



(19) INSTITUTO NACIONAL
DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
PORTUGAL

(11) *Número de Publicação:* **PT 101589 B**

(51) *Classificação Internacional:* (Ed. 6)
G02B007/00 A

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) *Data de depósito:* 1994.10.13

(30) *Prioridade:*

(43) *Data de publicação do pedido:*
1996.04.30

(45) *Data e BPI da concessão:*
02/97 1997.03.05

(73) *Titular(es):*

L I P - LAB. INSTR. FISICA EXPERIMENTAL
PARTICULA
- COIMBRA PT

(72) *Inventor(es):*

ANTÓNIO JOAQUIM ONOFRE DE ABREU RIBEIRO GONÇALVES PT
FERNANDO JORGE MOITA RIBEIRO PT
JOSÉ MANUEL ANASTÁCIO PINHÃO PT

(74) *Mandatário(s):*

JORGE BARBOSA PEREIRA DA CRUZ
RUA DE VITOR CORDON 10-A 3/AND. 1200 LISBOA PT

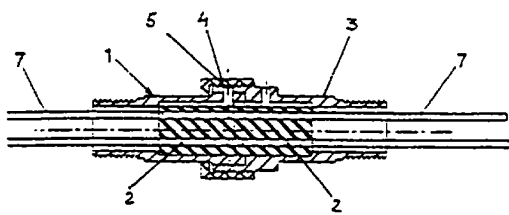
(54) *Epígrafe:* CONECTOR DE FIBRA FÓPTICA E MÉTODO DE COLAGEM DE ALTA PRECISÃO DAS RESPECTIVAS FIBRAS AOS COMPONENTES DE COLECTOR

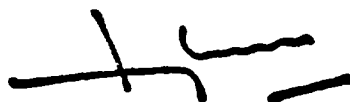
(57) *Resumo:*

CONECTOR; FIBRAS; FÓPTICAS; ACRÍLICO; AÇO; INOX; NYLON

Fig. 1



Modalidade e n.º (11)		Data do pedido: (22)		Classificação Internacional (51)	
101589		1994/10/15			
Requerente (71): L I P - Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas, portuguesa, Instituição de Utilidade Pública, com sede em Coimbra					
Inventores (72): ANTÓNIO JOAQUIM ONOFRE DE ABREU RIBEIRO GONÇALVES, FERNANDO JORGE MOITA RIBEIRO e JOSÉ MANUEL ANASTÁCIO PINHÃO, residentes em Portugal					
Reivindicação de prioridade(s) (30)				Figura (para interpretação do resumo)	
Data do pedido	País de Origem	N.º de pedido			
Epigrafe: (54) "CONECTOR DE FIBRA ÓPTICA E MÉTODO DE COLAGEM DE ALTA PRECISÃO DAS RESPECTIVAS FIBRAS AOS COMPONENTES DO COLECTOR"					
Resumo: (máx. 150 palavras) (57) O presente invento diz respeito a um conector de fibras ópticas. O conector genericamente representado pela referência (1) é constituído por dois cilindros (2) em acrílico, de 15 mm de altura e perfurados (8 furos), para fixação de fibras com 1 mm de diâmetro, dois suportes (3) em anticorodal e uma porca de fixação (4) (também em anticorodal), dois pinos de orientação (5) do suporte (3), em aço inox, dois pinos de centragem (6) dos blocos (2) em aço inox e dois tampões (8) de Nylon para protecção das fibras (7), quando o conector (1) se encontra aberto. As fibras são coladas nos blocos de acrílico perfurados, utilizando uma estrutura (para 16 blocos simultaneamente) especificamente desenvolvida para o efeito. O invento refere-se ainda a um método de colagem de alta precisão das respectivas fibras aos componentes do colecter.					



DESCRIÇÃO

"CONECTOR DE FIBRA ÓPTICA E MÉTODO DE COLAGEM DE ALTA PRECISÃO DAS RESPECTIVAS FIBRAS AOS COMPONENTES DO COLECTOR"

O presente invento diz respeito a um conector de fibras ópticas, mais concretamente a um detector multifilar para oito fibras ópticas de 1 mm de diâmetro (KURURAY Y7) usadas na leitura óptica de um plano de cintiladores.

O invento refere-se também a um método especialmente desenvolvido para a colagem de alta precisão (superior a 10mm) das respectivas fibras aos componentes do conector.

