



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 15 588 T2** 2005.11.10

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 222 032 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 15 588.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/03631**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 906 029.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/028692**

(86) PCT-Anmeldetag: **11.02.2000**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **26.04.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.07.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.11.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.11.2005**

(51) Int Cl.⁷: **B03C 3/28**
B03C 3/12

(30) Unionspriorität:

420701 19.10.1999 US

(73) Patentinhaber:

**3M Innovative Properties Co., Saint Paul, Minn.,
US**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**HAGGLUND, K., Joel, Saint Paul, US; INSLEY, I.,
Thomas, Saint Paul, US; JOHNSON, W., Todd,
Saint Paul, US**

(54) Bezeichnung: **ELEKTROFILTER**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung für die Elektrofilterung von Staub und anderen kleinen partikulären Verschmutzungen aus einem gasförmigen Trägermaterial.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] Eine Vielfalt von Filtervorrichtungen wird verwendet, um partikuläre Verschmutzungen einschließlich Staubpartikel, Dunste, Rauchpartikel und dergleichen aus gasförmigen Trägermaterialien und insbesondere aus Luft (im Folgenden kollektiv als "Luft" bezeichnet) zu entfernen. Bestimmte dieser Filtervorrichtungen verlassen sich auf das Einfangen der Partikel auf Basis von Ladungen, die inhärent sind oder aktiv auf die Partikel induziert werden. Bei den Vorrichtungen mit aktiver Ladung ist ein Ladungsemitter oder Ionisator vorhanden, der aktiv Ladungen zu den Partikeln überträgt. Eine Sammelvorrichtung ist mit der Ladevorrichtung gekoppelt, um die geladenen Teilchen einzufangen. Diese elektrostatischen Luftfilter haben verglichen mit herkömmlichen mechanischen Filtervorrichtungen verbesserte Sammelleistungen für kleine partikuläre Materialien gezeigt.

[0003] Zum Beispiel beschreibt JP-A-56010314 einen Elektret-Filter, bei dem zwei Arten von Elektret-Makromolekularfilmen abwechselnd aufeinander gestapelt sind, nämlich gewellte oder gefaltete gerade Filme und flache Filme, die sich jeweils in einer Ebene erstrecken. Durch jedes dieses Paares von gewellten und flachen Filmen werden Durchflußkanäle definiert, die gerade innere Oberflächen aufweisen.

[0004] Elektrofilter werden heute verbreitet zur industriellen Gasreinigung bei der Entfernung von Partikeln, die kleiner als 20 Mikron sind, verwendet. Elektrofilter setzen Ionisierung oder andere Ladungsemitterquellen und von elektrischen Feldern stammende Kräfte ein, um das Einfangen von Partikeln in Systemen mit hohem Durchfluß und niedrigem Druckabfall zu fördern. Elektrofilter können entweder eine einstufige Vorrichtung, wobei die Ionisierungsquelle und die Sammelelektrode in einem einzelnen Element kombiniert sind, oder üblicher eine zweistufige Vorrichtung sein, die eine stromaufwärts befindliche Ionisierungsquelle einsetzt, welche von einer stromabwärts befindlichen Partikelsammelstufe unabhängig ist. Funktionale Eigenschaften wie etwa eine verhältnismäßig hohe Leistungsfähigkeit und ein geringer Druckabfall machen zweistufige Elektrofilter für Innenluftqualitätssteigerungsanwendungen besonders gut geeignet. Doch diese Vorrichtungen sind verhältnismäßig teuer, benötigen eine periodische Reinigung, und können im Lauf der Zeit zu riechen beginnen. Die Sammelleistung wird auch durch die abgelagerten Partikel nachteilig beeinflusst und kann im Lauf der Zeit schlechter werden.

[0005] Elektrofilter dieser Art sind bereits bekannt. Zum Beispiel offenbart GB-A-2 308 320 eine Luftfiltervorrichtung, die ein an eine Hochspannungsquelle angeschlossenes Koronaentladungsmittel zum elektrischen Laden von Schmutzpartikeln, die durch die Vorrichtung verlaufen, und ein elektrisches Filterelement zum Sammeln geladener Schmutzpartikel aufweist.

[0006] In zweistufigen Elektrofiltervorrichtungen werden Schwebepartikel im Allgemeinen geladen, während der schwebepartikelbeladene Gasstrom zwischen einer Hochspannungselektrode und einer Erdung hindurchgeführt wird, die bei einer Feldstärke gehalten werden, welche ausreichend ist, um zwischen den Elektroden eine Glühentladung oder eine Korona herzustellen. Die ausgesendeten Gasionen und Elektronen, die in der Korona erzeugt werden, bewegen sich über den Durchflußstrom und kollidieren mit partikulären Verschmutzungen im Gasstrom und laden diese auf. Dieser Mechanismus, der als eine Bombardierung oder eine Feldladung bekannt ist, ist hauptsächlich für das Laden von Partikeln mit einer Größe von mehr als 1 Mikron verantwortlich. Schwebepartikel, die kleiner als etwa 0,2 Mikron sind, werden durch einen als Diffusionsladung bekannten zweiten Mechanismus geladen, der sich aus der Sammlung von Gasionen an Partikeln durch Wärmebewegung der Ionen und die Brownsche Bewegung der Partikel ergibt.

