

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2013.01.04	(73) Titular(es): CONTIPRO BIOTECH S.R.O. DOLNI DOBROUC 401 56102 DOLNI DOBROUC CZ
(30) Prioridade(s): 2012.01.19 CZ 20120033	
(43) Data de publicação do pedido: 2013.07.24	
(45) Data e BPI da concessão: 2015.02.11 090/2015	(72) Inventor(es): JIRI REBICEK CZ VLADIMIR VELEBNY CZ MAREK POKORNY CZ LADA SUKOVA CZ
	(74) Mandatário: ANTÓNIO INFANTE DA CÂMARA TRIGUEIROS DE ARAGÃO RUA DO PATROCÍNIO, Nº 94 1399-019 LISBOA PT

(54) Epígrafe: FIEIRA COMBINADA PARA O FABRICO DE MATERIAIS NANOFIBROSOS E MICROFIBROSOS

(57) Resumo:

A FIEIRA COMBINADA PARA A PRODUÇÃO DE MATERIAIS NANOFIBROSOS OU MICROFIBROSOS DE ACORDO COM A INVENÇÃO COMPREENDE UM ELÉCTRODO (1) DE PAREDE FINA E UM PRIMEIRO CORPO (2) NÃO CONDUTOR CONTÍGUO À PRIMEIRA PAREDE DO REFERIDO ELÉCTRODO DE PAREDE FINA, O REFERIDO PRIMEIRO CORPO POSSUINDO A SUA PAREDE, QUE ESTÁ VIRADA PARA O ELÉCTRODO (1) DE PAREDE FINA, DOTADA DE UMA FILA DE RANHURAS (5) AÍ FORMADAS, AS REFERIDAS RANHURAS CONDUZINDO À EXTREMIDADE (6) DISTAL DA FIEIRA COMBINADA E POSSUINDO AS SUAS EXTREMIDADES PROXIMAIS LIGADAS A UM FORNECIMENTO DE UMA MISTURA DE FIAÇÃO. O ELÉCTRODO (1) DE PAREDE FINA BEM COMO O PRIMEIRO CORPO (2) NÃO CONDUTOR PODEM ASSUMIR FORMAS EM PLACA OU CILÍNDRICAS. A FIEIRA COMBINADA PODE COMPREENDER AINDA O SEGUNDO CORPO (4) NÃO CONDUTOR CONTÍGUO À SEGUNDA PAREDE DO ELÉCTRODO (1) DE PAREDE FINA E DIRIGINDO O AR DA EXTREMIDADE PROXIMAL NA DIRECÇÃO DA EXTREMIDADE (6) DISTAL DA FIEIRA. A FIEIRA COMBINADA É FÁCIL DE DESMONTAR E LIMPAR UMA VEZ QUE OS CAPILARES DE FIAÇÃO ASSUMEM A FORMA DAS RANHURAS (5) FORMADAS NAS SUPERFÍCIES DOS, PRIMEIRO OU TERCEIRO, CORPOS (2 OU 7 RESPECTIVAMENTE) NÃO CONDUTORES.

RESUMO

"FIEIRA COMBINADA PARA O FABRICO DE MATERIAIS NANOFIBROSOS E MICROFIBROSOS"

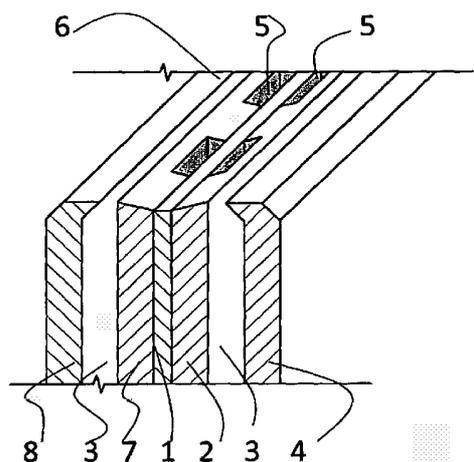


Fig. 3

A fieira combinada para a produção de materiais nanofibrosos ou microfibrados de acordo com a invenção compreende um eléctrodo (1) de parede fina e um primeiro corpo (2) não condutor contíguo à primeira parede do referido eléctrodo de parede fina, o referido primeiro corpo possuindo a sua parede, que está virada para o eléctrodo (1) de parede fina, dotada de uma fila de ranhuras (5) aí formadas, as referidas ranhuras conduzindo à extremidade (6) distal da fieira combinada e possuindo as suas extremidades proximais ligadas a um fornecimento de uma mistura de fiação. O eléctrodo (1) de parede fina bem como o primeiro corpo (2) não condutor podem assumir formas em placa ou cilíndricas. A fieira combinada pode compreender ainda o segundo corpo (4) não condutor contíguo à segunda parede do eléctrodo (1) de parede fina e dirigindo o ar

da extremidade proximal na direcção da extremidade (6) distal da fieira. A fieira combinada é fácil de desmontar e limpar uma vez que os capilares de fiação assumem a forma das ranhuras (5) formadas nas superfícies dos, primeiro ou terceiro, corpos (2 ou 7 respectivamente) não condutores.

DESCRIÇÃO

"FIEIRA COMBINADA PARA O FABRICO DE MATERIAIS NANOFIBROSOS E MICROFIBROSOS"

Campo técnico

A invenção refere-se a um dispositivo para o fabrico de materiais nanofibrosos ou microfibrados, compreendendo uma fieira combinada ligada a um dos pontos de potencial eléctrico de uma fonte de alimentação de alta tensão e ligada por meio de canais de distribuição, a um dispositivo para conferir a proporcionalidade de uma mistura polimérica, sendo a referida fieira passada pelo ar que se escoar na vizinhança próxima à mistura polimérica apropriadamente perfilada.

Técnica anterior

O método de fiação electrostática utilizado para produzir materiais nanofibrosos ou microfibrados baseia-se na utilização de dois eléctrodos ligados a pontos de potencial eléctrico invertido. Um dos referidos eléctrodos serve para conferir a proporcionalidade de uma solução polimérica e para perfilar a mesma em formas curvas possuindo pequenos raios de curvatura. Devido à acção das forças induzidas por um forte campo eléctrico, forma-se um denominado cone de Taylor e, simultaneamente, é criada uma fibra, sendo a última atraída pelas forças electrostáticas para o outro, *i. e.*, eléctrodo oposto possuindo polaridade invertida e servindo para capturar

as fibras esvoaçantes. Após terem sido capturadas, as fibras formam sucessivamente uma camada contínua na superfície do referido eléctrodo oposto, sendo a camada composta de fibras dispostas aleatoriamente com um pequeno diâmetro (geralmente variando entre dezenas de nanómetros e diversos micrómetros). De modo a possibilitar efectivamente a criação de uma fibra no forte campo eléctrico, várias condições têm de ser preenchidas em relação às propriedades físicas e químicas da própria solução polimérica bem como às influências ambientais e a geometria dos eléctrodos.

