiydrolyysimenetelmää lasisten optisten aaltoputkikuitujen muodostamiseksi, esitetään

US-patenteissa Re. 28 029; 3 711 262; 3 737 293; 3 823 995 ja 3 826 560, kahden viimeksimainitun patentin kohdistuessa gradientti-indeksi-aaltoputkien muodostamiseen.

On tunnettua, että lujitettu vetoaihio muodostuu
5 pitkittäisen aukon sisältävänä, joka aiheutuu tuurnan poistamisesta, koska aihion sisusalueen laajenemiskerroin on suurempi kuin kuorialueen laajenemiskerroin (mikä johtuu kuorialueeseen lisätyistä seostusaineista sen valontaitekertoimen suurentamiseksi), että kun aihio jäähtyy,
10 lujittamisen jälkeen, joutuu keskusalue jännitystilaan. Aukko aihion keskellä edustaa siten vapaata pintaa suuren vetovoiman alueella, jossa murtumat helposti saavat alkunsa.

US-patentin 4 251 251 menetelmässä tuurna poistetaan ja syntynyt ontto nokiaihio saatetaan suhteellisen
15 korkeaan lujittamislämpötilaan. Kun aihiota kuumennetaan, noki lujittuu ja, johtuen sisus- ja kuoriainesten ennalta määrätyistä suhteellisista viskositeeteista, aukko sulkeutuu. Spesifisemmin US-patentti 4 251 251 esittää, että
20 aukon sulkeutumisprosessi helpottuu valitsemalla sisus- ja kuoriainekset niin, että sisuksen viskositeetin suhde kuoren viskositeettiin, suhde V_1/V_2 on $1/2$ tai pienempi, jolloin niinkin alhaiset suhteet kuin $1/2000$ ovat toimivia.

US-patentissa 4 251 251 esitetään myös, että on
25 huolehdittava aihiolle tehdyn vahingon pienentämisestä, kun tuurnaa poistetaan, koska tällainen vaurioituminen saattaa johtaa kaasukuplien muodostukseen syntyneen lujitetun vetoaihion keskustassa. Olemme nyt havainneet, että aukon vaurioitumista voidaan vähentää muodostamalla pehmeä erotuskerros tuurnan pinnalle ja muodostamalla sen
30 jälkeen aihio kovasta ydinnoesta, sillä ehdolla, että pehmeällä nokikerroksella on alhaisempi viskositeetti kuin kovalla ydinnoella. Tämä erotuskerros voi olla pehmeätä nokea, hiiltä tms. Menetelmä tuurnan päällystämiseksi
35 si hiilellä on esitetty E.K.Dominick'ille et al. myönte-tyssä US-patentissa 4 204 850.

Silloinkin kun edellä mainittuihin varotoimenpiteisiin on ryhdytty saattaa kaasukuplia muodostua pitkin lujitetun alkuaihion keskiviivaa, kun aukko sulkeutuu lujittamisen aikana. Taipumus tällaisten keskiviivan kaasukuplien syntymiseen riippuu mm. lasin koostumuksesta. Tiettyjä lasiyhdistelmiä, jotka pystyvät antamaan halutut optiset ominaisuudet, ei voitu käyttää nokiaihioiden muodostamisessa, jossa aukko oli suljettava lujittamisen aikana, mikä johtui taipumuksesta keskiviivan kaasukuplien muodostumiseen.

10 US-patentti 4 157 906 käsittää lujittamattoman nokiaihion vetämisen suoraan kuiduksi. Myös tässä menetelmässä on koettu keskiviivan kaasukuplaongelmia.

Tämän keksinnön kohteena on ratkaisu kaasukuplien muodostumisongelmaan, jota kuplan muodostusta saattaa esiintyä poistettaessa tuurna nokiaihiosta, kun nokiaihion aukko on sulkeutunut (US-patentti 4 251 251) tai kun lujittamatonta nokiaihiota vedetään kuiduksi (US-patentti 4 157 906).

Edellä mainittu ongelma ratkaistaan keksinnön mukaisella menetelmällä, jossa muodostetaan ensimmäinen ja toinen päällyste lasinoesta olennaisesti lieriömäiselle karalle, jolloin toisen päällysteen lasinoen valontaittokerroin on pienempi kuin ensimmäisen päällysteen lasinoen valontaittokerroin ja viskositeetti V_2 on korkeampi kuin ensimmäisen päällysteen viskositeetti V_1 , ja poistetaan kara nokiaihion muodostamiseksi, jossa on aukko. Menetelmälle on tunnusomaista se, että karalle levitetään ennen ensimmäisen päällysteen muodostamista jatkuva kerros alhaisen viskositeetin omaavaa lasinokea, johon sisältyy viskositeettiä alentava oksidi, jolloin kerroksen viskositeetti V_3 on alhaisempi kuin molemmat viskositeetit V_1 ja V_2 , jotka on määritetty siinä lämpötilassa, jossa toisen päällysteen lasinoen viskositeetti on 10^{10} poisia, ja kerroksen paksuus on riittävän suuri niin, että jatkuva kerros alhaisen viskositeetin omaavaa ainetta jää ensimmäisen päällysteen sisäpinnalle sen jälkeen kun karanpoistovaihe on suoritettu,

ja ensimmäinen päällyste aikaansaadaan mainitun kerroksen ulkokehäpinnalle.

Tämän menetelmän mukaan valmistetulle optiselle aaltoputkiaihiolle ovat tunnusomaisia patenttivaatimuksen 1
5 tunnusmerkkiosassa esitetyt piirteet ja valmiille kuidulle tunnusomaiset piirteet käyvät ilmi vaatimuksen 6 tunnusmerkkiosasta.

Keksinnön tavoitteet ja edut käyvät ilmi seuraavasta keksinnön yksityiskohtaisesta selostuksesta.

10 Piirroksista esittävät kuviot 1 ja 2 nokiaihion muodostamista tuurnalle.

Kuvio 3 on graafinen kaavio, joka esittää seostusoksidien pitoisuutta alkuaihion säteen funktiona keksinnön mukaisesti muodostetun aihion sisusosassa.

15 Kuvio 4 on graafinen kaavio, joka esittää valontaittoerointa säteen funktiona kuidussa, joka on vedetty aihioista, jonka sisuksen seostusainepitoisuus on esitetty kuviossa 3.

20 Kuvio 5 on graafinen kaavio, joka esittää erään toisen sisuksen pitoisuusprofiilin tämän keksinnön mukaisesti.

Kuvio 6 on graafinen kaavio, joka esittää valontaittoerointa säteen funktiona kuidussa, joka on vedetty aihioista, jonka sisuksen seostusainepitoisuus on esitetty kuviossa 5.

25 Kuvio 7 on kaavamainen esitys lujitusuunista ja lujitusatmosfäärisysteemistä.

Kuvio 8 on graafinen kaavio, joka esittää tyypillisen lujitusuunin lämpötilaprofiilia.

30 On huomattava, että piirrokset ovat kuvaavia ja symbolisia keksinnölle eikä ole tarkoitus osoittaa mittakaavaa tai siinä esitettyjen elementtien suhteellisia suhteita.