[0007] Wenn ein dielektrisches oder leitfähiges Partikel in den Weg von beweglichen Ionen gestellt wird, wird einem Anteil der Oberfläche jedes Partikels eine starke elektrische Ladung verliehen werden. Diese Ladung wird beinahe augenblicklich über die Oberfläche eines leitfähigen Partikels weiterverteilt werden, während sie über die Oberfläche eines Nichtleiterpartikels nur sehr langsam weiterverteilt wird. Sobald sie geladen sind, werden partikuläre Verschmutzungen zur Sammeloberfläche bewegt, wenn sie in die Partikelsammelstufe eintreten. In Abwesenheit beweglicher Ionen sind leitfähige Teilchen, die an der Sammeloberfläche eingefangen sind, frei, um die Oberfläche zu verlassen, da sie ihre Ladung mit der Oberfläche geteilt haben. Andererseits werden dielektrische und/oder nichtleitende Partikel, die ihre Ladung nicht leicht verlieren, an der Sammeloberfläche zurückgehalten. Diese Anziehungskraft wird jedoch schwächer, wenn sich Schichten von Partikeln aufbauen und tatsächlich eine elektrische Isolationsgrenze zwischen den Partikeln und der Sammeloberfläche

bilden. Diese Ladungsentkopplungsmechanismen in Verbindung mit einer durch die stationäre Strömung bewirkten dynamischen Bewegung an der Sammeloberfläche kann zu einer Entbindung der partikulären Materialien vom Sammler führen. Sobald die Entbindung von der Sammeloberfläche auftritt, ist das Partikel frei, um sich selbst wieder in den Luftstrom einzubringen.

[0008] Elektrofiltervorrichtungen, die sich auf die elektrostatische Anziehung zwischen Verschmutzungspartikeln und geladenen Sammeloberflächen verlassen, sind im Allgemeinen beispielhaft durch Sammler veranschaulicht, die aus durch dielektrische Isolatoren getrennten, aktiv geladenen leitfähigen (metallischen oder metallisierten) flachen Elektrodenplatten gebildet sind, wie sie etwa in US-A-4,234,324 oder US-A-4,313,741 beschrieben sind. Bei diesen Vorrichtungen werden inhärent geladene Partikel oder Partikel, die wie etwa durch einen wie oben beschriebenen Ionisator oder Ladungsemitter mit einer Ladung induziert sind, zwischen flachen geladenen Elektrodensammelplatten hindurchgeführt. US-A-4,234,324 schlägt die Verwendung von dünnen metallisierten Mylar-Bögen vor, die durch isolierende Distanzstücke an den Enden der Bögen getrennt sind und zu einer Rolle gewickelt sind. Diese Strukturen sind als billiger als herkömmliche Metallplatten beschrieben und können durch Niederspannungsquellen gespeist werden, welche jedoch eine engere Beabstandung der metallisierten Bögen benötigen. Dieser Aufbau weist angeblich Kosten auf, die gestatten würden, daß der Sammler vielmehr weggeworfen wird, als eine periodische Reinigung zu benötigen. Zusätzlich würde dieser Aufbau auch das Geruchsproblem beseitigen. US-A-4,313,741 beschreibt ebenfalls die obigen Probleme mit herkömmlichen Metallplatten und schlägt eine bestimmte Plattengestaltung vor, um die Probleme der Funkenbildung und einige der Probleme des Verlusts der Wirksamkeit zu behandeln, doch wird nach wie vor eine periodische Reinigung benötigt und stellen Gerüche immer noch ein Problem dar.

[0009] In einem Versuch, betriebsfähige Elektrofiltervorrichtungen bereitzustellen, die keine periodische Reinigung benötigen, beschreibt US-A-3,783,588 die Verwendung von dauerhaft elektrisch geladenen Polymeren, die sich auf Rollen in den Sammler und daraus heraus bewegen. Bei diesem Aufbau wird ständig neuer, unverschmutzter, geladener Film von einer Rolle in den Sammelraum bewegt und schmutziger Film aus dem Sammelraum auf eine Sammelrolle bewegt. Die Filmrollen müssen periodisch ersetzt werden, was insbesondere dann, wenn große Zahlen von Filmrollen verwendet werden, zeitaufwendig wäre. Es bleibt nach wie vor ein Bedarf an billigen, modularen, wegwerfbaren Sammelvorrichtungen, die hohe Sammelleistungen zeigen.

[0010] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Sammelvorrichtung bereitzustellen, die den oben erwähnten Bedarf erfüllt und die vorerwähnten Probleme löst.

Kurzdarstellung der Erfindung

[0011] Diese Aufgabe wird durch die Elektrofiltervorrichtung zum Entfernen von partikulären Verschmutzungen aus einem gasförmigen Trägerfluid nach Anspruch 1 gelöst.

[0012] Die abhängigen Ansprüche betreffen einzelne Ausführungsformen der Elektrofiltervorrichtung der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0013] Im Folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen ausführlicher beschrieben werden.

[0014] [Fig. 1](#) ist eine Seitenansicht eines ersten strukturierten Films, der beim Bilden der Sammelzelle nach der Erfindung nützlich ist.

[0015] [Fig. 2](#) ist eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform einer Durchflußkanalschicht nach der Erfindung.

[0016] [Fig. 3](#) ist eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform einer Sammelzelle nach der Erfindung.

[0017] [Fig. 4](#) ist eine perspektivische Ansicht einer konturierten Filmschicht mit einer Stabilisierungsschicht aus Strängen.

[0018] [Fig. 5](#) ist eine perspektivische Ansicht eines zweiten strukturierten Films, der beim Bilden der Sammelzelle nach der Erfindung nützlich ist.

[0019] [Fig. 6](#) ist eine Seitenansicht einer zweiten Ausführungsform einer Sammelzelle nach der Erfindung.

[0020] [Fig. 7](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Elektrofiltervorrichtung der vorliegenden Erfindung.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0021] Die vorliegende Erfindung stellt eine Elektrofiltervorrichtung bereit, die Folgendes aufweist: ein Gebläse oder ein anderes Mittel zum Bewegen eines gasförmigen Fluids durch die Vorrichtung, eine Ionisierungsstufe, und eine Sammelstufe, die aus Sammeldurchflußkanalschichten gebildet ist, welche zu einer Sammelzelle angeordnet sind.