Antecedentes do invento

O detector DELPHI, é composto de um conjunto de subdetectores de menor dimensão dedicados à realização de uma tarefa específica, como por exemplo a identificação de partículas carregadas, ou a reconstrução espacial do percurso seguido por cada partícula dentro do próprio detector, etc.

Este detector está localizado no anel de colisões $e^+ e^-$ em LEP (CERN), onde os electrões e positrões são presentemente acelerados (1ª fase) até atingirem uma energia de 45GeV. Seguidamente são obrigados a colidir entre eles e da sua aniquilação, uma variedade grande de estados e topologias finais se obtêm incluindo partículas como: kaões, piões, neutrinos, etc.

Uma das medidas fundamentais à compreensão das taxas de decaimento nos diferentes canais finais, é a chamada medida de luminosidade, i.e., a medida de processos do tipo $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ (eventos do tipo Bhabha), que ocorrem com



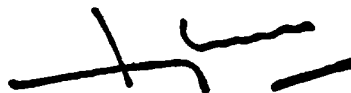
- 2 -

uma grande intensidade para ângulos pequenos, medidos a partir do eixo de colisão. Para a detecção destes electrões e positrões finais a baixos ângulos, existe na experiência DELPHI um calorímetro electromagnético **SAT** (Small Angle Tagger), onde a energia total depositada por cada partícula é analisada.

Dada a necessidade de uma grande precisão neste medida, foi proposta a substituição deste calorímetro pelo recém construído **STIC** (Small Tille Calorimeter), teoricamente mais preciso. Desde esta proposta, que um maior interesse nesta região de baixos ângulos (de 2° a 11°) se tem vindo a manifestar.

Em especial foi decidida, a construção de um plano de cintiladores que funcionaria como veto ao STIC, para partículas neutras (fotões) [PROPO_93]. Uma das limitações evidentes do STIC é a impossibilidade de distinção entre chuveiros electromagnéticos provenientes de electrões ou fotões com a mesma energia inicial. A resposta do veto quando combinada com a informação disponível do STIC, permite resolver com eficiência esta ambiguidade. Deste modo eventos designados como "single harmed events", i.e., eventos com apenas 1 fotão podem ser identificados, nomeadamente decaimentos do tipo $e^+e^- \rightarrow Z^0$

A leitura dos sinais luminosos produzidos por partículas carregadas minimamente ionizantes ao atravessarem o plano de cintiladores, é feita através de fibras ópticas. Cada plano de cintiladores tem uma forma circular e é segmentado em 16 sectores iguais, cada um cobrindo uma região angular de $22,5^\circ$. Para cada cintilador do plano, 16 fibras de 55 cm de comprimento são usadas, separadas em dois grupos de oito fibras cada. Estes grupos estão colados paralelamente nas duas faces laterais do cintilador, que tem cerca de 1 cm de largura.



- 3 -

A motivação para o presente conector de fibras ópticas, aparece dada a necessidade de transporte desses mesmos sinais luminosos a partir das fibras de 55 cm, até à extremidade do detector DELPHI. Este percurso é feito através de um outro tipo de fibras (brancas) com um comprimento de 11m. O conector estabelece o interface entre estes dois tipos de fibras (ambas com o mesmo diâmetro de 1mm), numa região de DELPHI já bastante ocupada de componentes electrónicos e cablamente de sub-detectores.

As suas principais características devem pois ser: boa eficiência de transmissão, pequeno volume ocupado, facilidade de manuseamento, robustez mecânica e bom isolamento óptico.

Convém ainda frisar um aspecto importante, nomeadamente o crescente interesse da comunidade científica no desenvolvimento deste tipo de componentes [SCIFI_93], para aplicações em física de altas energias.

Breve descrição dos desenhos

Para mais fácil compreensão da descrição que se segue apresenta-se em anexo quatro folhas de desenhos em que:

A figura 1 representa um esquema dos diferentes componentes que constituem o presente conector de fibras ópticas;

A figura 2 representa a distribuição dos diâmetros máximos de 30 peças de acrílico, em fabrico em série;

A figura 3 representa uma estrutura desenvolvida para a aplicação do método de colagem; e

A figura 4 representa dois tampões em Nylon.



- 4 -

Conforme se pode observar a sua constituição é essencialmente formada por:

1. Dois cilindros em acrílico, de 15 mm de altura e perfurados (8 furos), para fixação de fibras com 1 mm de diâmetro.
2. Dois pinos de ajuste fino e centragem dos blocos de acrílico, em aço inox.
3. Dois suportes em anticorodal e uma porca de fixação e aperto (também em anticorodal).
4. Dois pinos de orientação dos suportes, em aço inox.
5. Dois tampões, macho-fêmea, em Nylon para protecção das fibras, quando o conector se encontra aberto.