No método de fiação electrostática, as fibras individuais são formadas a partir da superfície da mistura polimérica pela acção das forças electrostáticas. Soluções líquidas ou viscosas são submetidas a forças de coesão internas e forças de capilaridade. As forças de capilaridade dependem da tensão de superfície e do tamanho do elemento da superfície do respectivo líquido em proporção directa do seu raio de curvatura na proporção inversa. Se o raio de curvatura for reduzido, as forças internas no líquido, que actuam na camada superficial do líquido entre outras, irão aumentar, provocando, por conseguinte, aumento da pressão dentro da mistura polimérica líquida ou viscosa. Tal redução do raio de curvatura ocorre, por exemplo, em capilares finos onde ocorrem os efeitos da elevação ou depressão capilar. Os efeitos anteriormente mencionados (particularmente os de depressão capilar) são, de um modo preferido, utilizados para adaptar a forma de uma mistura polimérica antes de iniciar o próprio processo de fiação. De modo a possibilitar a criação do cone de Taylor e jacto do polímero processado, as forças electrostáticas externas têm de superar as de coesão e capilares. A criação do cone de Taylor é primeiramente suportada pela curvatura da superfície da mistura

polimérica conseguida por meio de uma fieira apropriadamente configurada (a redução da curvatura de superfície irá dar origem a forças de capilaridade aumentadas que, por sua vez, irão provocar o aumento da pressão dentro de uma gota e actuar para romper a camada superficial da gota e, por este motivo, na destruição da própria gota). Deste modo, a utilização de um capilar fino, para dentro do qual a mistura polimérica processada é forçada, será muito benéfica para o processo electrostático de fiação. A mistura é depois formada como uma gota muito pequena na zona em torno do orifício do capilar. A mistura será forçada a ejectar-se para a frente (e a iniciação do próprio processo será possibilitada, quando se pretender processar misturas poliméricas com propriedades de fiação desfavoráveis) sob a acção das forças electrostáticas que são mais fracas do que as que actuam numa gota livremente formada da mistura polimérica (possuindo um maior diâmetro de curvatura de superfície). Por esse motivo, o princípio essencial e mais geralmente aplicado de uma fieira envolve uma fina agulha oca em combinação com a contínua criação de proporcionalidade de uma mistura polimérica que é forçosamente comprimida dentro da fieira. Pelas razões anteriores, foi desenvolvida uma pluralidade de diferentes tipos essenciais de fieiras. Deste modo, são realizáveis as seguintes disposições básicas:

Primeiramente, é conhecida uma fina agulha capilar utilizada como fieira. É muito provável que este tipo de fieira seja o mais disseminado no que respeita à preparação de nanofibras e microfibras em condições laboratoriais. As principais vantagens incluem simplicidade, relativa facilidade em conferir proporcionalidade e configuração da mistura polimérica processada na forma de uma gotícula possuindo um diâmetro muito pequeno que facilita a criação

do cone de Taylor bem como da fibra subseqüentemente produzida (que também é suportada por um marcado gradiente do campo electrostático gerado na zona da ponta da agulha, onde as forças electrostáticas que actuam localmente são multiplicadas, tornando por este motivo mais fácil a criação das fibras). Fieiras capilares são frequentemente utilizadas em dispositivos laboratoriais mas não são suficientemente eficazes para as necessidades da produção industrial. Uma solução semelhante foi divulgada nas Patentes originais U.S. 0705691 e 0692631 publicadas nos anos de 1900 e 1902, respectivamente, e referentes às dispersões de líquido, em que os processos se baseiam nos princípios de que são iguais aos subjacentes ao método de fiação electrostática contemporâneo.

Outra fieira conhecida consiste numa agulha capilar deslocável. A agulha capilar realiza movimento lateral (semelhante ao de uma cabeça de impressão) de modo a cobrir uma área maior do eléctrodo oposto durante a aplicação das fibras formando uma camada de revestimento. Em princípio, contudo, a forma de realização baseia-se no tipo anterior. Embora a agulha possa produzir materiais fibrosos em volumes aumentados, a sua produtividade global ainda é muito baixa.

Além disso, são conhecidas fieiras de colector. Tais fieiras também se baseiam no primeiro tipo descrito anteriormente, estando as agulha de capilares individuais agrupadas conjuntamente em quantidades superiores de modo a aumentar a produtividade dos correspondentes processos de fiação, como divulgado, e. g., nos pedidos de patente WO2007035011(A1), WO2004016839(A1) e WO2007061160(A1). A principal desvantagem de tais fieiras de colector é apresentada

pelos problemas relacionados com a distribuição irregular das soluções de fiação e pela tendência das fieiras de ficarem sujas (obstruídas), o que requer exactidão em subsequente limpeza e torna a manutenção global mais exigente.

Outra fieira conhecida é uma fieira coaxial. Fieiras coaxiais de duplo capilar são dotadas de duas misturas poliméricas que são de tipo diferente. Assim, as fibras finais possuem os seus núcleos e bainhas constituídos por materiais diferentes.

São também conhecidos na técnica eléctrodos de fiação sem agulhas. Tais eléctrodos utilizam a ondulação (curvatura) natural das superfícies livres ou camadas finas das misturas poliméricas, de modo a transformar as últimas em fibras por meio das forças induzidas por campos electrostáticos. É esperado um elevado nível de produtividade de processamento por este tipo de fieiras. Isto baseia-se na assumpção de que os cones de Taylor podem ser simultaneamente criados em múltiplos locais de uma superfície livre. No entanto, a assumpção anterior não foi ainda experimentalmente provada. Além disso, a aplicação de tais sistemas está limitada a uma estreita gama de polímeros de fiação fácil. A principal desvantagem, que é crítica em termos de produção em grande escala, consiste na variação das propriedades das soluções durante os processos de fiação devido aos últimos serem realizados em condições climáticas abertas, onde os componentes das soluções estão submetidos a evaporação natural e a alterações não controladas nos parâmetros físicos e químicos.

Nesses casos, a formação dos cones de Taylor ocorre directamente na superfície livre da mistura polimérica. Em

alternativa, os cones de Taylor formam-se a partir de gotas maiores que assumem formas naturais em áreas mais pequenas do eléctrodo de fiação. Todos os sistemas de fiação sem agulhas (ou sem jacto) anteriores, são indiscutivelmente baseados nas Patentes originais U.S. 1975504 e US 2048651 (publicadas nos anos 1934 e 1936 respectivamente) as quais também são fundamentais para o método electrostático contemporâneo utilizado para a preparação de nanofibras e microfibras. Tais fieiras são formadas, por exemplo, como copos cheios com a mistura polimérica na qual um cilindro rotativo está parcialmente mergulhado. A rotação do cilindro faz com que a mistura polimérica molhe a superfície exterior do mesmo, provocando a formação de cones de Taylor no lado oposto. Deste modo é possibilitada a formação das fibras. Documentos de patente posteriores, tais como EP1409775(A1), WO2005024101(A1), WO2009156822 e US2008150197(A1), descrevem uma disposição isenta de jacto muito semelhante, possuindo o mesmo princípio de funcionamento. O principal inconveniente de tais fieiras rotativas sem agulha consiste na variação dos parâmetros da mistura polimérica durante o processo de fiação. Isto deve-se à ocorrência de reacções superficiais contínuas e evaporação dos componentes da mistura de fiação, no interior da chávena e na extensa superfície do cilindro. Por este motivo, a mistura de fiação é submetida a variações consideráveis durante o processo (particularmente em termos de concentração, viscosidade, composição química, etc.). Por este motivo, as propriedades das fibras que são aplicadas também variam. Tal variação em propriedades (diâmetro, composição química e morfologia das fibras) não pode ser influenciada por qualquer modo controlado. Em muitos casos, o processo de fiação cessa espontaneamente após alguns minutos e todo o volume da mistura de fiação tem de ser substituído. Assim, a produção é ineficaz e dispendiosa visto a

composição das misturas de fiação incompletamente processadas ser totalmente desconhecida e a recuperação da mesma não ser realizável. Outra desvantagem surge das simulações numéricas da distribuição do campo electrostático que foram realizadas pela requerente. Esta desvantagem consiste no facto de a superfície activa, na qual os cones de Taylor se podem desenvolver, ser relativamente grande (em comparação com a utilização de uma fieira capilar). Existe um gradiente marcadamente inferior na superfície de uma fieira sem agulha e as forças electrostáticas externas não são suficientemente fortes para iniciar o processo de fiação. Esta tecnologia não pode ser utilizada para o processamento de materiais de fiação difícil.