[0022] Die Elektrofiltervorrichtung der vorliegenden Erfindung verläßt sich auf ein Gebläse oder eine andere Luftbewegungs Vorrichtung oder ein solches Verfahren, um das partikulär verschmutzte gasförmige Fluid an der stromaufwärts befindlichen Ionisierungsstufe vorbei und/oder über die stromabwärts befindliche Sammelstufe zu bewegen. Obwohl das luftbewegende Element entweder an der Ansaugöffnung oder an der Auslaßöffnung der Elektrofiltervorrichtung gelegen sein kann oder von einer entfernten Stelle mit der Elektrofiltervorrichtung verbunden sein kann, ist das luftbewegende Element vorzugsweise stromabwärts der Sammelstufe angeordnet, um die Ansammlung von partikulären Verschmutzungen an den Gebläseelementen auf ein Mindestmaß zu verringern. Geeignete Gebläse beinhalten herkömmliche Axialgebläse oder Zentrifugalgebläse, sind aber nicht darauf beschränkt. Alternativ könnte partikulär verschmutztes Gas durch Bewegen der Ionisierungs- und Sammelemente durch Schleudern der Elemente in einem Volumen des verschmutzten Gases durch das Gas an der stromaufwärts befindlichen Ionisierungsstufe vorbei und über die stromabwärts befindliche Partikelsammelstufe bewegt werden. Ein weiteres Mittel zum Bewegen eines partikulär verschmutzten gasförmigen Fluids am Ionisator vorbei und durch die Sammelstufe wäre durch einfache Konvektion. Luft, die durch Konvektionsströme bewegt wird, welche durch eine Lampe oder einen Strahler erzeugt werden, könnte ohne den Bedarf an jeglicher mechanischer Unterstützung durch die Vorrichtung der Erfindung bewegt werden. Der geringe Durchflußwiderstand der Sammelzelle der Erfindung sorgt für eine derartige Anwendung, die, falls sie eingesetzt würde, den zusätzlichen Vorteil aufweisen würde, daß sie Lampenbefestigungen und Strahleroberflächen sauber halten würde.

[0023] Eine typische stromaufwärts befindliche Ionisierungsstufe für die Filtervorrichtung der Erfindung besteht aus zwei Elektroden, einer Ladeelektrode und einer Erdungselektrode, die an eine Hochspannungsleistungsquelle angeschlossen sind. Beim Betrieb hält die Hochspannungsquelle eine ausreichend hohe Spannung zwischen den beiden Elektroden aufrecht, um zwischen den Elektroden eine Glühentladung oder eine Korona zu erzeugen. Die Ionisierungsstufe kann eine von vielen unterschiedlichen, in der Technik wohl bekannten Gestaltungen annehmen, um Glühentladungsbedingungen zu erzeugen. Die Ladeelektrode kann eine Nadel, ein Paralleldrahtgitter, ein gewebtes Maschengitter usw. sein, und die Erdungselektrode kann eine Umfangelektrode wie etwa ein Ring, ein leitfähiger Wabenkern oder eine ähnliche Gestaltung sein. Die Stelle der Ionisierungsstufe ist auch dahingehend flexibel, als sie mit dem Gebläse und der Sammelstufe einstückig ausgeführt sein kann oder von der Sammelstufe und vom Gebläse entfernt gelegen sein kann.

[0024] Wenn sie in einer Luftumlaufvorrichtung wie etwa einem Raumlufreiniger eingesetzt wird, kann die Ionisierungsstufe stromaufwärts oder stromabwärts von der Sammelzelle angeordnet sein.

[0025] Die Sammelstufe der Elektrofiltervorrichtung der vorliegenden Erfindung weist zwei oder mehr Filmschichten auf, die zu einer Sammelzelle gestaltet sind, wobei die Filmschichten eine Mehrzahl von Einlässen in Fluidpfade durch eine Fläche der Zelle definieren. Die Fluidpfade können durch eine einzelne konturierte oder strukturierte Filmschicht, die eine Abdeckfilmschicht aufweist, oder durch benachbarte Filmschichten, wobei mindestens eine der Filmschichten strukturiert ist, definiert sein. Die Fluidpfade weisen ferner Auslaßöffnungen auf, die gestatten, daß Fluid in und durch die Pfade verläuft, ohne notwendigerweise durch eine Filterschicht zu verlaufen, die einen Durchflußwiderstand aufweist. Die Fluidpfade und Öffnungen der Sammelzelle als solche sind durch einen oder mehrere Durchflußkanäle definiert, die mindestens teilweise durch die konturierten und/oder strukturierten Filmschichten gebildet sind. Die Durchflußkanäle werden durch Spitzen oder Wülste in der konturierten Filmschicht oder ähnliche Strukturen einer strukturierten Filmschicht geschaffen und können jede beliebige Form aufweisen, solange sie angeordnet sind, um zusammen mit einer benachbarten Filmschicht Fluidpfade durch die Sammelzelle zu schaffen. Zum Beispiel können die Durchflußkanäle gesonderte diskrete Kanäle sein, die durch sich wiederholende Wülste gebildet sind, oder verbundene Kanäle sein, die durch Spitzenstrukturen oder gleiche Hervorragungen gebildet sind.