35 Optisia aaltoputkinokiaihioita valmistetaan tavanomaisesti kuvioissa 1 ja 2 kuvattujen menetelmien mukaisesti. Lasinokipäällyste 10 levitetään sylinterimäiselle tuurnalle 12 liekkihydrolyysipolttimen 14 avulla. Sopiva poltin, joka on esitetty D.R. Powers'ille myönnettyssä US-patentissa nr 4 165 223, käsittää poltin-

etulevyn, jossa on keskusaukko, jota ympäröi joukko aukkojen muodostamia samankeskeisiä renkaita. Poltto-kaasu ja happea tai ilmaa syötetään polttimeen 14 johdon 11 kautta ja syntynyt seos virtaa ulos yhdestä aukkojen muodostamista renkaista poltinetulevyllä. Tätä seosta poltetaan antamaan liekki 16. Johdon 17 kautta syötetty kaasu/höyry-seos virtaa ulos keskellä sijaitsevista poltinaukosta ja hapettuu liekissä 16 muodostamaan lasinoen, joka poistuu liekistä virrassa 18, joka suunnataan kohti tuurnaa 12. Aukkojen muodostamaa rengasta, jonka säde on pienempi kuin poltinaukkojen muodostaman renkaan säde, nimitetään sisäkupuaukoiksi, ja aukkojen muodostamaa rengasta, jonka säde on suurempi kuin poltinaukkojen muodostaman renkaan säde, nimitetään ulkokupuaukoiksi. Happea johdetaan sisä- ja ulkokupuaukoihin johtoja 13 ja 15 pitkin, vastaavasti. Tuurnaa 12 on tuettu varren 20 avulla ja sitä pyöritetään ja siirretään kuten sen lähellä olevilla nuolilla kuviossa 1 osoitetaan noen tasaista kerrostumista varten. Tätä menetelmää voidaan käyttää tuottamaan joko porrasindeksi- tai gradientti-indeksi-aaltoputkia.

Toinen nokipäällyste 22 levitetään ensimmäisen päällysteen 10 ulkokehäpinnalle, kuten kuviossa 2 on esitetty. Hyvin tunnetun käytännön mukaisesti päällysteen 22 valontaitekerroin tehdään pienemmäksi kuin päällysteen 10 valontaitekerroin muuttamalla liekissä 16 tuotetun noen 24 koostumusta. Tämä voidaan suorittaa muuttamalla liekkiin tuotavan seostusaineen pitoisuutta tai tyyppiä tai jättämällä seostusaine pois. Tuurnaa 12 pyöritetään ja siirretään jälleen päällysteen 22 tasaisten kerrostumisen aikaansaamiseksi, jolloin yhdistelmä rakenne käsittää ensimmäisen päällysteen 10 ja toisen päällysteen 22, jotka muodostavat optisen aaltoputkinokiaihion 30.

Alan aikaisemmat lukuiset reaktantin syöttöjärjestelmät ovat sopivia kaasujen ja reagoivien aineiden

aineiden höyryjen syöttämiseksi johtoon 17. Tässä suhteessa viitataan US-patenttien nro 3 826 560;

4 148 621 ja 4 173 305 esityksiin. Kuviossa 1 esitetys-
sä järjestelmässä, joka on käyttökelpoisia järjestel-
miä kuvaava, virtausmittareita edustaa ympyrä, jossa
5 on "F"-kirjain. Happilähde 21 on virtausmittarilla 23
yhdistetty sisääntuloputkeen 17 ja virtausmittareilla
26, 28 ja 30 vastaavasti säiliöihin 32, 34 ja 36. Säi-
liöt 32, 34 ja 36 sisältävät normaalisti nestemäisiä
10 reagoivia aineita, jotka tuodaan putkeen 17 pulputta-
malla happea tai muuta sopivaa kanninkaasua niiden
läpi. Kuviossa ei näy sekoitusventtiilien ja sulku-
venttiilien järjestelyä, joita voidaan käyttää virtaus-
ten mittaamiseen ja muiden tarpeellisten säätöjen teke-
miseen yhdistelmässä.

Optisten aaltoputkein valmistuksessa tulisi aal-
toputken sisus ja kuori valmistaa lasista, jolla on
mahdollisimman pienet valonvaimennusominaisuudet, ja
vaikka voidaan käyttää mitä tahansa optista lasilaatua
20 on valukvartsi erityisen sopiva lasi. Rakenteellisista
ja muista käytännön syistä on toivottavaa, että sisus-
ja kuorilaseilla on samanlaiset fysikaaliset ominai-
suudet. Koska sisuslasilla täytyy olla suurempi valontai-
tekerroin kuin kuorella oikeaa toimintaa varten, muo-
25 dostetaan sisuslasi edullisesti samantyyppisestä lasis-
ta, jota käytettiin kuorta varten ja seostetaan pienellä
määrällä jotakin muuta ainetta sen valontaitekertoimie
lievästi suurentamiseksi. Jos esimerkiksi käytetään
puhdasta valukvartsia kuorilasina, voi sisuslasi olla
30 valukvartsia, joka on saostettu jollakin aineella sen
valontaitekertoimen suurentamiseksi. Monia sopivia
aineita on käytetty saostusaineina yksinään tai yhdessä
muiden kanssa valukvartsin valontaitekertoimen suurenta-
miseksi. Näitä ovat, mutta ne eivät rajoitu niihin,
35 titaanioksidi, tantalioksidi, aluminiumoksidi, lantani-

oksidi, fosforioksidi ja germaniumoksidi.

Tuurna voidaan poistaa nokiaihiosta pelkästään mekaanisesti kiertämällä ja vetämällä se aihioista. Tämä täytyy tehdä varoen niin, että aihion vaurioituminen on
5 mahdollisimman vähäistä tuurnaa poistettaessa.

Kaasukuplien muodostumisen vähentämiseksi tai poistamiseksi vaihdeiden aikana, joissa tuurna poistetaan nokiaihiosta ja sitten samanaikaisesti lujitetaan nokiaihio ja suljetaan siinä oleva aukko, tai kuidunvetoprosessin aikana siitä, on tässä keksinnössä ajateltu muodostaa ohut kerros 19 alhaisen viskositeetin omaavasta noesta tuurnalle ennen ensimmäisen päällysteen 10 muodostamista. Koska tämän ohuen nokikerroksen viskositeetti on merotitävästi pienempi kuin aihion
15 muun osan, uskotaan, että se saa aikaan tasoittumista epäsäännöllisyyksissä ja värinävaurioissa, joka normaalisti sulkisi kaasukuplia sisään aukon sulkemisen aikana. Pienviskoosisen nokikerroksen täytyy olla riittävän paksu, niin että sitä jää yhtenäinen kerros tuurnan poistamisen jälkeen. Jos pienviskoosinen nokikerros on liian ohut, siitä hankautuu alueita täydellisesti poist tuurnan poiston aikana luoden siten mahdollisuuden kaasukuplien muodostumiselle lasivetoaihion
20 tällä alueella. Uskotaan, että niinkin alhaiset kerrospaksuudet kuin 0,15 mm ovat tehokkaita. Kuitenkin, sen mahdollisuuden välttämiseksi, että tuurnan poistosta aiheutunut nokiaihion liiallinen vaurioituminen saat-
25 taa poistaa osan pienviskoosisesta noesta, on kerroksen minimipaksuus 0,3 mm edullinen. Kerrospaksuuden tulisi olla niin pieni kuin mahdollista ja silti vielä olla tehokas. Itseasiassa käytetty kerroksen maksimipaksuus oli 0,6 mm, mutta se voisi olla suurempi kuin tämä arvo. On edullista, että kerros irrotusainesta, kuten hiilikerros, joka esitettiin edellä mainitussa
30 Dominick'in et al. patentissa, aluksi levitetään tuurnalle pienviskoosisen kerroksen vaurioitumisen vä-

hentämiseksi.

Pienviskoosisen nokikerroksen muodostamiseksi käytetään jotakin oksidia, kuten P_2O_5 , B_2O_3 tms. Jos SiO_2 on sisuksen peruslasi, johon seostus-oksidi on
5 lisätty valontaitekertoimen suurentamistarkoituksessa, silloin viskositeettiä alentavaa oksidia voidaan käyttää seostusoksidin lisäksi tai sen asemesta. On selvää, että viskositeettiä alentavan oksidin täytyy noudattaa tässä edellä esitettyä pakkovaatimusta, ts. että synty-
10 vällä lasilla on pienimmät mahdolliset valonvaimennusominaisuudet. Lasin täytyy siis myös olla sopivaa muovattavaksi halutuksi optiseksi tuotteeksi.