Esta categoria também pode incluir um denominado eléctrodo de imersão que possibilita que as fibras se formem em zonas onde a mistura polimérica se escoia sobre um corpo convexo ou inunda o mesmo (PPVCZ2009-0425A3). Contudo, o último método consome uma considerável quantidade da mistura polimérica e não proporciona qualquer possibilidade adequada de recuperação. Não existe gradiente suficiente do campo eléctrico na superfície convexa do corpo condutor que torne o processamento de misturas poliméricas dificilmente fiáveis completamente impossíveis.

Um grupo especial inclui os mecanismos de fiação que suportam a formação do cone de Taylor de um modo mais eficaz e também empregam outros princípios que suportam a iniciação e progresso do processo de fiação. Isto é especialmente desejável em relação às misturas que não podem ser transformadas em nanofibras ou microfibras por meio de técnicas clássicas. O efeito das forças electrostáticas pode ser ainda suportado pela componente tangencial do ar que se escoia na vizinhança próxima da fieira capilar, como publicado nos documentos W02005033381,

WO2010143916(A2), WO2010144980(A1) e também de Ji, Ghosh *et al.*, 2006, Medeiros, Glenn *et al.* 2009 ou Larsen, Spretz *et al.* 2004. Tais fieiras de ar quente combinam a utilização de finas agulhas capilares em torno das quais ar pré-aquecido é forçado. As forças tangenciais criadas pelo escoamento de ar actuam na superfície da solução polimérica, suportando por este motivo a formação de cones de Taylor e, por sua vez, a formação de fibras. Por esse motivo, as fieiras de ar quente são utilizadas para processamento de misturas poliméricas dificilmente fiáveis. A vantagem da última disposição consiste no facto de a temperatura do escoamento de ar poder ser controlada de modo que o ar possa, *e. g.*, suportar activamente a rápida solidificação do raio (fibra) polimérico. Razão pela qual o princípio anterior é muito desejável. Além disso, o ar pré-aquecido influencia favoravelmente as condições climáticas dentro da câmara de deposição, acelerando por este motivo a evaporação dos solventes contidos na mistura polimérica. Em termos das propriedades físicas e químicas da solução polimérica, a última tecnologia não requer a utilização frequente de solventes ou tensioactivos tóxicos. No entanto, as principais desvantagens desta solução técnica consistem na baixa eficiência do processo de fiação e na complicada manutenção e limpeza das fieiras capilares, como mencionado anteriormente. Outras desvantagens de todas as soluções técnicas anteriores incluem as complexas concepções de forma das fieiras. A fina fieira está envolvida por um material condutor, que suprime substancialmente o gradiente do campo electrostático gerado em torno do orifício da fieira onde, em princípio, a acção de fortes forças electrostáticas é particularmente desejável. Tal redução das forças electrostáticas irá impedir o início do processo de fiação, não obstante a acção adicional das forças criadas pelo escoamento de ar. Outra desvantagem está relacionada com o contacto directo do

ar pré-aquecido com a fieira metálica onde a transferência provoca o aquecimento da mistura polimérica e, como pode ser o caso, a solidificação. Depois, a mistura solidificada acumula-se dentro do orifício da fieira provocando a sua obstrução e subsequente interrupção do processo.

Outra fieira conhecida é uma fieira de bolha. A fieira de bolha é composta por dois tubos coaxiais, em que a parte interior serve para forçar o ar e a parte exterior serve para o doseamento de uma solução polimérica a qual é, devido ao efeito do escoamento de ar, configurada em bolhas de parede fina. Tal formação de bolhas de parede fina contribui para a iniciação do processo e para a subsequente criação de fibras, como descrito no documento W02009042128.

Por fim, combinações dos tipos anteriores também são conhecidas. Uma versão exemplificativa pode compreender uma hélice de fio rotativo, como descrito no documento W02010043002(A1).

Sumário da invenção

O objectivo da presente invenção é apresentar uma nova solução de concepção de uma fieira combinada, que seja passível de ser utilizada para o método de fiação electrostática e destinada à produção de materiais nanofibrosos ou microfibrósos. A fieira de acordo com a invenção deve eliminar os inconvenientes das fieiras conhecidas na técnica. O anterior objectivo é, em grande medida, alcançado por meio de uma fieira combinada para a produção de materiais nanofibrosos ou microfibrósos, em que a referida fieira compreende um eléctrodo

de parede fina e um primeiro corpo não condutor contíguo à primeira parede do referido eléctrodo de parede fina, o referido primeiro corpo possuindo a sua parede, que está virada para o referido eléctrodo de parede fina, dotada de uma fila de ranhuras aí formadas e conduzindo à extremidade distal da fieira combinada. As referidas ranhuras possuem as suas extremidades proximais ligadas a um fornecimento de mistura de fiação. Um eléctrodo colector está disposto num local a uma dada distância da extremidade distal da fieira combinada e um fornecimento de tensão está ligado entre o referido eléctrodo colector e o referido eléctrodo de parede fina.

Numa forma de realização preferida da presente invenção, a fieira combinada compreende ainda um segundo corpo não condutor contíguo à segunda parede do eléctrodo de parede fina e dirigindo o ar da extremidade proximal na direcção da extremidade distal da fieira combinada.

Numa outra forma de realização preferida da presente invenção, o eléctrodo de parede fina assume a forma de um invólucro cilíndrico, no qual o primeiro corpo não condutor possuindo forma cilíndrica e estando dotado de na sua superfície está alojado, enquanto o segundo corpo não condutor, que serve para dirigir o meio gasoso da extremidade proximal na direcção da extremidade distal da fieira combinada, está configurado como uma bainha cilíndrica. O eléctrodo de parede fina está alojado numa cobertura cilíndrica constituída por um material não condutor. Entre a referida cobertura cilíndrica constituída por um material não condutor e o segundo corpo não condutor, existe um espaço interior coaxial, estando o último disposto para dirigir o ar na direcção da extremidade distal da fieira combinada.

Esta forma de realização é particularmente vantajosa se a extremidade distal da cobertura cilíndrica constituída por um material não condutor estiver situada abaixo do nível da extremidade distal do eléctrodo de parede fina.