[0026] Die Filmschichten, die beim Anfertigen der Sammelzelle verwendet werden, welche in der Sammel-

stufe der Elektrofilter der vorliegenden Erfindung verwendet wird, weisen mindestens einige strukturierte Filmschichten auf, die Strukturen mit einem hohen Aspektverhältnis wie etwa Rippen, Stämme, Fibrillen oder andere diskrete Hervorragungen aufweisen, welche sich vom Oberflächenbereich mindestens einer Fläche der Filmschicht erstrecken. [Fig. 1](#) zeigt eine Ausführungsform eines Films, der zum Anfertigen der Sammelzelle, die in der Sammelstufe verwendet wird, geeignet ist. Ein Film **5** weist einen extrudierten Polypropylenfilm mit einer Kombination von Strukturen mit einem hohen Aspektverhältnis an einer seiner Hauptoberflächen auf. Die Strukturen **2** mit einem hohen Aspektverhältnis stehen miteinander in Wechselwirkung, um Seitenwände von Durchflußkanälen zu bilden, wenn der Film **5** durch sich selbst überlagert ist oder wenn ein optionaler Abdeckfilm auf die mikrostrukturierte Oberfläche des Films **5** laminiert ist. Strukturen **4** mit einem hohen Aspektverhältnis erweitern die Partikelsammeloberfläche der Elektrode, während sie eine ruhige Partikelablagerungszone bereitstellen. Die Strukturen **2** und **4** mit einem hohen Aspektverhältnis neigen auch dazu, die Durchflußkanäle zu versteifen, wodurch das durch den Durchfluß hervorgerufene Losreißen von Partikeln von der Sammeloberfläche begrenzt wird.

[0027] Eine alternative Gestaltung für einen strukturierten Film, der zur Verwendung in der Filtervorrichtung der vorliegenden Erfindung geeignet ist, ist in [Fig. 5](#) veranschaulicht, wobei Hervorragungen **46** stammartige Strukturen aufweisen, die von einem Film **40** vorspringen. Diese Hervorragungen können auch die Form von Spitzen, Wülsten oder dergleichen aufweisen.

[0028] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt kann eine Mehrzahl von benachbarten, entweder gesonderten oder verbundenen Durchflußkanälen **14** und **16** (z.B. eine in einer Reihe angeordnete Serie von Durchflußkanälen, die sich eine gemeinsame konturierte Filmschicht **10** teilen) durch eine Serie von Spitzen oder Wülsten definiert sein, welche durch eine einzelne konturierte Filmschicht gebildet sind. Diese benachbarten Durchflußkanäle definieren eine wie in [Fig. 2](#) veranschaulichte Durchflußkanalschicht **20**. Die Spitzen oder Wülste in den konturierten Filmschichten können durch eine flache oder konturierte Abdeckschicht **11** stabilisiert oder getrennt sein. Eine Abdeckschicht ist eine Schicht, die mit den Spitzen oder Wülsten an einer Fläche der konturierten Filmschichten in Eingriff oder in Kontakt steht. Die Spitzen oder Wülste an der gegenüberliegenden Fläche der konturierten Filmschicht können wie in [Fig. 3](#) gezeigt ebenfalls mit einer Abdeckschicht verbunden sein oder in Kontakt damit stehen, um eine Sammelzelle **30** zu bilden.

[0029] Die Abdeckschicht **11** kann die gesamte konturierte Filmschicht oder nur einen Teil davon abdecken. Wenn die Abdeckschicht eine flache Filmschicht ist, definieren die Abdeckfilmschicht und die verbundene konturierte Filmschicht Fluidpfade zwischen benachbarten Spitzen oder Wülsten der konturierten Filmschicht, die mit der Filmabdeckschicht in Kontakt oder in Eingriff steht. Die Abdeckschicht kann auch eine wie in [Fig. 4](#) veranschaulichte Stabilisierungsschicht sein, wobei eine Serie von Filamenten **42** an einer konturierten Filmschicht **44** befestigt ist, um eine Durchflußkanalschicht **40** zu bilden.

[0030] Benachbarte Durchflußkanäle (z.B. **14** und **16** in der Durchflußkanalschicht **20**), die durch eine konturierte Filmschicht oder einen strukturierten Film definiert sind, können wie in [Fig. 2](#) gezeigt alle gleich sein oder können unterschiedlich sein (z.B. unterschiedliche Breiten aufweisen). Hinsichtlich der Herstellbarkeit sollten vorzugsweise alle oder mindestens ein Großteil der Spitzen oder Wülste oder anderen Strukturen, die die Durchflußkanäle der konturierten oder strukturierten Filmschichten bilden, im Wesentlichen die gleiche Höhe aufweisen. Ferner können alle benachbarten Durchflußkanalschichten der Sammelzelle die gleichen Durchflußkanalgestaltungen aufweisen, können aber auch unterschiedlich sein. Die Durchflußkanäle von benachbarten Durchflußkanalschichten einer Sammelzelle können ebenfalls ausgerichtet sein oder sie können versetzt sein (z.B. in Bezug zueinander in Winkeln liegen) oder irgendeine Kombination daraus sein. Die benachbarten übereinanderliegenden Durchflußkanalschichten einer Sammelzelle sind im Allgemeinen aus einer einzelnen konturierten Filmschicht gebildet. Die Durchflußkanäle können sich geradlinig oder in einer gekrümmten oder gewundenen Weise über die Sammelzelle erstrecken. Vorzugsweise sind die Durchflußkanäle von benachbarten übereinanderliegenden Durchflußkanalschichten im Wesentlichen parallel und ausgerichtet, können aber auch in auseinanderlaufenden oder zusammenlaufenden Winkeln liegen.

[0031] Wenn die Sammelzelle wie in [Fig. 6](#) veranschaulicht spiralförmig aus zylinderförmig angeordneten Durchflußkanalschichten gebildet ist, können diese Durchflußkanalschichten aus einer einzelnen konturierten Filmschicht **60** oder einer strukturierten Filmschicht mit einer optionalen Abdeckschicht **62** gebildet sein, die in einer spiralförmigen oder schraubenförmigen Ausrichtung um eine Mittelachse **64** gestaltet ist. Eine konturierte Filmschicht ist zur Stabilität während der Herstellung vorzugsweise an eine Abdeckschicht **62** geklebt und steht in einem reibenden Kontakt mit anderen Abdeckschichten **62a**.