Jos viskositeettiä alentavaa oksidia käytetään saostus-oksidin asemasta ohuessa kerroksessa, voi tyn-
15 tyneen kuidun valontaitekerroinprofiili sisältää aleneman akselilla. Esimerkiksi, gradientti-indeksi-kuidun sisus voidaan muodostaa SiO_2 :sta, joka sisältää seostusainetta GeO_2 valontaitekertoimen suurentamiseksi, jolloin läsnäolevan GeO_2 :n prosenttiosuus kasvaa
20 pienenevän säteen mukana, kuten kuvion 3 käyrä 40 esittää. Jos P_2O_5 :lla seostettua ohutta SiO_2 -kerrosta käytetään nokiaihion keskustassa, kuten käyrä 42 esittää, on syntyneen kuidun valontaitekerroin kuvion 4 mukainen. Alenema valontaitekerroinkäyrän keskustassa vaikuttaa
25 kuidun kaistaleveyttä alentavasti, mikä on ei-toivottu vaikutus tiettyjä käyttötarkoituksia varten.

Alenema valontaitekerroinkäyrän keskustassa voidaan poistaa asiallisesti käyttämällä valontaitekerrointa suurentavaa seostus-oksidia viskositeettiä
30 alentavan oksidin lisäksi. Esimerkiksi, alhaisen viskositeetin omaava ohut lasikerros voi olla SiO_2 , joka on seostettu riittävällä määrällä GeO_2 ja P_2O_5 , kuten kuviossa 5 on esitetty, niin että tämän kerroksen valontaitekerroin on jatke sisuksen viereisen osan valontaitekertoimelle, kuten kuviossa 6 on esitetty.
35

Kun P_2O_5 :n lisäksi käytetään jotakin muuta oksidia, täytyy P_2O_5 :n määrää vastaavasti lisätä antamaan riittävän alhainen viskositeetti kaasukuplien muodostumisen estämiseksi lopullisessa tuotteessa. Jos kerrokseen lisätään pieni määrä GeO_2 , silloin P_2O_5 :n määrää
 5 siinä täytyy hieman lisätä, jolloin viskositeettiä alentavan seostusaineen määrä kasvaa, kun muiden seostusaineiden määrä kasvaa. Esimerkiksi, kun kerros sisälsi myös 10 paino-% GeO_2 , tarvittiin 15 paino-% P_2O_5 .

Nokiaihion toinen pää voidaan kiinnittää varteen
 10 ja tukea tavanomaiseen vetouuniin US-patentin 4 157 906 oppien mukaisesti. Voidaan käyttää uunia, jollainen on esitetty US-patentissa nro 4 126 436. Aihio syötetään uunin kuumaan vyöhykkeeseen, jolloin noki alkaa lujittua. Lämpötila kuumassa vyöhykkeessä on edullisesti
 15 sellainen, että sisulasin viskositeetti on välillä $10^8 - 10^3$ poisia. Haluttu viskositeetti riippuu säikeen vetonopeudesta. Lujitetun lasiaihion kärkeä kosketetaan vähäisesti venyvän lasisauvan päällä säikeenvedon aloittamiseksi. Aihiota syötetään jatkuvasti uunin kuumaan
 20 vyöhykkeeseen, jossa se jatkuvasti lujittuu runsaasti heliumia sisältävässä atmosfäärissä ja vedetään säikeeksi. Erilaisia kaasuja, kuten heliumia, klooria tms. johdetaan aihioaukkoon veden poistamiseksi noesta ja huuhtelukaasuja, kuten heliumia, happea, typpeä jne.
 25 johdetaan uunin läpi veden aikana.

Nokiaihio voitaisiin myös lujittaa erikseen US-patentin 4 251 251 menetelmän mukaisesti ja senjälkeen vetää kuiduksi. Aihion 30 lujittamiseksi se ripustetaan putkimaiseen kannattimeen 50, kuten kuviossa 7
 30 on esitetty. Kaksi platinalankaa, joista ainoastaan lanka 52 on esitetty, työntyvät esiin aihion 30 läpi aukon 54 vastakkaisilla puolilla ja ne on kiinnitetty kannattimeen 50 aivan ulkoneman 56 yläpuolelle. Vaikka kaasunjohtoputken 58 pään on esitetty työntyvän esiin
 35 putkimaisesta kannattimesta 50 ja aihion 30 viereiseen

päähän, tämän keksinnön tietyissä suoritusmuodoissa ei tarvita putkea 58. Aihio voitaisiin ripustaa myös itsenäisestä varresta, joka muodostaa osan tuurnaa tukevasta rakenteesta nokea kerrostettaessa. Tällainen itsenäinen varsi on esitetty A.C.Bailey'n et al. käsittelynalaisessa patenttihakemuksessa S.N. 165 649, jonka otsikkona on "Support Member for an Optical Waveguide Preform", jätetty samalla päivämäärällä kuin tämä hakemus.

10 Uunin 60 pystysuorat sivuseinät on leikattu osoittamaan, että sen suhteellinen syvyys on suurempi kuin mitä on esitetty. Uunin pituus on tavallisesti n. 2-4 kertaa aihion pituus. Kuten kuviossa 8, jossa t ja b tarkoittavat, vastaavasti, uunin yläpäättä ja
15 pohjaa, on esitetty, on maksimilämpötila lähellä uunin keskustaa. Siten aihio voitaisiin saattaa esimerkiksi 1500°C:n maksimilämpötilaan uunin keskiosassa ja n. 500°C:n lämpötilaan sen yläpäässä tai pohjalla.

Kuviossa 7 virtausmittarit on kaavamaisesti
20 esitetty ympyrässä olevalla "F"-kirjaimella ja muut komponentit, kuten virtausäätimet ja venttiilit on jätetty pois. Hapen ja heliumin lähteet 66 ja vastaavasti 68 kuvaavat kaasuja, joita voidaan käyttää lujitusatmosfäärinä. Nämä kaasut voidaan yhdistää johdolla
25 70 aukkoihin 72 uunin 60 pohjassa. Aaltoilevat nuolet 74 edustavat lujitusatmosfäärikaasun virtausta aukoista.

Jos nokiaihioista on poistettava vettä lujitusprosessin aikana, yhdistetään kuivauskaasujen lähde
30 putkeen 58. US-patenttien nro 3 933 454 ja 4 165 223 esitysten mukaisesti heliumia ja halogeenia, edullisesti klooria, joita syötetään lähteistä 80 ja vastavasti 82, voidaan johdolla 86 kytkeä kaasunjohtoputkeen 58. Tulppa 88, jossa on pieni läpikulkeva reikä, pannaan aukon 54 päähän parantamaan kuivauskaasujen vir-
35 tausta aihion huokosten läpi. Tulpassa oleva reikä sal-

lii johtojen ja aukon huuhtelun jäämäkaasuista, niin että kuivauskaasuseos voi nopeammin täyttää aihioaukon. On käytetty piidioksidista ja boorisilikaattilasista tehtyjä tulppia.

5 Aihiota lujitetaan tuomalla sitä asteittain uuniin 60 kuten nuolella 62 osoitetaan. Aihio täytyy saattaa gradientti-lujitukseen, menetelmä, joka on esitetty edellä mainitussa US-patentissa nro 3 806 570, jolloin aihion pohjakärki alkaa ensimmäisenä lujittua ja lujittuminen jatkuu ylöspäin pitkin aihiota kunnes
10 se saavuttaa sen putkimaiseen kannattimeen 50 rajoittuvan pään. Tämän keksinnön lujitusvaihe suoritetaan tavallisesti alemmalla nopeudella kuin tavanomaiset lujitusprosessit, joissa aihioaukko ei sulkeudu.

15 Lujittuminen voi tapahtua erilaisissa tekniikan tasolla kuvatuissa atmosfääreissä. US-patentin nro 3 933 454 esisteyn mukaisesti se voi käsittää atmosfääriä, joka sisältää runsaasti heliumia, joka voi helposti kulkea huokoisen noki-aihion huokosten läpi
20 jäämäkaasun huuhtomiseksi niistä. Käsite "runsaasti heliumia sisältävä atmosfääri" kuten sitä tässä käytetään, tarkoittaa atmosfääriä, joka sisältää ainakin 90 % heliumia. Muita kaasuja, kuten happea, typpeä, argonia, neonia ja niiden seoksia voidaan käyttää kaasujen huuhtelemiseksi aihioista lujituksen aikana.