Para se obter uma boa eficiência de transmissão de luz, é necessário que as peças que constituem o conector sejam maquinadas com uma grande precisão. De facto, se o desvio de alinhamento dos eixos, de duas fibras encostadas topo a topo não ultrapassar os 5% da medida do diâmetro do núcleo da fibra, e se as superfícies planas das extremidades de ambas não fizerem um ângulo superior a 2º quando encostadas, espera-se que a eficiência de transmissão de luz do conector seja da ordem dos 90% [FIBER_89].

Tendo em conta as dimensões da fibra, para esta eficiência é necessário atingir uma precisão de maquinação, furação e alinhamento das peças melhor que 30µm.

Na (fig.2), está representada a distribuição dos diâmetros máximos de 30 peças de acrílico, em fabrico em série. Como se pode ver, a distribuição apresenta um sigma estimado de 2,7 µm ($3\sigma=8,1\mu\text{m}$), i.e., 99,73% das peças têm uma variação no diâmetro máximo em relação ao valor médio,



- 5 -

inferior a $8.1\mu\text{m}$. Dada a necessidade de uma boa fixação das peças de acrílico dentro dos suportes de anticorodal (evitando oscilações das peças pondo em risco as fibras, sobretudo nas operações de desconecção), as tolerâncias obtidas (e melhores) são de facto necessárias.

A maquinação dos 8 furos, dispostos num raio em torno do centro da peça de acrílico (fig.1), é feita com "meche" de 1.030mm ou 1.040 mm de diâmetro e em seguida com uma broca com 1.050 mm de diâmetro. De facto, o diâmetro final de furação considerado óptimo, está compreendido entre 1.020mm e 1.030mm, para as fibras de diâmetro nominal de 1mm, que têm diâmetros compreendidos entre 1,000mm e 1,020mm. Estas medidas dos furos foram realizadas numa mesa XY com microscópio acoplado.

Um dos aspectos extremamente importantes na concepção deste conector, é a distância da extremidade da fibra à face da peça de acrílico. A solução deste problema será descrita mais abaixo, tendo-se obtido uma precisão de alinhamento da ordem de $5\mu\text{m}$.

Nas peças de anticorodal são introduzidos dois pinos em aço inoxidável, para alinhamento dos blocos de acrílico aquando da inserção dos mesmos. Um destes pinos é saliente, de forma a permitir um alinhamento grosseiro das peças de anticorodal, quando o conector é fechado. Este pino assegura ainda que os pinos de aço inoxidável de ajuste fino, introduzidos nos blocos de acrílico, não riskem as superfícies das fibras à sua frente.

Para evitar que as fibras estejam demasiado expostas a agentes nocivos e mau manuseamento, os blocos de acrílico estão recuados no interior das peças de anticorodal.



- 6 -

As fibras são coladas nos blocos de acrílico perfurados, utilizando uma estrutura especificamente desenvolvida para o efeito. Como se pode ver na (fig.3), esta contém 16 orifícios, para possibilitar a colagem de 16 blocos de acrílico simultaneamente. O diâmetro interior destes é tal que permita a introdução dos respectivos blocos de forma a estes ficarem bem posicionados. Um pino de aço inox introduzido perpendicularmente ao eixo de cada furo, permite apenas uma posição de entrada da peça de acrílico.

Na parte inferior do furo, existe um batente em forma de anel onde o bloco de acrílico acenta, para a execução da colagem. Este anel apenas cobre a zona circular onde se posicionam os furos na peça de acrílico, e a largura deste é tal que cobre completamente o diâmetro de todos os furos. Face a cada um destes furos, existe neste batente, um outro de menor diâmetro (0.6 mm) (fig.3), que permite a comunicação com uma câmara onde mais tarde se vai fazer vazio. Uma vez as peças de acrílico em posição, quando se colocam as fibras para a colagem, o aplicar de vazio a todo o sistema permite fixar as fibras na sua posição definitiva, permitindo assim uma colagem de precisão em que as faces das extremidades das fibras ficam a cerca de $5\mu\text{m}$ da superfície plana da peça de acrílico. Uma vez mais esta medida foi obtida numa mesa XY com microscópio acoplado.