[0032] Die Durchflußkanäle stellen gesteuerte und geregelte Fluiddurchflußpfade durch die Sammelzelle be-

reit. Das Ausmaß des Oberflächenbereichs, der zu Partikelfangzwecken verfügbar ist, ist durch den verfügbaren Oberflächenbereich der Durchflußkanäle und die Anzahl und Länge dieser Durchflußkanäle in der Sammelzelle bestimmt, mit anderen Worten, durch die Merkmale der einzelnen Sammelzellenschichten wie etwa die Länge der Durchflußkanäle, die Kanalgestaltungen und den Flächenoberflächenbereich der einzelnen Schichten. Eine einzelne Durchflußkanalschicht, die durch eine strukturierte Filmschicht und eine zweite Schicht bereitgestellt ist, kann eine Sammelzelle nach der vorliegenden Erfindung umfassen, doch bilden vorzugsweise mehrere übereinanderliegende Durchflußkanalschichten die Sammelzelle.

[0033] Die Sammelzelle kann in eine Vielfalt von Formen oder übereinandergelegten Objekten gefügt werden, ohne die Durchflußkanäle zu zerdrücken oder zu verschließen. Die Sammelzelle kann auch in eine dreidimensionale Form vorgeformt werden, worauf ein Verkleben der Schichten von benachbarten Durchflußkanälen folgt, um eine strukturell stabile Form zu schaffen. Diese Form kann verwendet werden, um einen Luftstrom ohne einen Rahmen in einer gewünschten Weise zu lenken oder an einen verfügbaren Raum wie etwa einen Kanal anzupassen, oder eine Stütze für eine weitere Struktur zu schaffen. Die Sammelzelle der vorliegenden Erfindung ist verhältnismäßig stabil und einem durch Handhabung der Filtermedien durch, zum Beispiel Falten, Handhaben oder Montage verursachten Brechen gegenüber beständig.

[0034] Die in den Sammelzellen der Erfindung verwendeten Filme sind im Allgemeinen geladen. Konturierte Filme sind vorzugsweise elektrostatisch geladen, während sie in Verbindung mit jeder beliebigen angebrachten Abdeckschicht oder anderen Schicht konturiert sind. Diese geladenen Filme sind durch ungefähr einen Zentimeter von der Filmoberfläche mittels eines elektrostatischen Oberflächenspannungsmessers (ESVM) wie etwa eines von Trek Inc., Medina, NY erhältlichen Auto-Bipolar-ESVM, Modell 341, gemessene Oberflächenspannungen von mindestens $\pm 1,5$ kV und vorzugsweise mindestens ± 10 kV gekennzeichnet. Die elektrostatische Ladung kann ein Elektret umfassen, das eine elektrische Ladung ist, die in einem Stück aus dielektrischem Material für ausgedehnte Zeiträume anhält. Elektretladbare Materialien enthalten unpolare Polymere wie etwa Polytetrafluorethylen (PTFE) und Polypropylen. Im Allgemeinen beträgt die Nettoladung an einem Elektret Null oder beinahe Null und sind seine Felder auf eine Ladungstrennung zurückzuführen und nicht durch eine Nettoladung verursacht. Durch die richtige Auswahl von Materialien und Behandlungen kann ein Elektret gestaltet werden, das ein äußeres elektrostatisches Feld erzeugt. Ein derartiges Elektret kann als eine elektrostatische Entsprechung eines Dauermagnets betrachtet werden.

[0035] Gewöhnlich werden mehrere Verfahren verwendet, um dielektrische Materialien zu laden, von denen jedes beliebige verwendet werden kann, um eine Filmschicht oder andere Schichten, die in der vorliegenden Erfindung verwendet werden, zu laden, einschließlich Koronaentladung, Erhitzen und Kühlen des Materials unter Anwesenheit eines geladenen Felds, Kontaktelektifizierung, Besprühen der Bahn mit geladenen Partikeln, und Befeuchten oder Zusammenstoßen einer Oberfläche mit Wasserstrahlen oder Wassertröpfchenströmen. Zusätzlich kann die Ladbarkeit der Oberfläche durch die Verwendung gemischter Materialien oder ladungserhöhender Zusatzmittel erhöht werden. Beispiele für Ladeverfahren sind in den folgenden Patentschriften offenbart: US RE 30,782, US RE 31,285, US-A-5,496,507, US-A-5,472,481, US-A-4,215,682, US-A-5,057,710 und US-A-4,592,815.

[0036] Der Film und andere Schichten der Sammelzelle können mit fluorchemischen Zusatzmitteln in der Form von Materialzusätzen zum Film oder Materialbeschichtungen des Films behandelt werden, um die Fähigkeit einer Filterschicht, Öl und Wasser abzustößen, zu verbessern wie auch die Fähigkeit, ölige Aerosole zu filtern, zu steigern. Beispiele für derartige Zusatzmittel finden sich in US-A-5,472,481, US-A-5,099,026 und US-A-5,025,052.

[0037] Polymere, die zum Bilden einer strukturierten Filmschicht, die bei der vorliegenden Erfindung verwendet wird, nützlich sind, enthalten, ohne Beschränkung darauf, Polyolefine wie etwa Polyethylen und Polyethylen-Copolymere, Polypropylen und Polypropylen-Copolymere, Polyvinylidendifluorid (PVDF), und Polytetrafluorethylen (PTFE). Andere Polymermaterialien enthalten Polyester, Polyamide, Poly(vinylchlorid), Polycarbonate und Polystyren. Strukturierte Filmschichten können aus härtbaren Harzmaterialien wie etwa Acrylaten oder Epoxiden gegossen werden und durch Pfade freier Radikale, die durch Wärme-, UV- oder Elektronenstrahlungsaussetzung chemisch gefördert werden, gehärtet werden. Vorzugsweise sind die strukturierten Filmschichten aus Polymermaterial gebildet, das fähig ist, geladen zu werden, nämlich dielektrischen Polymeren und Mischungen wie etwa Polyolefinen oder Polystyrenen.