25 US-patentin 4 251 251 esitysten mukaisesti aukon sulkkeutumisprosessi helpottuu valitsemalla sisuspäälyksen 10 ja kuoripäälysteen 22 koostumukset niin, että sisuksen viskositeetin suhde kuoren viskositeettiin, V_1/V_2 , on $1/2$ tai pienempi. Käyttämällä lisäksi ohutta kerrosta 19 pienviskoosista nokea aukon muodostavana pintana tuurnan poistosta aiheutuvasta vaurioitumisesta selviydytään ja keskiviivan kaasukuplat vähenevät tai jäävät kokonaan pois. Tämän kerroksen
30 viskositeetin V_3 tulisi olla sellainen, että suhde V_3/V_1 on pienempi kuin $1/10$.

Lämpötila, johon noki-aiho tulisi kuumentaa lujittumisen ja aukon sulkeutumisen aikaansaamiseksi riippuu sisus- ja kuoriainesten koostumuksista. Siten lujitus- ja aukon sulkeutumislämpötila esitetään lasin viskositeettinä, parametrinä, joka on käyttökelpoinen kaikille lasiyhdistelmille. Koska on toivottavaa sulkea aukko lyhyimmässä mahdollisessa ajassa, on lujittamislämpötila edullisesti riittävän korkea antamaan aihiolle viskositeetti väliltä n. 10^6 - 10^{10} poisia.

10 Noen kutistuminen sintrauksen aikana kehittää huomattavan reikää sulkevan voiman. Jos sisuslasi on riittävän juoksevaa, se sintrautuu kirkkaaksi lasiksi ennen kuin kuori on merkittävästi tiivistynyt; kuoren myöhempi supistuminen (korkeammassa lämpötilassa ja/ 15 tai pidemmät ajat) puristaa sisusta 2-20 ilmakehän voimalla ja sortaa keskusreiän. Tässä menetelmässä käytetään hyväksi suunnattoman suurta kapillaarivoimaa, joka aiheuttaa kuoren supistumisen, eikä vähäistä pintajännitystä, joka vaikuttaa keskusreiän omalla pinnalla.

20 Muita tekijöitä, jotka vaikuttavat suhteelliseen aikaan aukon sulkemiseksi, ovat lähtöaukon suhde aihion kokonaisläpimittaan (mitä pienemmäksi tämä suhde tulee, sitä helpommin aukko sulkeutuu); aihion sisuksen läpimitan suhde kokonaisläpimittaan; ja sisuksen 25 nokitiheys suhteessa kuoren nokitiheyteen (mitä suurempi sisuksen nokitiheys on suhteessa kuoren nokitiheyteen sitä helpommin aukko sulkeutuu).

On tarkoituksenmukaista lujittaa lasinoki tiiviiksi lasiksi ja sulkea aukkoa 54 aihion yhdellä 30 sisäänpanolla lujitusuuniin. Aika, joka vaaditaan aihion täydellisesti lujittamiseksi ja siinä olevan aukon sulkemiseen, voidaan määrittää empiirisesti poistamalla aihio jaksottain uunista ja tekemällä huomioita aukon koosta. Tämä keksintö käsittää myös ne menetelmät, joissa 35 aihio viedään kaksi tai useampia kertoja uuniin

ennen aukon täydellistä sulkeutumista. Osittain lujitetun aihion ei kuitenkaan voida sallia jäähtyvän huoneen lämpötilaan ennen aukon sulkeutumista, mikä johtuu murtumien vaarasta, jotka alkavat tämän aukon pinnalta.

- 5 Senjälkeen kun aihio on lujitettu ja siinä oleva aukko suljettu syntynyt vetoaihio voidaan jäähdyttää huoneen lämpötilaan ennen vetämistä kuiduksi. Lujitetut vetoaihiot saatetaan tavallisesti liekkikäsittelyyn kärjen muodostamiseksi kumpaankin päähän estämään
- 10 säröilyn alkaminen sisusosassa, joka on esillä sen päissä. Aihiot sultetaan sitten toisesta päästään varteen ja puhdistetaan käyttäen rasvaa poistavaa liuotinta, saatetaan fluorivetyhappopesuun ja vesihuuhteluun juuri ennen panoa kuidunvetouuniin, jossa varsi kannattaa niitä. Vetäminen käsittää vetouunin atmosfäärin
- 15 valvomisen, esim. 50 % N_2 ja 50 % O_2 , ja aihion hitaan syötön, esim. n. 4,5 cm/h, kuumaan uuniin, jonka lämpötila on väliltä 1600-2300°C. Kuidunvetonopeudet ovat n. 0,5 m/s. Jos käytetään edellä mainitun Bailey'n et
- 20 atl. hakemuksen itsenäistä vartta ja jos aihio pidetään kuumana lujitus- ja vetovaiheiden välillä, voidaan happopesu, vesihuhhtelu ja liekkikäsittely jättää pois.

- Koska tämän keksinnön menetelmän tuloksena on
- 25 aukon sulkeutuminen lujitusprosessin aikana, aihion keskustan vapaa pinta, joka olisi voinut aiheuttaa murtumisen siinä olevan venyttävän voiman vaikutuksesta, poistuu. Siten sisus- ja kuoriaineksia, joilla on suhteellisen suuret erot laajenemisominaisuuksissa, voidaan käyttää optisten aaltoputkien valmistuksessa, jolloin tuloksena on optisia aaltoputkia, joilla on suurempi lukuarvoiset avauskulmat. Lisäksi aihion puhdistus on yksinkertaistunut, koska aukon saastuminen on jäänyt pois.
- 30

- 35 Keksintöä selostetaan edelleen viitaten sen spesifisiin suoritustuotoihin, joita on esitetty seuraa-

vissa esimerkeissä. Näissä esimerkeissä, jotka liittyvät optisten aaltoputkien valmistukseen, uunin muhvelin sisälämpimitta on 12,7 cm ja sen pituus on 213 cm.

Kuumin maksimilämpötila oli n. 1450°C esimerkissä 1

5 ja n. 1460°C esimerkeissä 2-4. Polttoaineen, kaasujen ja höyryjen virtausmäärät on esitetty taulukossa 1.

Virrat kuorinokipäällysteiden kerrostamista varten ovat samat kuin sisuspäällysteelle taulukossa esitetyt paitsi että happea ei virtaa POCl₃- ja GeCl₄-säiliöiden läpi.

10

Taulukko 1

Virtausmäärät, slpm, esimerkeille

<u>Kerrostukselle</u>		1	2	3	4
15	Poltttoaine O ₂	2,34	1,0	0,8	0,9
	CH ₄	3,2	1,4	1,2	1,2
	Sisäkupu O ₂	2,5	2,5	2,5	2,5
	Ulkokupu O ₂	3,0	6,0	6,0	6,0
20	O ₂ SiCl ₂ :een	1,0	0,18	0,18	0,25
	O ₂ POCl ₃ :een	0,9	0,9	0,9	0,9
	O ₂ GeCl ₄ :een	-	0,196	0,07	0,11
<u>Sisukselle</u>					
25	Poltttoaine O ₂	4,4	4,72	4,4	4,4
	CH ₄	6,0	6,6	6,1	6,1
	Sisäkupu O ₂	2,5	2,5	2,5	2,5
30	Ulkokupu O ₂	3,0	3,0	3,0	3,0
	O ₂ SiCl ₄ :een	1,0	1,2	1,0	1,0
	O ₂ POCl ₃ :een	0,15	0,45	0,3	0,3
	O ₂ GeCl ₄ :een	0,5	0,61	0,5	0,48

Esimerkki 1

Läpimitaltaan n. 0,6 cm:n aluminiumoksidi-tuurna kiinnitettiin varteen. N. 0,5 mm:n paksuinen hiilikerros kerrostettiin tuurnalle käytyäen asetyleeni-poltinta, johon ei johdettu ilmaa tai happea. Nestemäistä SiCl_4 , POCl_3 ja GeCl_4 pidettiin 37°C :ssa vastaavasti ensimmäisessä, toisessa ja kolmannessa säiliössä. Pienviskoosisen noen kerroksen muodostamiseksi pulputettiin kuivaa happea ensimmäisen ja toisen säiliön läpi taulukossa 1 esitetyissä määrissä. Syntynyt seos vietiin polttimen läpi, johon polttoainetta ja happea syötettiin esitetyissä määrissä. Kuusi kerrosta syntynyttä nokea antoi ohuen kerroksen, jonka paksuus oli n. 0,4 mm. Tämän nokikerroksen koostumus oli likimääräisesti 7 paino-% P_2O_5 ja 93 paino-% SiO_2 .