Um furo no centro do anel, também em comunicação com a câmara de vazio, permite também fixar por sucção a peça de acrílico em simultâneo com as fibras.

Na fase de colagem, depois das fibras já fixas na sua posição definitiva, desliga-se a bomba de vácuo. A cola (Bicron 600) é aplicada uniformemente por meio de uma seringa, de modo a preencher o rebaixo existente na parte de trás dos blocos de acrílico. Seguidamente à aplicação da cola, volta-se a ligar a bomba de vácuo. Desta forma se assegura a



- 7 -

profundidade de penetração da cola na própria peça de acrílico, dando maior robustez mecânica ao conector.

As fibras são protegidas da luz e de qualquer esforço mecânico ligeiro, por um tubo flexível de silicone colado no interior dos suportes de anticorodal. Estes tubos são fixos exteriormente por manga termo-retráctil.

Os blocos de acrílico entram com ligeiro aperto nos suportes de anticorodal, como foi descrito anteriormente, para evitar esforços de tracção nas fibras quando se procede ao desacoplamento do conector (devido ao atrito dos pinos de alinhamento fino no bloco oposto).

Este conector foi testado nas instalações do Departamento de Física da Universidade de Coimbra nomeadamente no Grupo de Física de Radiação, para o qual foi instalada aparelhagem adequada de teste e controlo. Os resultados mais tarde confirmados no CERN, apontam para uma eficiência média deste conector de $(90 \pm 5)\%$. De notar que os resultados obtidos em outras aplicações [SCIFI_93], apontam para valores médios inferiores.

As características deste conector podem ser sumariadas nos seguintes tópicos:

1. Grande precisão de alinhamento de fibras topo-a-topo (melhor que $10\mu\text{m}$),
2. Boa eficiência de transmissão (da ordem dos 90%),
3. Boa resistência a esforços mecânicos,
4. Bom isolamento luminoso,
5. Ausência de esforço mecânico aplicado directamente nas fibras,



- 8 -

6. Boa precisão de furação das peças de acrílico
(diâmetros entre 1.020mm e 1.030mm)
7. Protecção das fibras contra agentes nocivos, quando
o conector está aberto.

Dado o interesse mostrado por equipamento óptico desta natureza, especialmente utilizado na leitura de detectores em física de altas energias, parece-nos uma boa oportunidade o registo de patente do presente conector. Também especialmente interessante é o inovador método de colagem usado na construção do conector e que igualmente se pretende patentear.

Como será evidente aos peritos da técnica são possíveis várias alterações de pormenor ao modelo de execução preferido que se apresentou a título meramente exemplificativo e sem qualquer espírito limitativo. Todas elas deverão contudo ser consideradas dentro do espírito das reivindicações que se seguem.

Referências:

[SCIFI_93] J.W. HINSON, "High Density Scintillating Fiber to Waveguide Fiber Connectors", 1993, International Workshop on Scintillating Fiber Detectors, Purdue University, West Lafayette, Indiana 47907.



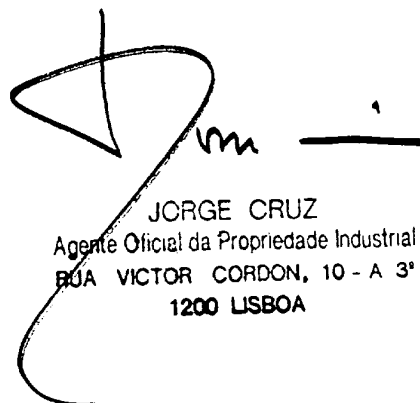
- 9 -

[PROPO_93] M. Pimenta, "Construction of a Small Polar Angle Charged Particle Tagger within the DELPHI Experiment", proposal submitted to CERN funds, 1992.

[FIBER_89] EDWARD A. LACY, "Fiber Optics", Publisher Prentice-Hall, Inc., 1982, Chapt. 5.