[0038] Polymermaterialien einschließlich Polymermischungen können durch Schmelzmischung von plastifizierenden, aktiven oder antimikrobiellen Mitteln modifiziert werden. Die Oberflächenmodifizierung einer Filterschicht kann durch Aufdampfung oder kovalente Pfpfung funktionaler Komponenten unter Verwendung ioni-

sierender Strahlung erreicht werden. Verfahren und Techniken zur Pfropfpolymerisation von Monomeren auf Polypropylene, zum Beispiel durch ionisierende Strahlung, sind in US-A-4,950,549 und US-A-5,078,925 offenbart. Die Polymere können auch Zusatzmittel enthalten, die der polymeren strukturierten Schicht verschiedenste Eigenschaften verleihen.

[0039] Die Filmschichten können strukturierte Oberflächen aufweisen, die an einer oder an beiden Flächen definiert sind. Die Strukturen mit einem hohen Aspektverhältnis, die an den strukturierten und/oder konturierten Film- und/oder Abdeckfilmschichten der bevorzugten Ausführungsformen verwendet werden, sind im Allgemeinen Strukturen, bei denen das Verhältnis der Höhe zum kleinsten Durchmesser oder zur kleinsten Breite größer als 0,1, vorzugsweise größer als 0,5 und theoretisch bis zu unendlich beträgt, wobei die Struktur eine Höhe von mindestens etwa 20 Mikron und vorzugsweise mindestens 50 Mikron aufweist. Wenn die Höhe der Struktur mit einem hohen Aspektverhältnis größer als 2000 Mikron ist, kann der Film schwierig zu handhaben werden, wenn die Strukturen wulstartig sind. Es wird manchmal bevorzugt, daß die Höhe der Strukturen weniger als 1000 Mikron beträgt. Die Höhe der Strukturen beträgt in jedem Fall mindestens etwa 50 Prozent oder weniger und vorzugsweise 20 Prozent oder weniger der Höhe der durch konturierte Filme gebildeten Durchflußkanäle. Wenn Strukturen an einem strukturierten Film die Durchflußkanäle bilden, weisen jene Strukturen, die die Durchflußkanäle bilden, vorzugsweise eine Höhe von 100 bis 3000 Mikron und vorzugsweise 200 bis 2000 Mikron auf. Wenn größere Strukturen innerhalb dieser Bereiche verwendet werden, um die Durchflußkanäle zu bilden, sind diese Strukturen vorzugsweise diskrete Hervorragungen, wie sie etwa in der Ausführungsform von [Fig. 5](#) gezeigt sind. Die Strukturen an den Filmschichten können in der Form von aufrechtstehenden Stämmen oder Vorsprüngen, z.B. Pyramiden, Würfecken, J-förmigen Haken, Pilzköpfen oder dergleichen; fortlaufenden oder unterbrochenen Wülsten; oder Kombinationen davon sein. Diese Vorsprünge können regelmäßig, zufällig oder unterbrochen sein oder mit anderen Strukturen wie etwa Wülsten kombiniert sein. Die wulstartigen Strukturen können regelmäßig, zufällig oder unterbrochen sein, sich parallel zueinander erstrecken oder in einander schneidenden oder nichtschneidenden Winkeln verlaufen und mit anderen Strukturen zwischen den Wülsten wie etwa verschachtelten Wülsten oder Vorsprüngen kombiniert sein. Im Allgemeinen können sich die Strukturen mit einem hohen Aspektverhältnis über den gesamten Film oder nur über einen Bereich davon erstrecken. In einer bevorzugten Ausführungsform eines konturierten Films sind die Strukturen mit einem hohen Aspektverhältnis fortlaufende oder unterbrochene Wülste, die sich in einem Winkel zu den Konturen, vorzugsweise rechtwinkelig (90 Grad) zu den Konturen der konturierten Filmschicht, über einen wesentlichen Anteil der konturierten Filmschicht erstrecken. Diese Gestaltung verstärkt die mechanische Stabilität der konturierten Filmschicht im Durchflußkanalaufbau ([Fig. 2](#)) und in der Sammelzelle ([Fig. 3](#)). Die Wülste können im Allgemeinen in einem Winkel von etwa 5 bis 175 Grad, vorzugsweise 45 bis 135 Grad, in Bezug zu den Konturen liegen, und im Allgemeinen müssen sich die Wülste nur über einen bedeutenden gekrümmten Bereich des konturierten Films erstrecken.

[0040] Die strukturierten Oberflächen können durch jedes beliebige bekannte Verfahren zum Bilden eines strukturierten Films wie etwa die in US-A-5,069,404, US-A-5,133,516, US-A-5,691,846, US-A-5,514,120, US-A-5,158,030, US-A-5,175,030, US-A-4,668,558, US-A-4,775,310, US-A-3,594,863 oder US-A-5,077,870 offenbarten Verfahren hergestellt werden.

[0041] Die strukturierten Filmschichten sind vorzugsweise über mindestens 50 Prozent von mindestens einer Fläche, und vorzugsweise mindestens 90 Prozent, mit Strukturen mit einem hohen Aspektverhältnis versehen. Abdeckfilmschichten oder andere funktionale Filmschichten können ebenfalls aus diesen mit einem hohen Aspektverhältnis strukturierten Filmen gebildet werden. Im Allgemeinen sollten die Durchflußkanäle Filme mit strukturierter Oberfläche aufweisen, die 10 bis 100 Prozent und vorzugsweise 40 bis 100 Prozent ihres Oberflächenbereichs bilden.