Noutra forma de realização preferida da presente invenção, o eléctrodo de parede fina, o primeiro corpo não condutor e o segundo corpo não condutor possuem formas do tipo placa, sendo a primeira parede do referido eléctrodo de parede fina contígua ao referido primeiro corpo não condutor, sendo a superfície do último contígua ao referido eléctrodo de parede fina que está dotado de ranhuras conduzindo na direcção da extremidade distal do mesmo. O segundo corpo não condutor está disposto em oposição à segunda parede do eléctrodo de parede fina, definindo um espaço entre si próprio e o eléctrodo de parede fina, servindo o referido espaço para dirigir o ar na direcção da extremidade distal da fieira combinada.

Ainda numa outra forma de realização preferida da fieira combinada para a produção de materiais nanofibrosos ou microfibrósos de acordo com a invenção, a referida fieira está dotada de terceiro e quarto corpos não condutores, o eléctrodo de parede fina bem como o primeiro, segundo, terceiro e quarto corpo não condutor, respectivamente, possuem formas do tipo placa. A segunda parede do eléctrodo de parede fina é contígua à primeira parede do terceiro corpo não condutor, sendo a superfície do último, contígua ao eléctrodo de parede fina, dotada de ranhuras estendendo-se da extremidade proximal para a distal do eléctrodo de parede fina. O segundo corpo não condutor está disposto em oposição à segunda parede do primeiro corpo não condutor, o qual define um espaço entre si próprio e o primeiro

corpo não condutor, servindo o referido espaço para dirigir o ar na direcção da extremidade distal da fieira combinada. O quarto corpo não condutor está disposto em oposição à segunda parede do terceiro corpo não condutor, o qual define um espaço entre si próprio e o terceiro corpo não condutor, servindo o referido espaço para dirigir o ar na direcção da extremidade distal da fieira combinada.

Breve descrição dos desenhos

Para maior detalhe, a invenção será melhor descrita por meio dos desenhos anexos em que a Fig. 1 é uma vista em corte em perspectiva mostrando uma fieira linear combinada, de extremidade única, de acordo com a invenção, a Fig. 2 é uma vista de cima mostrando a fieira linear combinada, de extremidade única, da Fig. 1, a Fig. 3 é uma vista em corte em perspectiva mostrando uma fieira linear combinada, de extremidade dupla, de acordo com a invenção, a Fig. 4 é uma vista de cima mostrando a fieira linear combinada, de extremidade dupla, da Fig. 3, e a Fig. 5 é uma vista em corte mostrando uma disposição cilíndrica de uma fieira combinada de acordo com a invenção.

Formas de realização exemplificativas da invenção

Uma forma de realização exemplificativa de uma fieira linear combinada, de extremidade única, de acordo com a invenção, é mostrada nas Fig. 1 e 2. A primeira parede do eléctrodo **1** de parede fina, que possui a forma de uma placa fina na presente forma de realização, é contígua à primeira parede do

primeiro corpo **2** não condutor, o último possuindo também a forma do tipo placa. o segundo corpo **4** não condutor do tipo placa está disposto em oposição à segunda parede do eléctrodo **1** de parede fina, e paralelamente em relação à mesma, estando a referida parede separada do referido segundo corpo pelo espaço **3** interior. O eléctrodo **1** de parede fina está ligado a um fornecimento de alta tensão (não mostrado). O primeiro corpo **2** não condutor está dotado com as ranhuras **5** que são substancialmente paralelas umas às outras e estendem-se da extremidade **6** proximal para a distal da fieira linear combinada. A extremidade **6** distal da fieira combinada significa a extremidade da fieira linear combinada em torno da qual a solução polimérica é fiada após ter sido alimentada à fieira. Na presente forma de realização exemplificativa, as dimensões da área transversal das ranhuras **5** são de 1 x 2 mm. Contudo, quaisquer outras dimensões são concebíveis, dependendo das propriedades da solução polimérica que é fiada. O espaço **3** interior serve para fornecer o ar e para dirigir o escoamento de ar na direcção da extremidade **6** distal da fieira linear combinada. Um eléctrodo colector (não mostrado), está disposto num local a uma dada distância da extremidade **6** distal da fieira combinada e possuindo um fornecimento de alta tensão (também não mostrado), está acoplado entre o eléctrodo colector e o eléctrodo **1** de parede fina.

Quando a fieira está em funcionamento, a solução polimérica é comprimida para fora através das ranhuras **5** na direcção da extremidade **6** distal da fieira combinada. Subsequentemente, após ter alcançado o bordo do eléctrodo **1** condutor de parede fina, a solução polimérica é formada como pequenas gotículas ou como uma camada fina contínua possuindo um pequeno raio de curvatura. Visto as forças de capilaridade serem dependentes da tensão de

superfície e do tamanho do elemento de superfície do respectivo líquido em proporção directa e do seu raio de curvatura em proporção inversa, uma pequena gotícula constitui uma fonte ideal para a produção de microfibras ou nanofibras num processo de fiação. Um gradiente significativo do campo electrostático gerado na extremidade distal do eléctrodo **1** de parede fina induz a extracção das gotículas, que irão formar uma fibra a partir da solução polimérica. Depois, as gotículas deslocam-se na direcção de um eléctrodo colector, possuindo o último tensão nula na presente forma de realização. Este movimento das gotículas também é suportado pela corrente de ar que é forçada na direcção da extremidade **6** distal da fieira linear combinada. O número das microfibras ou nanofibras que são simultaneamente formadas é aproximadamente igual ao número das ranhuras **5**. Por este motivo, o número de fibras está apenas limitado em relação à exequibilidade prática. A utilização da fieira linear combinada, de extremidade única, de acordo com a invenção aumenta a eficácia na produção de microfibras e nanofibras possuindo uma composição estável e propriedades de qualidade. Isto deve-se ao facto de uma fieira linear combinada, de extremidade única, proteger a solução polimérica que está a ser processada contra efeitos nefastos da vizinhança, uma vez que a solução polimérica não entra em contacto com o ar ambiente antes de uma gotícula se formar na extremidade distal da fieira linear combinada, sendo o desenvolvimento das gotículas imediatamente seguido da formação de uma microfibra ou nanofibra. Por este motivo, os constituintes individuais da solução polimérica são impedidos de se evaporarem e não podem ocorrer variações da constituição das microfibras ou nanofibras que estão a ser formadas. Outra vantagem relaciona-se com a fácil manutenção e limpeza da fieira linear combinada, uma vez que as partes individuais da última podem ser desmontadas de um modo simples, tornando as

superfícies planares do primeiro corpo **2** não condutor com as ranhuras **5** expostas bem como as superfícies do eléctrodo **1** de parede fina acessíveis para limpeza.