Polttinvirrat muutettiin sitten äkkiä taulukossa 1 luetelluiksi sisusmääriksi antamaan noki, jonka likimääräinen koostumus oli 22 paino-% GeO_2 , 0,65 paino-% P_2O_5 ja 77,35 paino-% SiO_2 . Nokipäällyste, jolla oli asteittainen indeksiprofiili, kerrostettiin sitten vähentämällä GeCl_4 - ja POCl_3 -kanninvirrat nolnaan parabolisella käyrällä. Kuorikerros kerrostettiin samantlaisissa olosuhteissa, patsi että ainoa polttimeen syötetty reaktanttihöyry oli 1,0 slpm SiCl_4 . Päällysteen 10 muodostuksessa kerrostettujen sisusnokikerrosten lukumäärä oli 282 ja päällysteen 22 muodostuksessa kerrostettujen kuorinokikerrosten lukumäärä oli 432, jolloin jokainen polttimen kulku aihiota pitkin muodosti yhden kerroksen. Jokainen kerros tarvitsi n. 25 sekuntia kerrostuakseen. Kerroksen 10 ulkoläpimitta oli n. 1,4 cm ja nokiaihion ulkoläpimitta oli n. 5,9 cm.

Syntynyt aihio lujitettiin esimerkissä 7 kuvatussa tyypissä uunissa, jolloin heliumia ja happea virtasi aukoista 72 määrissä 44 slpm ja 4 slpm, vastaavasti. Aluminiumoksidi-tuurnan poistamisen jälkeen porattiin

aihion pään läpi reikiä ja platinalangat pistettiin reikien läpi aihion ripustamiseksi uuniin. Aihio lujittui ja aukko sulkeutui samanaikaisesti kuin aihiota syötettiin uunin kuumen vyöhykkeen läpi nopeudella 2 cm/min.

5 Syntyneen lasi-aihion ulkoläpimitta oli n. 3,1 cm. Kaasukuplia ei ollut näkyvissä suurissa osissa syntyneitä aihiota. Suurin näistä kaasukuplattomista osista (n. puolet aihiota) kiinnitettiin liekkikäsittelymenetelmällä kvartsisauvaan ja vedettiin kuiduksi n. 2000°C:n lämpötilassa. Syntyneen kuidun vaimennus 820 nm:ssä oli

10 5,4 dB/km. Sisuksen läpimitta oli n. 50 mm ja ulkoläpimitta oli n. 125 mm. Kaistan leveys oli 138 MHz-km.

Esimerkki 2

Valmistettiin aihio kuten esimerkissä 1, paitsi

15 että kerrostettiin ainoastaan kaksi kerrosta hiiltä muodostamaan 0,1 mm:n kokonaispaksuus. Edellä mainituksa Bailey'n et al. hakemuksessa kuvatun tyyppinen itsenäinen kvartsivarsi kiinnitettiin tuurnaan ja nokiaihion toinen pää muodostettiin sen ympärille. Hiilen levittämisen jälkeen kerrostettiin 24 kerrosta nokea, jonka

20 koostumus oli: 15 paino-% P_2O_5 , 10 paino-% GeO_2 ja 75 paino-% SiO_2 0,6 mm:n paksuisen kerroksen muodostamiseksi. Tämän ohuen kerroksen kerrostamisen jälkeen kerrostettiin kuusi nokikerrosta, joissa $SiCl_4$ -, $GeCl_4$ -

25 ja $POCl_3$ -kanninkaasua ja polttoaine O_2 :ta sekä CH_4 :ää vaihdeltiin suoraviivaisesti kerroksen nokivirtausmääristä sisuksen virtausmääriin. Tämä antaa suoraviivaisen huipennuksen happipitoisuustasoihin kuten kuviossa 5 on esitetty. Virtausmäärät kuuden kerroksen lopulla

30 ovat taulukossa 1 sisukselle esitetyt. Sisusnoen koostumus tässä pisteessä oli n. 20 paino-% GeO_2 , 1,6 paino-% P_2O_5 ja 78,4 paino-% SiO_2 . $GeCl_4$ - $POCl_3$ -kanninvirrat vähennettiin sitten parabolisesti asteittain nolleen 276 kerroksessa sisusnoki-päällysteen muodostamiseksi.

35 Aihion sisusosan ulkoläpimitta oli n. 1,47 cm. Kuori-päällyste kerrostettiin sitten polttimen seuraavan 540

ohikulun aikana, jona aikana kanninvirta GeCl_4 :lle ja POCl_3 :lle pysyi suljettuna. Saadun nokiaihion ulkoläpimitta oli 6,13 cm.

- 5 Tuurnan poistamisen jälkeen aihio ripustettiin
lujitusuuniin irtonaisella kvartsivarrella. Aihion
pohjakärki tukittiin 6 mm:n (O.D. (optinen tiheys) boor-
silikaatti-tulpalla, jonka läpi kulki 1 mm:n reikä
ja aukko paineistettiin 1,0 psi:hin kuivauskaasuseoksel-
la, jossa oli 5 % Cl_2 ja 95 % He. Aihiota laskettiin
10 alaspäin 1460°C kuuman vyöhykkeen läpi nopeudella
n. 4 mm/min. samalla kun aukon painetta säädettiin
1,0 psi:ssa ohitussäätäjällä. Uuniatmosfäärivirtaukset
aukoista 72 olivat samat kuin esimerkissä 1 esitetyt.
Lujittamisen jälkeen aihio oli pääasiallisesti vapaa
15 kaasukuplista ja sen ulkoläpimitta oli 3,2 cm. Kvartsi-
varsi poistettiin ja aihioon sulatettiin kiinni 91 cm:n
kvartsiputki, jonka ulkoläpimitta oli 25 cm, käytettä-
väksi vetokahvana. Aihio vedettiin 2200°C :ssa muodosta-
maan kuusi 1,0 km:n kuitua, joiden sisuksen läpimitat
20 olivat n. 50 mm ja ulkoläpimitat n. 125 mm. Kuitujen
vaimennus 850 nm:ssa oli välillä 2,88 dB/km - 4,5 dB/km.
Kaistanleveys oli väliltä 378 MHz-km - 640 MHz-km.

Esimerkki 3

- Nokiaihio rakennettiin esimerkin 2 mukaisesti,
25 paitsi että virtausmääriä muutettiin kuten taulukossa 1
on esitetty. 12 kerrosta nokea, jonka koostumus oli:
24 paino-% P_2O_5 , 8 paino-% GeO_2 ja 68 paino-% SiO_2 ,
kerrostettiin pienviskoosisen kerroksen muodostamiseksi,
jonka paksuus oli 0,3 mm. Tämän kerroksen muodostamisen
30 jälkeen kerrostettiin kuusi nokikerrosta, joissa
 SiCl_4 -, GeCl_4 - ja POCl_3 -kanninkaasua ja polttoaine
 O_2 :ta sekä CH_4 :ää vaihdeltiin suoraviivaisesti kerroksen
nokivirtausmääristä sisuksen nokivirtausmääriin. Virta-
usmäärät näiden kuuden kerroksen lopulla ovat taulu-
35 kossa 1 sisukselle esitetyt ja noen koostumus oli liki-

määräisesti: 21,5 paino-% GeO_2 , 1,5 paino-% P_2O_5 ja 77 paino-% SiO_2 . Nokiaihio lujitettiin esimerkin 2 mukaisesti antamaan kiinteä lasiaihio, jossa ei ollut keskiviivan kaasukuplia. Aihio vedettiin esimerkin 2 mukaisesti antamaan optinen aaltoputkikuitu, jonka si-
 5 suksen läpimitta oli 50 mm ja ulkoläpimitta 125 mm. Syntyneen kuidun vaimennus 850 nm:ssa oli 3,5 dB/km ja kaistanleveys oli 420 MHz-km.