[0042] Die Sammelzelle der vorliegenden Erfindung beginnt mit den gewünschten Materialien, aus denen die Schichten gebildet werden sollen. Geeignete Bögen dieser Materialien, die die geeignete Dicke oder Dicken aufweisen, sind im Allgemeinen mit den gewünschten mit einem hohen Aspektverhältnis strukturierten Oberflächen ausgebildet. Mindestens eine dieser strukturierten Filmschichten wird mit einer weiteren Schicht verbunden, wodurch eine Durchflußkanalschicht gebildet wird. Die Durchflußkanalschichten, die die Sammelzelle bilden, können zusammengeklebt, mechanisch untergebracht, oder auf andere Weise zu einer stabilen Sammelzelle zusammengehalten werden. Die Filmschichten können wie in US-A-5,256,231 (Extrusionskleben einer Filmschicht an eine gewellte Schicht) oder US-A-5,256,231 (durch Klebstoff- oder Ultraschallkleben von Spitzen an eine darunterliegende Schicht) offenbart oder durch Schmelzkleben der äußeren Ränder, die die Einlaß- und/oder Auslaßöffnungen bilden, zusammengeklebt werden. Eine oder mehrere dieser Durchflußkanalschichten **20** werden dann gestapelt oder auf andere Weise geschichtet und mit optionalen zusätzlichen Schichten in einem vorherbestimmten Muster oder einer vorherbestimmten Beziehung ausgerichtet, um ein

geeignetes Volumen von Durchflußkanalschichten **20** in einer wie in [Fig. 3](#) gezeigten Sammelzelle **30** aufzubauen. Das sich ergebende Volumen von Durchflußkanalschichten **20** wird dann zum Beispiel durch Schneiden in Scheiben in eine fertige Sammelzelle mit einer gewünschten Dicke und Form umgewandelt. Diese Sammelzelle **30** kann dann so, wie sie ist, oder angebracht oder auf andere Weise zu einem endgültigen verwendbaren Format zusammengesetzt verwendet werden. Jedwede beliebigen Behandlungen, wie sie oben beschrieben wurden, können an jeder beliebigen passenden Stufe des Herstellungsprozesses angewendet werden. Zusätzlich kann die Sammelzelle nach der vorliegenden Erfindung mit einem anderen filternden Material wie etwa einer Schicht aus einem Vliesstoff-Fasermaterial über der Flächenoberfläche kombiniert werden, oder kann sie mit einem anderen nichtfilternden Material kombiniert werden, um solche Dinge wie die Handhabung, die Anbringung, den Zusammenbau oder die Verwendung zu erleichtern.

[0043] Die Sammelzelle **30** wird vorzugsweise durch Schneiden der Zelle mit einem Hitzdraht in Scheiben zu ihrer endgültigen Form ausgeformt. Der Hitzdraht schmilzt die jeweiligen Schichten zusammen, während die endgültige Filterform geschnitten wird. Dieses Zusammenschmelzen der Schichten erfolgt an der äußersten Fläche oder den äußersten Flächen des endgültigen Filters. Als solches müssen mindestens einige der benachbarten Schichten der Sammelzelle **30** vor dem Schneiden mit dem Hitzdraht nicht miteinander verbunden werden. Die Geschwindigkeit des Hitzdrahts kann so eingestellt werden, daß sie ein größeres oder geringeres Schmelzen oder Verschmelzen der jeweiligen Schichten verursacht. Zum Beispiel könnte die Hitzdrahtgeschwindigkeit verändert werden, um höher oder geringer verschmolzene Zonen zu schaffen. Hitzdrähte könnten gerade oder gekrümmt sein, um Filter mit einer unbegrenzten Zahl an möglichen Formen einschließlich rechteckiger, gekrümmter, ovaler Formen oder dergleichen zu schaffen. Hitzdrähte könnten auch verwendet werden, um die jeweiligen Schichten der Sammelzelle ohne Schneiden oder Trennen von Filtern zu verschmelzen. Zum Beispiel könnte ein Hitzdraht durch die Sammelzelle schneiden und die Schichten miteinander verschmelzen, während die Stücke an beiden Seiten des Hitzdrahts zusammengehalten werden. Die Stücke verschmelzen während ihres Abkühlens erneut miteinander, wodurch eine stabile Sammelzelle geschaffen wird.

[0044] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung verwenden dünne flexible Polymerfilme, die eine Dicke von weniger als 300 Mikron und vorzugsweise weniger als 200 Mikron bis zu etwa 50 Mikron aufweisen. Dickerer Filme sind möglich, doch sie erhöhen im Allgemeinen den Druckabfall des Filters ohne jeglichen zusätzlichen Nutzen für die Filterleistung oder die mechanische Stabilität. Die Dicken der anderen Schichten betragen vorzugsweise weniger als 200 Mikron und am bevorzugtesten weniger als 100 Mikron. Die Dicken der Filme, die die Sammelzelle bilden, sind im Allgemeinen so, daß kumulativ weniger als 50 Prozent und vorzugsweise weniger als 10 Prozent der Querschnittsfläche der Sammelzelle an den Einlaß- oder den Auslaßöffnungen durch die Schichtmaterialien gebildet werden. Die verbleibenden Anteile der Querschnittsfläche bilden die Einlaßöffnungen oder die Auslaßöffnungen. Die Spitzen, Wülste oder Strukturen des konturierten oder strukturierten Films, der die Durchflußkanäle bildet, weisen im Allgemeinen eine Mindesthöhe von etwa 1 mm, vorzugsweise mindestens 1,2 mm und am bevorzugtesten mindestens 1,5 mm auf. Wenn die Spitzen, Wülste oder Strukturen größer als etwa 10 mm sind, können die Strukturen instabil werden und ist die Leistungsfähigkeit außer für sehr lange Zellen, z.B. größer als 100 cm oder länger, verhältnismäßig gering; vorzugsweise betragen die Spitzen oder Wülste 6 mm oder weniger. Die Durchflußkanäle weisen im Allgemeinen eine durchschnittliche theoretische Querschnittsfläche (die als ein durch die Durchflußkanalhöhe definierter theoretischer Kreis definiert ist) entlang der Durchflußkanallänge von mindestens etwa 1 mm² und vorzugsweise mindestens 2 mm² auf, wobei eine mindeste theoretische Querschnittsfläche vorzugsweise mindestens 0,2 mm² und bevorzugter mindestens 0,5 mm² beträgt. Die maximale theoretische Querschnittsfläche wird durch die benötigte relative Filterleistungsfähigkeit bestimmt und beträgt im Allgemeinen etwa 100 mm² oder weniger und vorzugsweise etwa 50 mm² oder weniger.