Uma forma de realização exemplificativa de uma fieira linear combinada de extremidade dupla de acordo com a invenção é mostrada nas Fig. 3 e 4. A primeira parede do eléctrodo **1** de parede fina, que possui a forma de uma placa fina, é contígua à primeira parede do primeiro corpo **2** não condutor. o segundo corpo **4** não condutor está disposto em oposição à segunda parede do primeiro corpo **2** não condutor e, paralelamente, em relação ao mesmo, estando a referida parede separada do referido segundo corpo pelo espaço **3** interior. A primeira parede do primeiro corpo **2** não condutor está dotada com as ranhuras **5**, que são substancialmente paralelas umas às outras e estendem-se da extremidade **6** proximal para a distal da fieira linear combinada. A segunda parede do eléctrodo **1** de parede fina é contígua à primeira parede do terceiro corpo **7** não condutor. O quarto corpo **8** não condutor está disposto em oposição à segunda parede do terceiro corpo **7** não condutor e paralelamente em relação ao mesmo, sendo a referida parede separada do referido quarto corpo pelo espaço **3** interior. A primeira parede do terceiro corpo **7** não condutor está dotada com as ranhuras **5**, que são substancialmente paralelas umas às outras e estendem-se da extremidade **6** proximal para a distal da fieira linear combinada. O eléctrodo **1** de parede fina está ligado a um fornecimento de alta tensão (não mostrado). Um eléctrodo colector (não mostrado) está disposto num local possuindo uma dada distância da extremidade **6** distal da fieira combinada e um fornecimento de alta tensão (também não mostrado) está acoplado entre o eléctrodo colector e o eléctrodo **1** de parede fina. Na presente forma de realização exemplificativa, o primeiro, segundo,

terceiro e quarto corpos **2**, **4**, **7** e **8** não condutores também assumem formas do tipo placa.

Em funcionamento, a função da fieira linear combinada de extremidade dupla de acordo com a invenção é semelhante à da fieira linear combinada, de extremidade única, de acordo com a invenção. De novo, a solução polimérica é comprimida para fora pelas ranhuras **5** na direcção da extremidade **6** distal da fieira combinada. Subsequentemente, após ter alcançado o bordo do eléctrodo **1** condutor de parede fina, a solução polimérica é misturada e formada como pequenas gotículas ou como uma camada fina contínua possuindo um pequeno raio de curvatura. Um gradiente significativo do campo electrostático gerado na extremidade **6** distal do eléctrodo **1** de parede fina induz a extracção das gotículas, que irão formar uma fibra, a partir da solução polimérica. Depois, as gotículas deslocam-se na direcção de um eléctrodo colector, possuindo o último tensão nula na presente forma de realização exemplificativa. Na presente forma de realização, o número das ranhuras **5** é duplamente aumentado o que pode conduzir a uma eficácia aumentada do processo de fiação. Isto também pode criar novas possibilidades de melhoria. Na forma de realização exemplificativa da invenção, que é mostrada nas Fig. 3 e 4, as ranhuras **5** formadas na superfície do primeiro corpo **2** não condutor e na superfície do terceiro corpo **7** não condutor são dispostas directamente em oposição umas às outras. Neste caso, as ranhuras **5** formadas na superfície do primeiro corpo **2** não condutor e as que se formam na superfície do terceiro corpo **7** não condutor podem ser utilizadas para alimentar diferentes misturas de líquido. A preparação de misturas reactivas pode anteceder imediatamente o início do subsequente processo de fiação. Isto permite impedir reacções indesejadas das misturas durante o processo de fiação. O

espaço **3** interior serve para fornecer o ar e para dirigir o escoamento de ar na direcção da extremidade **6** distal da fieira linear combinada.

Novamente, o número das microfibras ou nanofibras que são formadas simultaneamente é aproximadamente igual ao número das ranhuras **5**. Por este motivo, o número de fibras é apenas limitado em relação à exequibilidade prática. A utilização da fieira linear combinada de extremidade dupla de acordo com a invenção, de um modo semelhante à da fieira linear combinada, de extremidade única, para a invenção, aumenta a eficácia na produção de microfibras e nanofibras possuindo uma composição estável propriedades de qualidade. Tanto a fieira linear combinada de extremidade única como a de extremidade dupla protegem a solução polimérica que é processada contra os efeitos nocivos da vizinhança, visto a solução polimérica não entrar em contacto com o ar ambiente antes de uma gotícula se formar na extremidade distal da fieira linear combinada, sendo o desenvolvimento das gotículas imediatamente seguido pela formação de uma microfibra ou nanofibra. Por este motivo, os constituintes individuais da solução polimérica são impedidos de evaporar e não podem ocorrer variações da constituição das microfibras ou nanofibras que são formadas. Outra vantagem relaciona-se com a fácil manutenção e limpeza da fieira linear combinada, uma vez que as partes individuais da última podem ser desmontadas de um modo simples, tornando as superfícies planares do primeiro e terceiro corpos **2**, **7** não condutores com as ranhuras **5** expostas bem como as superfícies do eléctrodo **1** de parede fina acessíveis para limpeza.

Uma forma de realização exemplificativa de uma fieira combinada cilíndrica de acordo com a invenção é mostrada na

Fig. 5. Esta fieira compreende o eléctrodo **1** cilíndrico de parede fina que passa gradualmente dentro de uma haste na direcção da extremidade proximal e fica alojado dentro do cilindro **10** oco constituído por um material não condutor. O eléctrodo cilíndrico de parede fina aloja **1** o primeiro corpo **2** condutor que é formado por um cilindro sólido dotado de uma fila de ranhuras na sua superfície exterior, as referidas ranhuras estendendo-se na direcção da extremidade **6** distal da fieira combinada cilíndrica. A parte de extremidade proximal do primeiro corpo **2** não condutor está dotada com o canal **11** de alimentação possuindo a forma de um anel envolvendo o primeiro corpo **2** não condutor e recebendo as bocas proximais de todas as ranhuras **5** e a boca da linha de alimentação para a solução polimérica. O eléctrodo **9** colector está disposto num local possuindo uma dada distância da extremidade **6** distal da fieira combinada e um fornecimento de alta tensão (não mostrado) está acoplado entre o eléctrodo colector e o eléctrodo **1** de parede fina. A fieira combinada cilíndrica está integrada na chávina **12** de retenção. A extremidade **13** proximal do eléctrodo **1** de parede fina transporta o suporte **14** de fieira que está dotado com o canal **15** para alojar uma linha de fornecimento de alta tensão do eléctrodo **1** de parede fina.

Em relação a todas as formas de realização anteriores da fieira de acordo com a invenção, torna-se evidente que a tensão, *i. e.*, a diferença de potencial eléctrico entre o eléctrodo **1** de parede fina e o eléctrodo **9** colector é importante para a função da fieira combinada de acordo com a invenção, em vez do potencial eléctrico individual do próprio eléctrodo **1** de parede fina.