Lisboa, 13 de Outubro de 1994

O ADJUNTO



JORGE CRUZ
Agente Oficial da Propriedade Industrial
RUA VICTOR CORDON, 10 - A 3º
1200 LISBOA

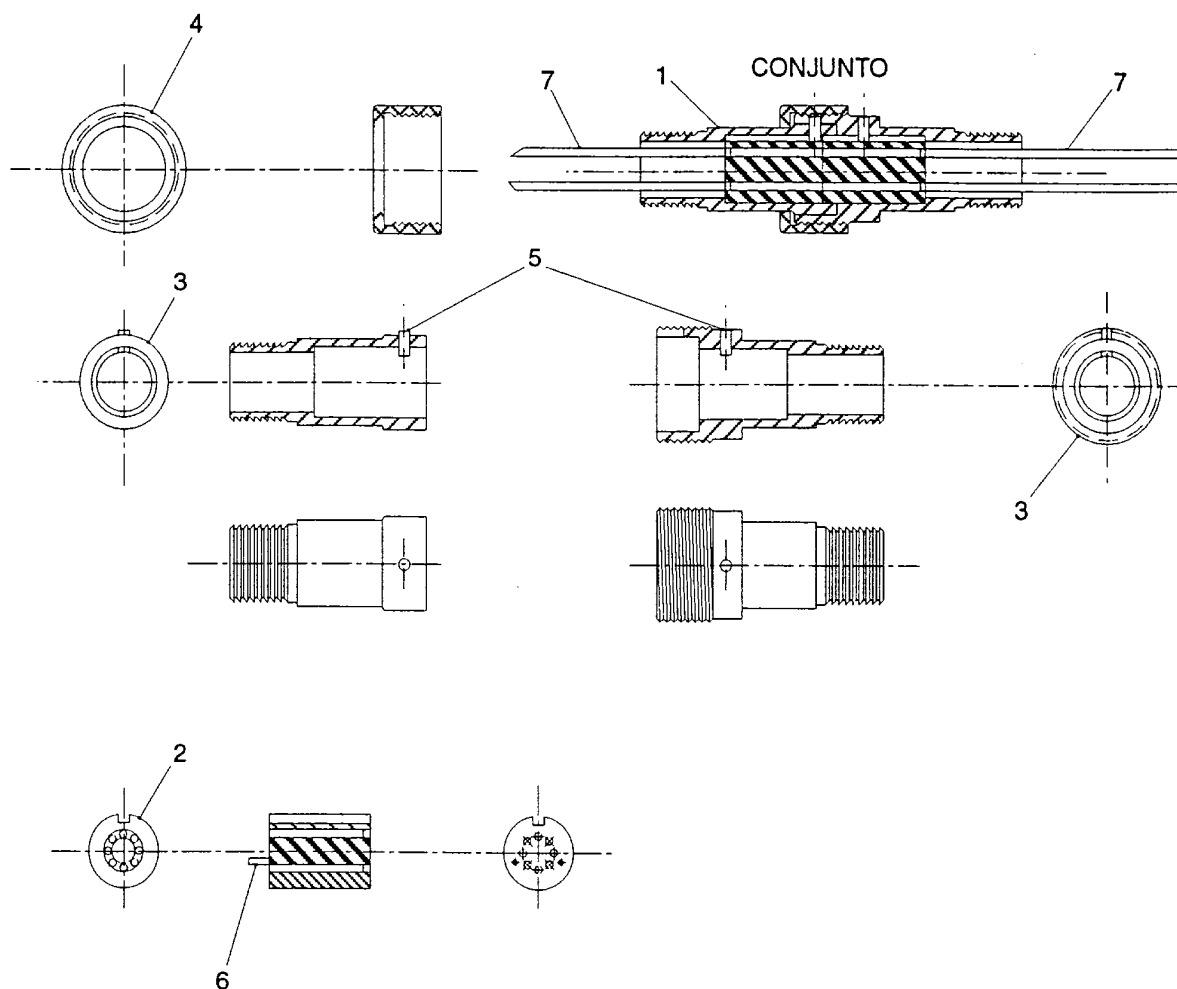
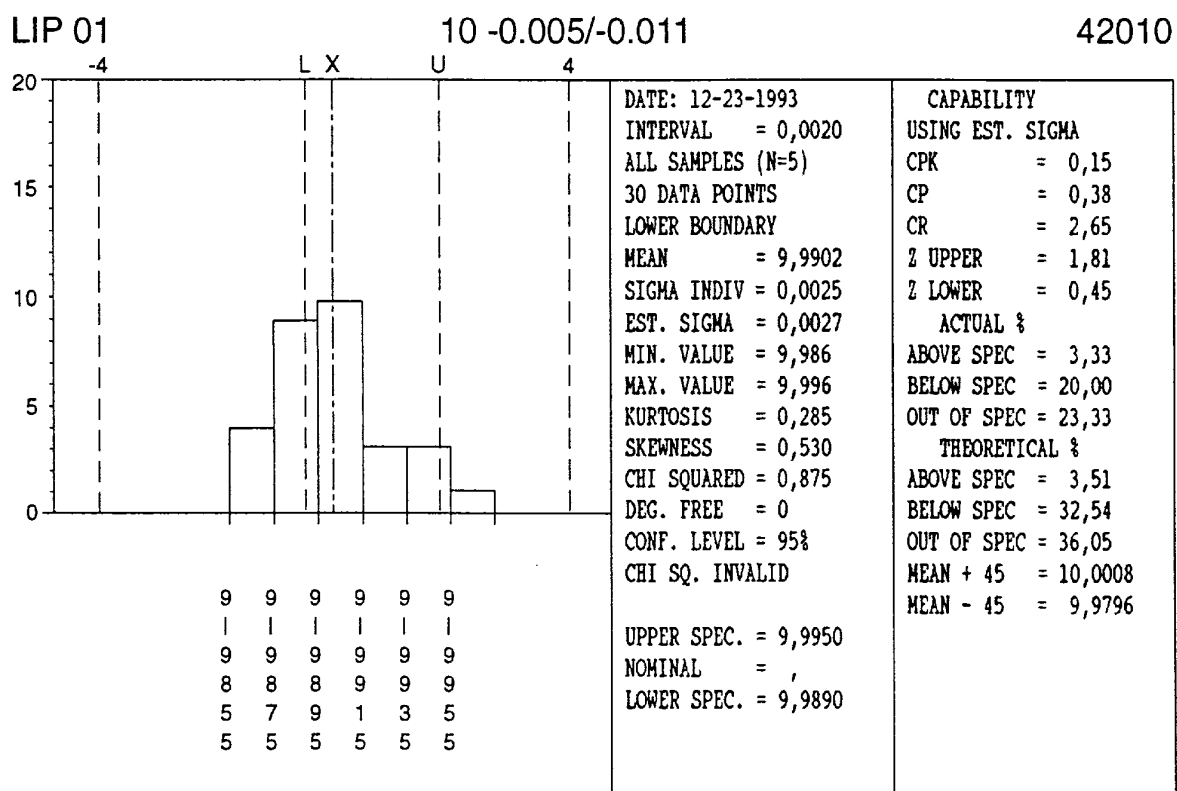