Esimerkki 4

10 Nokiaihio muodostettiin esimerkin 2 mukaisesti paitsi seuraavia muunnoksia. Virtausmäärät muutettiin kuten taulukossa 1 on esitetty. Kerrostettiin 12 noki-kerrosta muodostamaan 0,3 mm:n paksuinen pienviskoo-
 15 sinen kerros, jonka koostumus oli: 21,1 paino-% P_2O_5 , 7 pxino-% GeO_2 ja 71,9 paino-% SiO_2 .

Tässä esimerkissä ohuen kerroksen ja sisupäällys-
 teen välissä ei ollut mitään muutosta. Kerrosnoen kerros-
 tamisen jälkeen poltin käännettiin sivuun aihioista ja
 virrat muutettiin taulukossa 1 luetelluiksi sisusvir-
 20 roiksi. Tämä prosessi suoritettiin n. 50 sekunnissa. Poltin käännettiin sitten takaisin alkuasentoonsa, jol-
 loin se oli suunnattu tuurnaan. Taulukossa 1 esitetyllä
 alkuperäisellä sisusvirralla oli noen koostumus seura-
 va: 20 paino-% GeO_2 , 1,5 paino-% P_2O_5 ja 78,5 paino-%
 25 SiO_2 . GeCl_4 - ja POCl_3 -kanninvirrat vähennettiin sitten
 parabolisesti asteittain nollaan 282 kerroksessa muodos-
 tamaan sisusnokipäällyste. Aihion sisusosan ulkoläpi-
 mitta oli n. 1,4 cm. Kuoripäällyste kerrostettiin sit-
 ten polttimen seuraavan 520 ohikulun aikana, jona ai-
 30 kana kanninvirta GeCl_4 :lle ja POCl_3 :lle pysyi suljettu-
 na. Syntyneen nokiaihion ulkoläpimitta oli 5,8 cm.
 Nokiaihio lujitettiin esimerkin 2 mukaisesti muodosta-
 maan kiinteä, kaasukuplista vapaa lasiaihio. Tämä aihio
 vedettiin esimerkin 2 mukaisesti muodostamaan kuitu,
 35 jonka ulkoläpimitta oli 125 mm ja suksen läpimitta 50 mm.
 Syntyneen kuidun vaimennus 850 nm:ssä oli 2,42 dB/km
 ja sen kaistanleveys oli 502 MHz-km.

Tämä esitys ja oheiset patenttivaatimukset on kohdistettu optiseen aaltoputkinokiaihioon, siitä tuotettuun optiseen aaltoputkikuituun sekä menetelmään optisen aaltoputkinokiaihion valmistamiseksi esityk-
5 sen tarkoitusta ja mukavuutta varten. Alaan perehtyneille on kuitenkin aivan selvää, että keksintöä voidaan käyttää muiden lasituotteiden, kuten optisten ikkunoiden, linssien jne. valmistukseen ja niinmuodoin on tarkoitus kattaa samanarvoiset rakenteet kuin ne, jotka
10 tässä on esitetty ja vaadittu.

Patenttivaatimukset:

1. Optinen aaltoputkinokiaihio (30), jonka läpi kulkee pituussuunnassa aukko ja joka käsittää ensimmäisen (10) ja toisen (22) lasinokipäällysteen, jolloin toinen lasinokipäällyste (22) on kerrostettu ensimmäisen päällysteen (10) ympärille ja sen valontaitekerroin on pienempi kuin ensimmäisen päällysteen (10) lasinoen valontaitekerroin ja sen viskositeetti V_2 on suurempi kuin ensimmäisen päällysteen (10) viskositeetti V_1 , t u n n e t t u siitä, että aihion (30) sisäpinnalla on jatkuva kerros (19) alhaisen viskositeetin omaavaa lasinokea, joka sisältää viskositeettiä alentavaa oksidia, jolloin tämän kerroksen viskositeetti V_3 on pienempi kuin kumpikin viskositeeteista V_1 ja V_2 , määritettynä lämpötilassa, jossa toisen päällysteen lasinoen viskositeetti on 10^{10} poisia, jolloin ensimmäinen päällyste on tämän kerroksen ympärillä.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen nokiaihio, t u n n e t t u siitä, että suhde V_1/V_2 on pienempi kuin $1/2$ ja suhde V_3/V_1 on pienempi kuin $1/10$.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen nokiaihio, t u n n e t t u siitä, että kerros (19) muodostetaan noesta, jolla on kaksinainen lasikoostumus, josta ainakin 7 paino-% on viskositeettiä alentavaa oksidia.

4. Jonkun edellä esitetyn patenttivaatimuksen mukainen nokiaihio, t u n n e t t u siitä, että kerros (19) koostuu SiO_2 :sta, joka on seostettu vähintään 7 paino-%:lla P_2O_5 :a.

5. Jonkun edellä esitetyn patenttivaatimuksen mukainen nokiaihio, t u n n e t t u siitä, että kerros (19) muodostetaan noesta, joka sisältää SiO_2 :a, GeO_2 :a ja enemmän kuin 7 paino-% P_2O_5 :a, ensimmäisen päällysteen (10) sisäosa koostuu SiO_2 :sta, joka on seostettu GeO_2 :lla ja P_2O_5 :llä, jolloin GeO_2 :n ja P_2O_5 :n pitoisuus pienenee nollaksi ensimmäisen päällysteen ulko-osassa ja toinen päällyste (22) on pääasiallisesti SiO_2 .

6. Optinen aaltoputkikuitu, joka käsittää lasiytimen, jota ympäröi kerros päällystelasia, jonka valontaitto-
kerroin on pienempi kuin ytimen, ja ydinlasin viskositeetti
 V_1 on alhaisempi kuin päällystelasin viskositeetti V_2 ,
5 t u n n e t t u siitä, että se käsittää lisäksi aksiaalisen alueen alhaisen viskositeetin omaavaa lasia mainituksessa ytimessä, ja ytimen viskositeetti V_1 on korkeampi kuin aksiaalisen alueen viskositeetti V_3 , jolloin viskositeetit on määritetty siinä lämpötilassa, jossa päällystelasin viskositeetti on 10^{10} poisia, ja jolloin tapahtuu äkillinen viskositeetin muuttuminen aksiaalisen alueen ja jäljellä olevan lasiytimen välisessä liitoksessa.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen optinen aaltoputkikuitu, t u n n e t t u siitä, että akselialueen läpimita on pienempi kuin $15 \mu\text{m}$.