Em funcionamento, a função da fieira combinada cilíndrica de acordo com a invenção é semelhante à da fieira linear combinada mencionada anteriormente de acordo com a invenção. A solução polimérica é comprimida para fora através das ranhuras **5** a partir do canal **11** de alimentação na direcção da extremidade **6** distal da fieira combinada. Subsequentemente, após ter alcançado o bordo do eléctrodo **1** condutor de parede fina, a solução polimérica é misturada e formada como pequenas gotículas ou como uma camada fina contínua possuindo um pequeno raio de curvatura. Um gradiente significativo do campo electrostático gerado na extremidade **6** distal do eléctrodo **1** de parede fina induz a extracção das gotículas, que irão formar uma fibra, a partir da solução polimérica. Depois, as gotículas deslocam-se na direcção de um eléctrodo colector, estando o último disposto em oposição à extremidade **6** distal da fieira combinada cilíndrica e possuindo tensão nula na presente forma de realização exemplificativa. Este movimento das gotículas é também suportado pela corrente de ar que é forçada através do espaço **3** interior na direcção da extremidade **6** distal da fieira linear combinada. O número das microfibras ou nanofibras que são formadas simultaneamente é aproximadamente igual ao número das ranhuras **5**. Por este motivo, o número de fibras está apenas limitado em relação à exequibilidade prática. A utilização da fieira linear combinada cilíndrica de acordo com a invenção aumenta a eficácia na produção de microfibras e nanofibras possuindo uma composição estável e propriedades de qualidade. Isto deve-se ao facto de uma fieira combinada cilíndrica proteger a solução polimérica que é processada contra efeitos nocivos da vizinhança, visto a solução polimérica não entrar em contacto com o ar ambiente antes de uma gotícula se formar na extremidade distal da fieira linear combinada, sendo o desenvolvimento das gotículas imediatamente seguido pela

formação de uma microfibrila ou nanofibrila. Por este motivo, os constituintes individuais da solução polimérica ficam impedidos de se evaporarem e não podem ocorrer variações da constituição das microfibrilas ou nanofibrilas. Outra vantagem relaciona-se com a fácil manutenção e limpeza da fieira combinada cilíndrica uma vez que as partes individuais da última podem ser desmontadas de um modo simples, tornando as superfícies planares do primeiro corpo **2** não condutor com as suas ranhuras **5** expostas, bem como as superfícies do eléctrodo **1** de parede fina, acessíveis para limpeza.

A fieira combinada de acordo com todas as formas de realização anteriormente descritas da invenção permite que as fibras sejam formadas a partir de diversos tipos de polímeros sintéticos e naturais que não são facilmente transformáveis em nanofibrilas ou microfibrilas. Devido à utilização do eléctrodo **1** de parede fina, a fieira combinada de acordo com a presente invenção multiplica o gradiente de forças dos campos electrostáticos, possibilitando por este motivo que forças mais elevadas actuem na solução polimérica. Por sua vez, isto torna claramente mais fácil a formação das fibras. As forças tangenciais adicionais que actuam na superfície da solução polimérica facilitam a formação de fibras, particularmente as que são fabricadas a partir de polímeros dificilmente fiáveis. A fieira de acordo com a invenção irá aumentar a produtividade global. Será passível de ser utilizado na produção industrial de materiais nanofibrosos ou microfibrilosos por meio do método electrostático de fiação. Simultaneamente, minimizará o risco de obstrução nas zonas dos canais para distribuição de soluções poliméricas dentro da fieira combinada e facilita a subsequente limpeza, mesmo que sejam utilizadas múltiplas fieiras. Antes do processo de fiação propriamente dito, a mistura polimérica não

está submetida a temperaturas mais elevadas. Além disso, a mistura é processada dentro de um espaço fechado que impede a ocorrência de quaisquer alterações nas propriedades físicas e químicas da solução polimérica antes do início do processo de fiação.

Isto foi alcançado por meio da disposição estrutural da fieira que se baseia nos resultados da simulação numérica realizada com a intenção de demonstrar as distribuições das linhas de corrente e linhas electrostáticas da força na vizinhança da fieira combinada de acordo com a presente invenção. Os resultados anteriores foram verificados por meio de muitas experiências de fiação envolvendo os polímeros sintéticos e os naturais, sendo os últimos de difícil fiação. A concepção da fieira de acordo com a invenção ultrapassa os problemas existentes relacionados com as fieiras, que são conhecidas na técnica, nomeadamente a inadequada distribuição dos campos electrostáticos, obstrução frequente e limpeza difícil das fieiras, baixa produtividade e propriedades variáveis das misturas poliméricas durante o processo de fiação. A fieira combinada de acordo com a invenção implementa os modos óptimos de conferir proporcionalidade e formar as misturas poliméricas, distribuições favoráveis das linhas electrostáticas da força quando submetidas a uma tensão elevada e distribuições favoráveis de linhas de corrente de ar. Por este motivo, a influência do ar, que é alimentado à fieira, pode ser minimizada.

É conferida proporcionalidade à mistura polimérica através das ranhuras **5** finas formadas entre o eléctrodo **1** metálico de parede fina e o primeiro corpo **2** não condutor adjacente ou, como pode ser o caso, o terceiro corpo **7** não condutor adjacente.

Quando está a ser comprimida para fora, a mistura polimérica forma espontaneamente pequenas gotículas no bordo do eléctrodo **1** condutor de parede fina. Tal formação inicial da mistura polimérica cria as condições que são favoráveis para o desenvolvimento dos cones de Taylor e para o subsequente início do próprio processo de fiação. Após ter sido preparada do modo anterior, a mistura polimérica permanece confinada dentro de um espaço fechado. Por este motivo, podem ser eficazmente evitadas quaisquer alterações desejáveis nos parâmetros físicos e químicos da mistura polimérica devido à evaporação dos seus componentes. Outra vantagem da fieira combinada de acordo com a invenção consiste no facto de todos os componentes da fieira serem muito fáceis de limpar uma vez que a última não contém quaisquer aberturas finas e longas (tais como tubes capilares e semelhantes) que seriam inacessíveis. A concepção da fieira combinada propriamente dita é realizada de tal modo que a fieira é muito fácil de desmontar e os maiores componentes da mesma são fáceis de lavar.

Quando o eléctrodo **1** de parede fina é ligado a um elevado potencial eléctrico, que gera um forte campo electrostático, os gradientes mais fortes desse campo electrostático desenvolvem-se numa pequena área do eléctrodo **1** de parede fina, *i. e.*, na área que corresponde ao ponto na extremidade distal do eléctrodo **1** de parede fina onde está a ser formada uma gotícula da solução polimérica. Tais gradientes de forças significativos do campo electrostático são essenciais para a formação de um cone de Taylor e para o início do subsequente processo de fiação. A concepção da fieira combinada baseia-se de modo favorável numa fina fieira capilar que possui diversas vantagens distintas, incluindo, entre outras, fácil limpeza e risco insignificante de

obstrução durante o processo de fiação conjuntamente com a produtividade incomparavelmente superior.

Outra vantagem das disposições descritas fazendo referência à presente invenção consistem numa elevada eficácia das fieiras combinadas não pode ser obtida por qualquer dos tipos conhecidos de fieiras sem serem acompanhadas pelos inconvenientes da técnica anterior, tais como obstrução, variações nos parâmetros das soluções poliméricas durante o processo de fiação, subsequente limpeza complicada ou semelhantes. Tal elevado nível de eficácia é obtido pela multiplicação dos canais de distribuição nas superfícies lisas de uma fieira linear combinada de extremidade única ou de extremidade dupla ou na superfície curva de uma fieira combinada cilíndrica, e pelo desenvolvimento resultante de muitas gotículas pequenas a partir das quais os cones de Taylor e, subsequentemente, as próprias fibras são formadas.