FIGURA 1



ESTUDO EFECTUADO C/ OS VALORES MÁXIMOS ENCONTRADOS

FIGURA 2

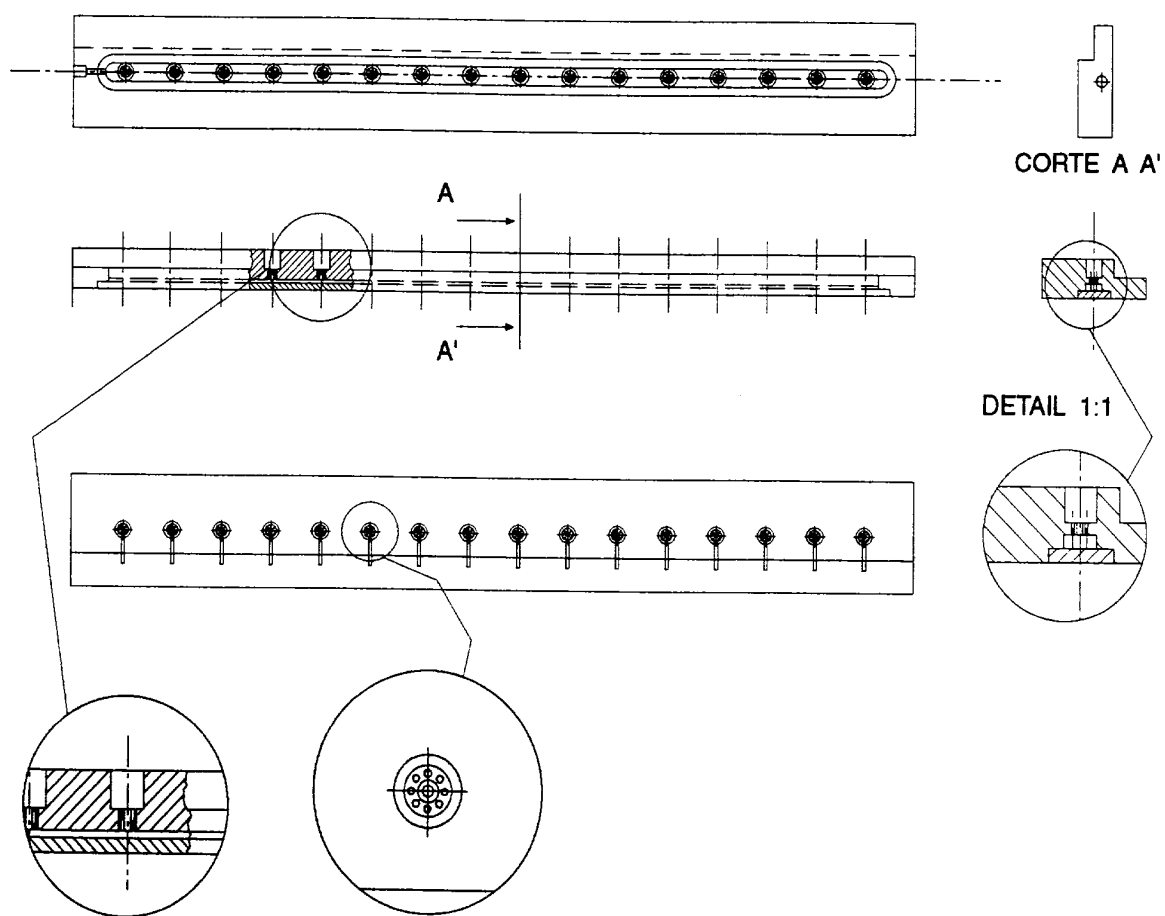
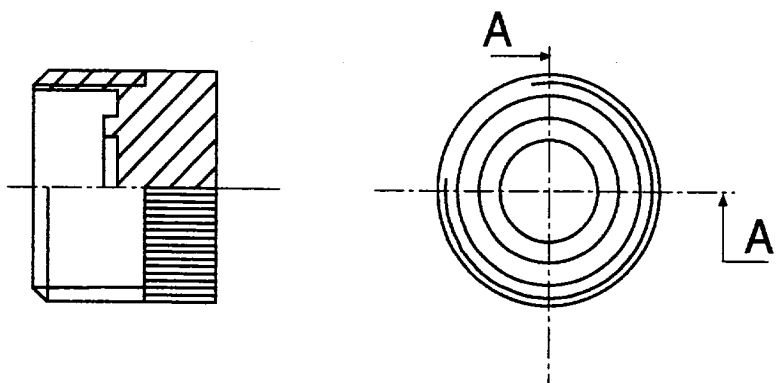


FIGURA 3

[Handwritten signature]

8



8

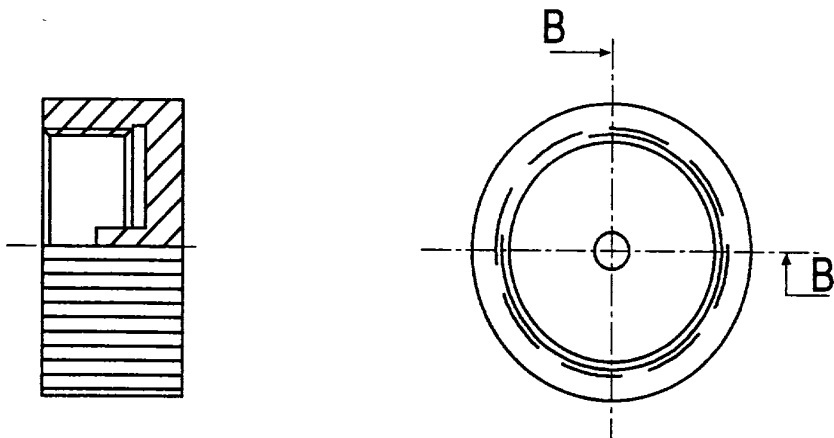


FIGURA 4



REIVINDICAÇÕES

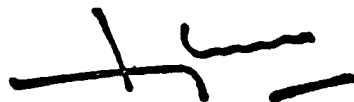
1ª - Conector de fibra óptica, caracterizado por ser essencialmente constituído dois cilindros em acrílico, de 15 mm de altura e perfurados (8 furos), para fixação de fibras com 1 mm de diâmetro; dois pinos de ajuste fino e centragem dos blocos de acrílico, em aço inox; dois suportes em anticorodal e uma porca de fixação e aperto (também em anticorodal); dois pinos de orientação dos suportes, em aço inox; e dois tampões, macho-fêmea, em Nylon para protecção das fibras, quando o conector se encontra aberto.