8. Menetelmä jonkin patenttivaatimuksen 1 - 5 mukaisen optisen aaltoputkiaihion (30) muodostamiseksi, jossa menetelmässä muodostetaan ensimmäinen (10) ja toinen (22) päällyste lasinoesta olennaisesti lieriömäiselle karalle
20 (12), jolloin toisen päällysteen (22) lasinoen valontaitto-kerroin on pienempi kuin ensimmäisen päällysteen (10) lasinoen valontaitto-kerroin ja viskositeetti V_2 on korkeampi kuin ensimmäisen päällysteen (10) viskositeetti V_1 , ja poistetaan kara (12) nokiaihion muodostamiseksi, jossa on aukko, t u n n e t t u siitä, että karalle (12) levitetään ennen ensimmäisen päällysteen (10) muodostamista jatkuva kerros (19) alhaisen viskositeetin omaavaa lasinokea, johon sisältyy viskositeettiä alentava oksidi, jolloin kerroksen viskositeetti V_3 on alhaisempi kuin molemmat viskositeetit
30 V_1 ja V_2 , jotka on määritetty siinä lämpötilassa, jossa toisen päällysteen (22) lasinoen viskositeetti on 10^{10} poisia, ja kerroksen paksuus on riittävän suuri niin, että jatkuva kerros alhaisen viskositeetin omaavaa ainetta jää ensimmäisen päällysteen (10) sisäpinnalle sen jälkeen kun
35 karanpoistovaihe on suoritettu, ja ensimmäinen päällyste (10) aikaansaadaan mainitun kerroksen ulkokehäpinnalle.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että aukon (54) sulkemiseksi näin muodos-
tetussa aihiossa (30) aihiota (30) kuumennetaan riittävän
korkeassa lämpötilassa riittävän pitkä aika sallimaan noen
5 lujittuminen ainakin sen toisessa päässä, ja samanaikaises-
ti aihion (30) lujitettua osaa vedetään sen poikkileikkaus-
pinta-alan pienentämiseksi ja aukon (54) sulkemiseksi.

10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että aihiota (30) kuumennetaan
10 riittävän korkeassa lämpötilassa riittävän pitkä aika sal-
limaan kerroksen (19) sekä ensimmäisen (10) ja toisen (22)
nokipäällysteen lujittuminen ja sallimaan aukon (54) saman-
aikainen sulkeutuminen.

11. Jonkin patenttivaatimuksen 8 - 10 mukainen mene-
15 telmä, t u n n e t t u siitä, että vaiheen aikana, jossa
aihiota (30) kuumennetaan päällysteiden lujittumisen sallii-
miseksi ja aukon (54) sulkeutumisen sallimiseksi kuivaus-
kaasuseos saatetaan virtaamaan aihioaukkoon ja ulos aihion
huokosten läpi.

Patentkrav:

1. Sotförform (30) av optisk vågledare som har en därigenom längsgående öppning och består av en första (10) och andra (22) beläggning av glassot, varvid den andra glassotbeläggningen (22) är lagd omkring den första beläggningen (10) och den har ett refraktionsindex mindre än det av glassotet av den första beläggningen (10) och har en viskositet V_2 större än viskositeten V_1 hos den första beläggningen (10), k ä n n e t e c k n a d därav, att den inre ytan av förformen (30) uppvisar ett kontinuerligt skikt av glassot (19) med låg viskositet innehållande en viskositet-nedsättande oxid, varvid viskositeten V_3 hos skiktet är lägre än båda av viskositeterna V_1 och V_2 bestämda vid en temperatur, vid vilken glassotet av den andra beläggningen har en viskositet av 10^{10} poise, varvid den första beläggningen är belägen omkring detta skikt.

2. Sotförform enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att förhållandet V_1/V_2 är mindre än $1/2$ och förhållandet V_3/V_1 är mindre än $1/10$.

3. Sotförform enligt patentkravet 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a d därav, att skiktet (19) bildas av ett sot som har en binär glaskomposition, av vilken minst 7 vikt-% är viskositet-nedsättande oxid.

4. Sotförform enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a d därav, att skiktet (19) består av SiO_2 med en tillsats av minst 7 vikt-% P_2O_5 .

5. Sotförform enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a d därav, att skiktet (19) bildas av ett sot som innehåller SiO_2 , GeO_2 och över 7 vikt-% P_2O_5 , den inre delen av den första beläggningen (10) består av SiO_2 med GeO_2 - och P_2O_5 -tillsats, varvid koncentrationen av GeO_2 och P_2O_5 minskar till 0 vid yttre delen av den första beläggningen, och den andra beläggningen (22) består huvudsakligen av SiO_2 .

6. Optisk vågledarfiber, som omfattar en glaskärna som är omgiven av ett skikt av beläggningsglas, vilket har

ett refraktionsindex för ljus som är mindre än kärnans, och viskositeten V_1 hos kärnglasets är lägre än viskositeten V_2 hos beläggningsglasets, k ä n n e t e c k n a d därav, att den ytterligare omfattar en axial region med glas som har låg viskositet i nämnda kärna, och kärnans viskositet V_1 är högre än den axiala regionens viskositet V_3 , varvid viskositeterna är bestämda vid den temperatur, vid vilken beläggningsglasets viskositet är 10^{10} poise och varvid en tvär förändring sker i gränsytan mellan den axiala regionen och den kvarstående glaskärnan.

7. Optisk vågledarfiber enligt patentkravet 6, k ä n n e t e c k n a d därav, att diametern av den axiala regionen är mindre än $15 \mu\text{m}$.

8. Förfarande för bildande av en optisk vågledarförm (30) enligt något av patentkraven 1 - 5, i vilket förfarande en första (10) och en andra (22) beläggning av glassot bildas på en huvudsakligen cylindrisk spindel (12), varvid glassotet av den andra beläggningen (22) har ett refraktionsindex för ljus som är mindre än det av glassotet av den första beläggningen (10) och viskositeten V_2 är högre än den första beläggningens (10) viskositet V_1 , och spindeln (12) avlägsnas för att bilda en solförform med en öppning däri, k ä n n e t e c k n a t därav, att före bildandet av den första beläggningen (10) utsprides på spindeln (12) ett kontinuerligt skikt (19) av glassot med låg viskositet innehållande viskositet-nedsättande oxid, varvid skiktets viskositet V_3 är lägre än båda viskositeterna V_1 och V_2 bestämda vid den temperatur, vid vilken viskositeten hos glassotet av den andra beläggningen (22) är 10^{10} poise, och skiktets tjocklek är tillräckligt stor så, att ett kontinuerligt skikt av materialet med låg viskositet förblir på den inre ytan av den första beläggningen (10) efter att steget för avlägsning av spindeln är utfört, och den första beläggningen (10) åstadkoms på utsidan av periferiytan av nämnda skikt.