Além disso, todas as formas de realização anteriores da fieira combinada utilizam um suporte de componente de escoamento de ar adicional através das suas forças tangenciais, do desenvolvimento dos cones de Taylor e da subsequente formação das fibras sem afectar as propriedades da solução polimérica a ser fiada devido a temperatura aumentada. O caudal do ar pode ser controlado para aumentar o volume da solução polimérica que é fiada, melhorando por este motivo a produtividade do processo global. Além disso, o possível controlo de temperatura influencia favoravelmente as condições climáticas nos pontos em que as fibras individuais são formadas e dentro de toda a câmara de deposição. Por este motivo, as quantidades físicas relacionadas com as propriedades do ar, tais como o caudal e a temperatura, são parâmetros regulados que permitem que o

processo seja controlado com o objectivo de obter as desejadas propriedades morfológicas dos materiais nanofibrosos e microfibrosos.

Exemplo 1

Numa forma de realização preferida da invenção, a fieira combinada de extremidade única para realizar o método de fiação electrostática compreende três componentes do tipo placa paralelos, como mostrado nas Fig. 1 e 2. O primeiro corpo **2** não condutor possuindo uma espessura de 5 mm está em contacto próximo com o eléctrodo **1** de parede fina que está ligado ao potencial eléctrico de um fornecimento de alta tensão. A parede do referido eléctrodo possui 1 mm de espessura. Na sua superfície contígua ao eléctrodo **1** de parede fina, o primeiro corpo **2** não condutor está dotado com as ranhuras **5** possuindo as dimensões de 1x2 mm servindo para a distribuição da mistura polimérica. A mistura polimérica é alimentada pelas ranhuras **5** na direcção do bordo do eléctrodo **1** de parede fina onde é misturada e formada como pequenas gotículas ou como uma camada fina contínua possuindo um pequeno raio de curvatura. O segundo corpo **4** não condutor está situado à distância de 8 mm da segunda parede do eléctrodo **1** de parede fino, delimitando por este motivo o espaço **3** interior que permite que o escoamento de ar seja fornecido.

Exemplo 2

Noutra forma de realização preferida da invenção, a fieira combinada de extremidade dupla para realizar o método de fiação

electrostática compreende cinco componentes do tipo placas paralelas que estão dispostos com a ordem seguinte: segundo corpo **4** não condutor, primeiro corpo **2** não condutor, eléctrodo **1** de parede fina, terceiro corpo **7** não condutor, e quarto corpo **8** não condutor. Por este motivo, o componente do meio é o eléctrodo **1** de parede fina que é formado por uma placa possuindo 1 mm de espessura, 50 mm de altura e 100 mm de comprimento e que está ligado ao potencial eléctrico de um fornecimento de alta tensão. Em cada lado, as superfícies do eléctrodo **1** de parede fina são contíguas de perto ao primeiro corpo **2** não condutor, que é formado por uma placa possuindo 5 mm de espessura, e pelo terceiro corpo **7** não condutor, que também possui 5 mm de espessura. Nas suas superfícies contíguas ao eléctrodo **1** de parede fina, o primeiro e terceiro corpos **2**, **7** não condutores estão dotados com as ranhuras **5** possuindo as dimensões de 1x2 mm a servir para a distribuição de duas misturas de líquidos diferentes. Cada mistura é individualmente alimentada pelas correspondentes ranhuras **5** na direcção do bordo do eléctrodo **1** de parede fina, que está centralmente situado na extremidade **6** distal da fieira combinada de extremidade dupla, onde as misturas são misturadas e formadas como pequenas gotículas ou como uma camada fina contínua possuindo um pequeno raio de curvatura. O segundo corpo **4** não condutor está situado a uma distância longitudinal de 8 mm do primeiro corpo **2** não condutor, servindo o espaço **3** interior formado entre os dois corpos para fornecer e dirigir o ar que se escoia na direcção da extremidade **6** distal da fieira combinada. Do mesmo modo, o quarto corpo **8** não condutor está situado a uma distância longitudinal de 8 mm do terceiro corpo **7** não condutor, servindo o espaço **3** interior formado entre queles dois corpos para fornecer e dirigir o ar que se escoia na direcção da extremidade **6** distal da fieira combinada.

Exemplo 3

Ainda numa outra forma de realização preferida da invenção, a fieira combinada compreende o eléctrodo **1** de parede fina que assume a forma de um cilindro oco de parede fina, que possui o diâmetro de 50 mm e a espessura de parede de 1 mm. O lado interior da parede do referido cilindro é contíguo ao primeiro corpo **2** não condutor possuindo a forma de um cilindro sólido. A superfície do referido cilindro sólido está dotada de 16 ranhuras **5** possuindo as dimensões de 1x2 mm e servindo para alimentar a mistura polimérica. A mistura polimérica é alimentada a partir de um reservatório de armazenamento através do canal **11** de alimentação envolvendo o primeiro corpo **2** não condutor às ranhuras **5** e subsequentemente comprimida para fora através das referidas ranhuras bem como através dos orifícios, que estão dispostos a jusante das últimas, na direcção do bordo do eléctrodo **1** de parede fina onde a mistura é subsequentemente formada como pequenas gotículas. O caudal das misturas poliméricas varia entre 10 e 10000 µl/min. O segundo corpo **4** não condutor, também possui a forma de um cilindro oco, está fixo a uma certa distância para o exterior do eléctrodo **1** de parede fina. Nesta forma de realização exemplificativa, a distância de 8 mm entre o eléctrodo **1** de parede fina e o segundo corpo **4** não condutor delimita o espaço **3** interior que serve para fornecer a corrente de ar pré-aquecido, a temperatura e o caudal do ar variando de 20 a 100 °C e de 0 a 1000 L/min, respectivamente, O espaço **3** interior aloja o cilindro **10** oco não condutor possuindo propriedades eléctricas e de isolamento térmico. Por este motivo, o gradiente do campo eléctrico fica melhor focado e amplificado, a ocorrência de transferência de calor do

escoamento de ar através do eléctrodo **1** de parede fina para a mistura polimérica é impedida e, além disso, a circunferência externa do envolvimento do campo eléctrico possui a forma adequada para reter a mistura polimérica supérflua.

Aplicabilidade industrial

A invenção é particularmente útil para a preparação laboratorial e produção industrial de materiais fibrosos, tais como materiais compostos de nanofibras ou microfibras, por meio do método de fiação electrostática.

Lisboa, 14 de Abril de 2015

REIVINDICAÇÕES

1. Fieira combinada para a produção de materiais nanofibrosos ou microfibrosos, caracterizada por compreender um eléctrodo (1) de parede fina e um primeiro corpo (2) não condutor contíguo à primeira parede do referido eléctrodo de parede fina, o referido primeiro corpo (2) não condutor possuindo a sua parede, que está virada para o eléctrodo (1) de parede fina, dotada de uma fila de ranhuras (5) aí formadas, as referidas ranhuras conduzindo à extremidade (6) distal da fieira combinada e possuindo as suas extremidades proximais ligadas a um fornecimento de uma mistura de fiação.

2. Fieira combinada para a produção de materiais nanofibrosos ou microfibrosos de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por compreender ainda um segundo corpo (4) não condutor contíguo à segunda parede do eléctrodo (1) de parede fina e dirigir o ar na direcção da extremidade (6) distal da fieira combinada.