2ª - Conector de fibra óptica, de acordo com a reivindicação anterior, caracterizado por ser necessário que as peças que constituem o conector sejam maquinadas com uma grande precisão para se obter uma boa eficiência de transmissão de luz do conector da ordem dos 90% [FIBER_89] se o desvio de alinhamento dos eixos, de duas fibras encostadas topo a topo não ultrapassar os 5% da medida do diâmetro do núcleo da fibra, e se as superfícies planas das extremidades de ambas não fizerem um ângulo superior a 2º quando encostadas.

3ª - Conector de fibra óptica, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por, tendo em conta as dimensões da fibra, ser sujeito a uma maquinação, furação e alinhamento das peças, com uma precisão melhor que 30µm de modo a atingir a eficiência anteriormente referida.

4ª - Conector de fibra óptica, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por, para evitar que as fibras estejam demasiado expostas a agentes nocivos e mau manuseamento, os blocos de acrílico estarem recuados no interior das peças de anticorodal.

5ª - Conector de fibra óptica, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por a distância da



extremidade da fibra à face da peça de acrílico. A solução deste problema será descrita mais abaixo, tendo-se obtido uma precisão de alinhamento da ordem de $5\mu\text{m}$.

6ª - Conector de fibra óptica, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por nas peças de anticorodal serem introduzidos dois pinos em aço inoxidável, para alinhamento dos blocos de acrílico aquando da inserção dos mesmos sendo um destes pinos saliente, de forma a permitir um alinhamento grosseiro das peças de anticorodal, quando o conector é fechado, assegurando ainda que os pinos de aço inoxidável de ajuste fino, introduzidos nos blocos de acrílico, não riscuem as superfícies das fibras à sua frente.

7ª - Colector de fibra óptica, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por na parte inferior do furo, existir um batente em forma de anel onde o bloco de acrílico acenta, para a execução da colagem, cobrindo este anel apenas a zona circular onde se posicionam os furos na peça de acrílico, sendo a largura deste tal que cobre completamente o diâmetro de todos os furos, existindo, face a cada um destes furos, neste batente, um outro de menor diâmetro (0.6 mm) que permite a comunicação com uma câmara onde mais tarde se vai fazer vazio.

8ª - Colector de fibra óptica, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por as fibras serem protegidas da luz e de qualquer esforço mecânico ligeiro, por um tubo flexível de silicone colado no interior dos suportes de anticorodal, sendo estes tubos fixos exteriormente por manga termo-retráctil.

9ª - Método de colagem de alta precisão de fibras ópticas aos componentes do conector, caracterizado por as fibras serem coladas nos blocos de acrílico perfurados, utilizando uma estrutura especificamente desenvolvida para o

efeito a qual contém 16 orifícios, para possibilitar a colagem de 16 blocos de acrílico simultaneamente sendo o diâmetro interior destes tal que permita a introdução dos respectivos blocos de forma a estes ficarem bem posicionados, permitindo um dos referidos pinos de aço inox introduzido perpendicularmente ao eixo de cada furo, apenas uma posição de entrada da peça de acrílico.

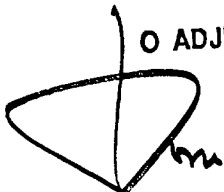
10ª - Método de colagem, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por uma vez as peças de acrílico em posição, quando se colocam as fibras para a colagem, se aplicar o vácuo a todo o sistema para permitir fixar as fibras na sua posição definitiva, permitindo assim uma colagem de precisão em que as faces das extremidades das fibras ficam a cerca de $5\mu\text{m}$ da superfície plana da peça de acrílico.

11ª - Método de colagem, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por um furo no centro do anel, também em comunicação com a câmara de vácuo, permitir também fixar por sucção a peça de acrílico em simultâneo com as fibras.

12ª - Método de colagem, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por na fase de colagem, depois das fibras já fixas na sua posição definitiva, se desligar a bomba de vácuo, sendo a cola (Bicron 600) aplicada uniformemente por meio de uma seringa, de modo a preencher o rebaixo existente na parte de trás dos blocos de acrílico, voltando-se a ligar a bomba de vácuo a seguir aplicação da cola, para assegurar a profundidade de penetração da cola na própria peça de acrílico, dando maior robustez mecânica ao conector.

Lisboa, 13 de Outubro de 1994

O ADJUNTO



JORGE CRUZ
Agente Oficial da Propriedade Industrial
RUA VICTOR CORDON, 10 - A 3ª
1200 LISBOA