9. Förfarande enligt patentkravet 8, k ä n n e t e c k n a t därav, att för att tillsluta öppningen (54)

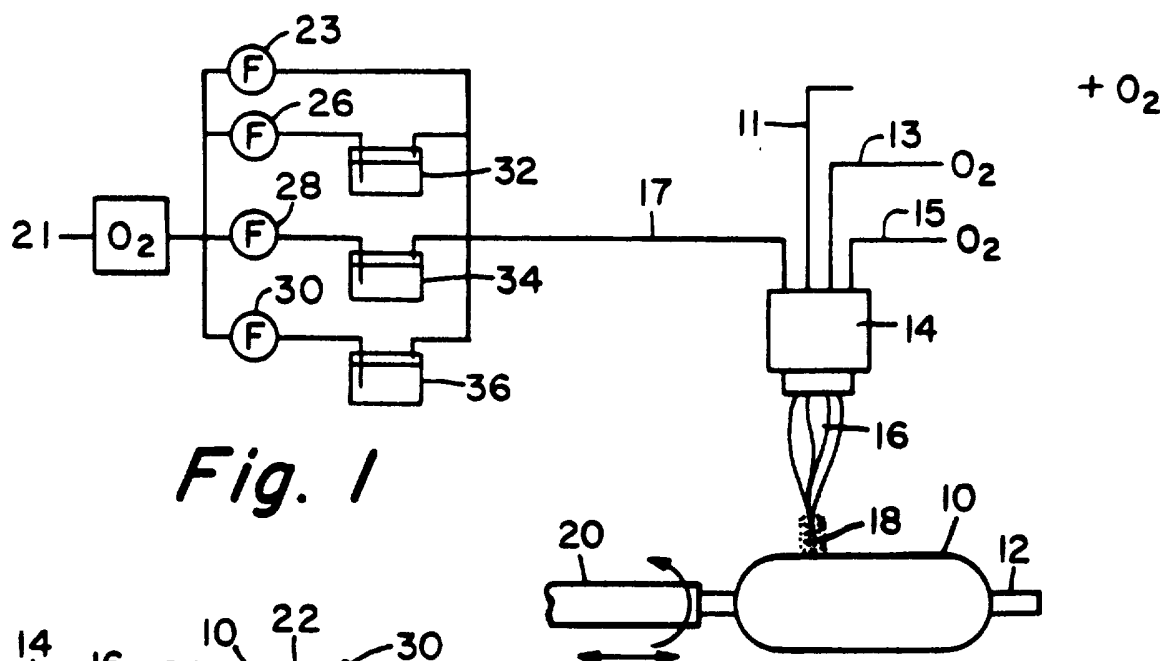
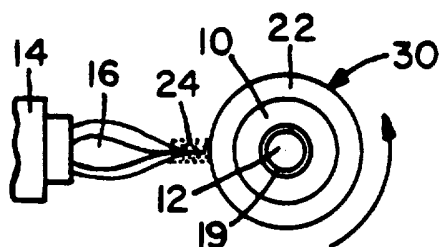
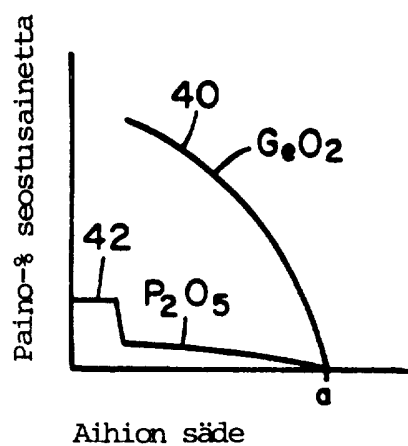
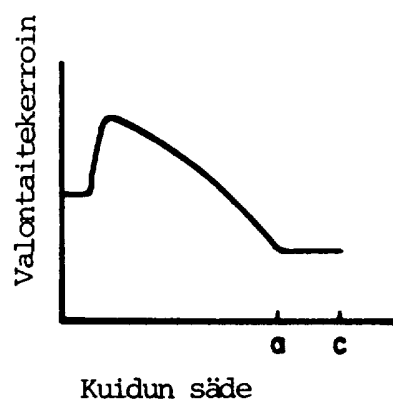
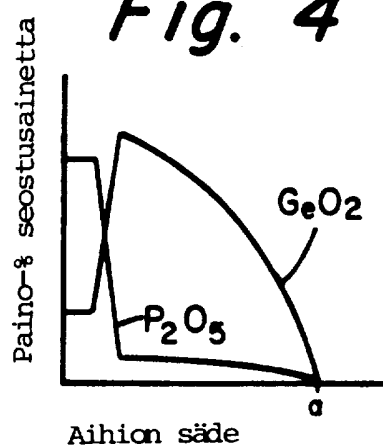
i den så bildade förformen (30), förformen (30) upphettas vid en tillräckligt hög temperatur under en tillräckligt lång tidsperiod för att tillåta sotet åtminstone vid en ände därav att konsolidera och den konsoliderade delen av
5 förformen (30) samtidigt dras för att reducera tvärsnittsytan därav och för att tillsluta öppningen (54).

10 10. Förfarande enligt patentkravet 8, k ä n n e - t e c k n a t därav, att förformen (30) upphettas vid en tillräckligt hög temperatur under en tillräcklig tidsperiod för att tillåta skiktet (19) och första (10) och andra (22) sotbeläggningen att konsolidera och för att tillåta samtidig tillslutning av öppningen (54).

15 11. Förfarande enligt något av patentkraven 8 - 10, k ä n n e t e c k n a t därav, att samtidigt som förformen (30) upphettas för att tillåta beläggningarna att konsolidera och tillåta tillslutning av öppningen (54), en torkgasblandning leds i förformsöppningen och utåt genom porerna av förformen.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

Patenttijulkaisuja:-Patentskrifter: USA(US) 4 204 850 (C 03 C 25/02),
4 251 251 (C 03 B 37/00), 3 823 995 (G 02 B 5/14).

**Fig. 1****Fig. 2****Fig. 3****Fig. 4****Fig. 5**

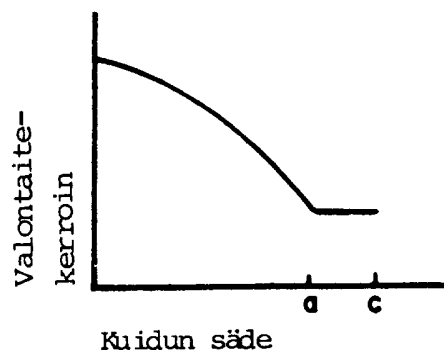


Fig. 6

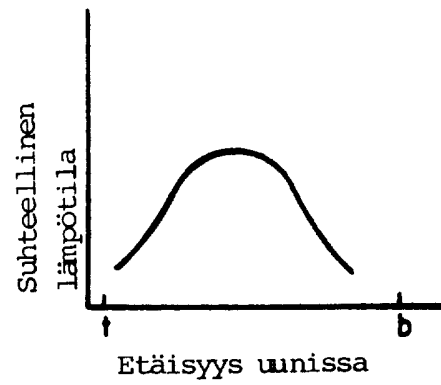


Fig. 8

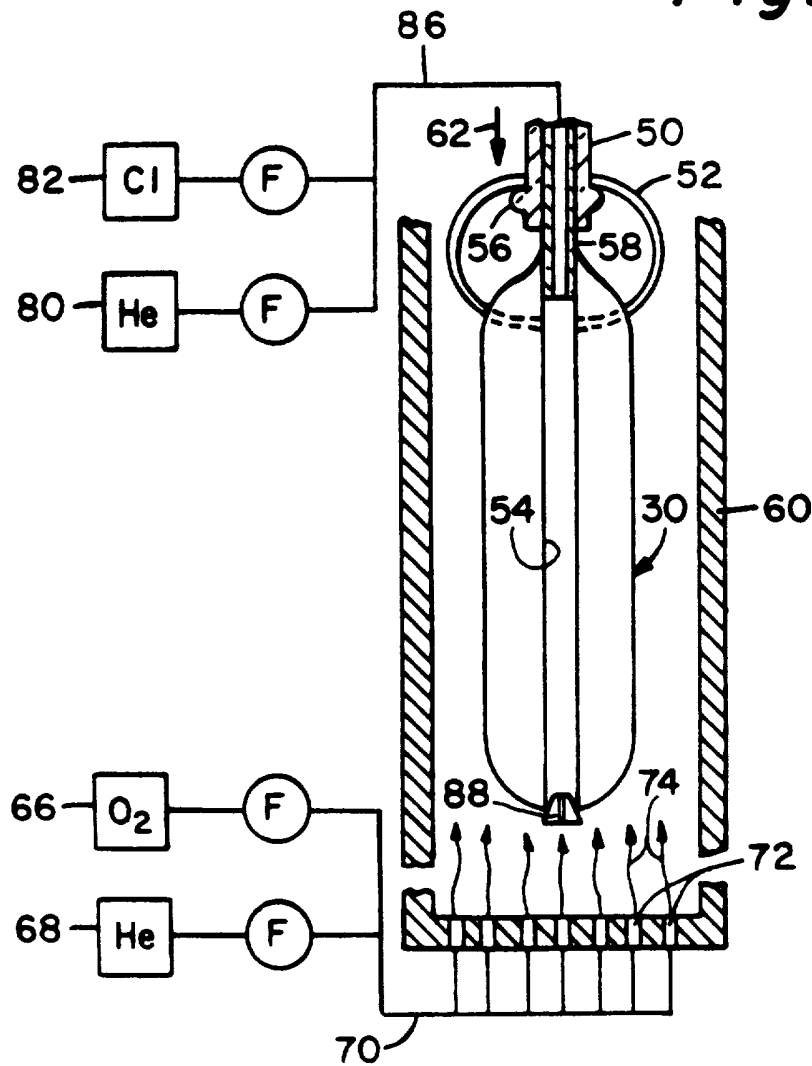


Fig. 7