3. Fieira combinada para a produção de materiais nanofibrosos ou microfibrosos de acordo com a reivindicação 2, caracterizada por o eléctrodo (1) de parede fina assumir a forma de um invólucro cilíndrico, no qual o primeiro corpo (2) não condutor possuindo forma cilíndrica e estando dotado de ranhuras na sua superfície está alojado, sendo a superfície exterior do referido primeiro corpo contígua à superfície interior do referido invólucro cilíndrico, enquanto o segundo corpo (4) não condutor, que serve para dirigir o ar na direcção da extremidade (6) distal da

fieira combinada, é perfilado como uma bainha cilíndrica, estando o eléctrodo (1) de parede fina alojado na cobertura (10) cilíndrica constituída por um material não condutor, a última e o segundo corpo (4) não condutor definindo o espaço (3) interior coaxial entre eles para dirigir o ar na direcção da extremidade (6) distal da fieira combinada.

4. Fieira combinada para a produção de materiais nanofibrosos ou microfibrosos de acordo com a reivindicação 3, caracterizada por a extremidade distal da cobertura (10) cilíndrica constituída por um material não condutor estar situada abaixo do nível da extremidade distal do eléctrodo (1) de parede fina.
5. Fieira combinada para a produção de materiais nanofibrosos ou microfibrosos de acordo com as reivindicações 1 ou 2, caracterizada por o eléctrodo (1) de parede fina, o primeiro corpo (1) não condutor e o segundo corpo (4) não condutor possuírem formas do tipo placa, sendo a primeira parede do referido eléctrodo (1) de parede fina contígua ao primeiro corpo (1) não condutor, estando a superfície do último contígua ao eléctrodo (1) de parede fina dotada de ranhuras conduzindo na direcção da extremidade distal do eléctrodo (1) de parede fina, e estando o segundo corpo (4) não condutor disposto paralelamente em relação à segunda parede do eléctrodo (1) de parede fina, criando desse modo o espaço (3) entre si próprio e o eléctrodo (1) de parede fina para dirigir o ar na direcção da extremidade (6) distal da fieira combinada.

6. Fieira combinada para a produção de materiais nanofibrosos ou microfibrados de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por a fieira estar dotada com o terceiro e quarto corpos (7 e 8) não condutores, o eléctrodo (1) de parede fina bem como o primeiro, segundo, terceiro e quarto corpo (2, 4, 7 e 8 respectivamente) não condutor possuindo formas do tipo placa, sendo a segunda parede do eléctrodo (1) de parede fina contígua à primeira parede do terceiro corpo (7) não condutor, estando a superfície do último contígua ao eléctrodo (1) de parede fina dotada de ranhuras estendendo-se da extremidade proximal para a distal do eléctrodo (1) de parede fina, estando o segundo corpo (4) não condutor disposto em oposição à segunda parede do primeiro corpo (2) não condutor, definindo desse modo o espaço (3) entre si próprio e o primeiro corpo (2) não condutor, servindo o referido espaço para dirigir o ar na direcção da extremidade (6) distal da fieira combinada, e estando o quarto corpo (8) não condutor disposto em oposição à segunda parede do terceiro corpo (7) não condutor, definindo desse modo o espaço (3) entre si próprio e o terceiro corpo (7) não condutor, servindo o referido espaço igualmente para dirigir o ar na direcção da extremidade (6) distal da fieira combinada.

Lisboa, 14 de Abril de 2015

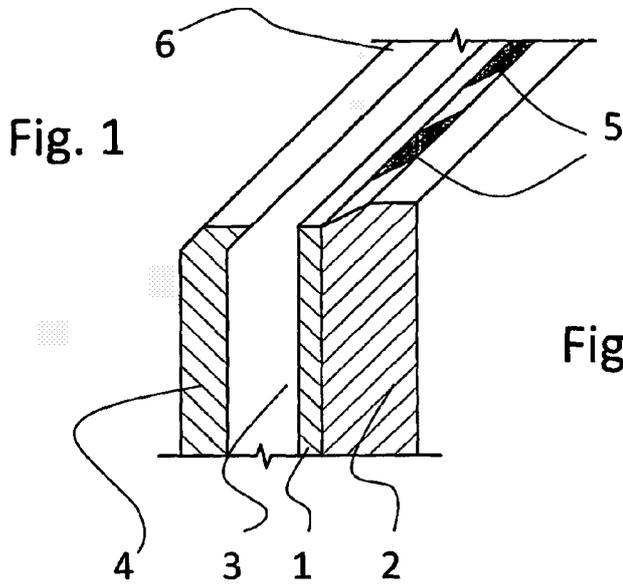


Fig. 2

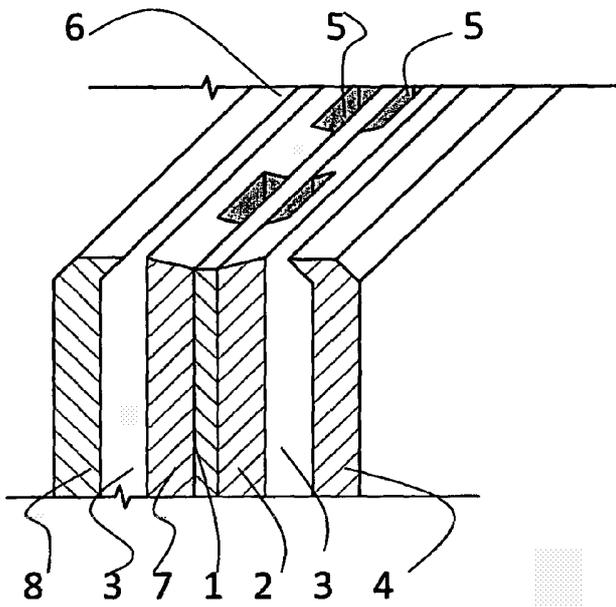
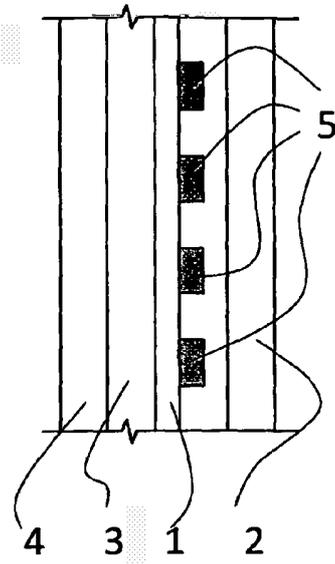


Fig. 3

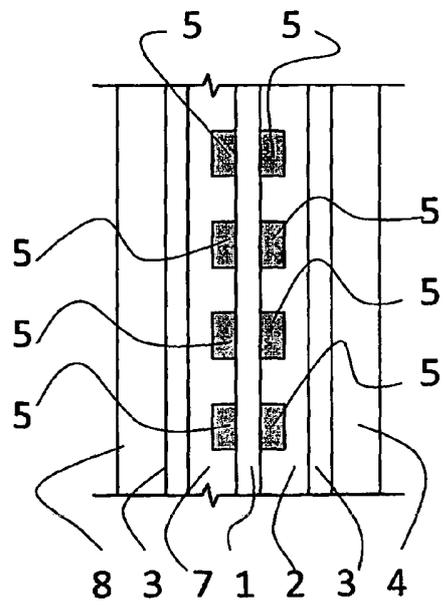


Fig. 4