[0045] Die Form der Durchflußkanäle wird durch die Filmstruktur oder die Konturen der konturierten Filmschicht und die darüberliegende Abdeckschicht oder die benachbart angebrachte konturierte Filmschicht bestimmt. Im Allgemeinen kann der Durchflußkanal (können die Durchflußkanäle) jede beliebige geeignete Form aufweisen, wie etwa glockenförmig, dreieckig, rechteckig, flach oder von unregelmäßiger Form sein. Die Durchflußkanäle einer einzelnen Durchflußkanalschicht sind vorzugsweise über die konturierte Filmschicht hinweg fortlaufend. Doch Durchflußkanäle an benachbarten Durchflußkanalschichten können in Bezug zueinander in Winkeln liegen. Außerdem können Durchflußkanäle von bestimmten Durchflußkanalschichten in Winkeln in Bezug zur Einlaßöffnungsfläche oder zur Auslaßöffnungsfläche der Sammelzelle liegen.

[0046] [Fig. 7](#) veranschaulicht eine repräsentative Gestaltung für eine Elektrofiltervorrichtung **70** der vorliegenden Erfindung schematisch. Die partikulär verschmutzte Luft wird durch ein Gebläse **71**, das sich an einem Auslaß **73** der Vorrichtung **70** befindet, in einen Einlaß **72** der Vorrichtung **70** gezogen. Eine stromaufwärts befindliche Ladestufe **75** besteht aus einer Leistungsversorgung **76**, die eine ausreichend hohe Spannung zwi-

schen einer Ladeelektrode **77** und einer Erdungselektrode **78** aufrechterhält, daß zwischen den beiden Elektroden eine Koronaentladung geschaffen wird. Während die partikulär verschmutzte Luft zwischen den Elektroden **77** und **78** hindurchverläuft, werden die Verschmutzungspartikel in der Luft geladen. Die Luft, die die geladenen Partikel enthält, verläuft dann durch eine stromabwärts befindliche Filtersammelstufe **80**, wo die geladenen Partikel an der Oberfläche der strukturierten Filmschichten und anderen Schichten der Sammelzelle **82** gesammelt werden.

[0047] Bei Verwendung kann der Elektrofilter der Erfindung in einer Vielfalt von Anwendungen wie etwa Klimaanlagefiltern, Raumluftreinigern, Entlüftungsfiltren, medizinischen Filtern oder Filtern für Geräte, Computer und Kopiergeräte eingesetzt werden. Das Elektrofiltersystem der Erfindung würde auch die Gelegenheit bieten, mehrere Sammelstufen als Satelliten einer zentralisierten Ladestufe einzusetzen. Bei dieser Gestaltung könnte ein Raumgebläse, ein Personalcomputergebläse, eine Klimaanlage, ein Gebläse eines Kühlschranks oder eines anderen kleinen Geräts, eine Konvektion oder dergleichen eine ausreichende Luftbewegung bereitstellen, um partikulär verschmutzte Luft durch die Sammelstufe(n) zu bewegen.

Versuchsverfahren

Umgebungsluftfilterleistungsfähigkeit

[0048] Die Umgebungsluftfilterleistungsfähigkeit wurde mit einer Versuchsvorrichtung bestimmt, die aus einem Durchflußrohr mit einer Länge von 110 cm und einem Innendurchmesser von 7,6 cm und einem am Rohrauslaß angeordneten Sauggebläse mit veränderlicher Geschwindigkeit bestand. Ein Nadelionisator war an der Einlaßmündungsplatte eines Rohrs mit einem Durchmesser von 2,5 cm angebracht, wobei die Nadel des Ionisators so angebracht war, daß die Spitze der Nadel in der Mündung zentriert war. Eine Schicht aus Aluminiumfolie, die am Umfang der Einlaßmündung angeordnet war, stellte einen ringförmigen geerdeten Ring um die angeregte Nadel bereit. Die Nadel wurde während des Betriebs auf 5,5 Kilovolt positiven Gleichstrom angelegt. Während des Versuchs wurde der statische Sog in das Durchflußrohr bei einem Wert gehalten, um eine Durchflußgeschwindigkeit von 453 Liter/Minute bereitzustellen. Ein optischer Partikelzähler Hiac Royco, Modell 5230, wurde verwendet, um die Größe und die Anzahl von Partikeln stromaufwärts und stromabwärts von den Probenfiltern, die in der Mitte entlang der Länge des Durchflußrohrs angeordnet waren, zu überwachen. Probenahmeablässe befanden sich stromaufwärts und stromabwärts von der Filterprobe, wobei die Probenahmedurchflußgeschwindigkeit 28 Liter pro Minute betrug. Die gesamte Partikelzählung erfolgte für Intervalle von 60 Sekunden, wobei Partikel als Größen von 0,5 Mikron, 1 Mikron und 3 Mikron Äquivalenzdurchmesser gemeldet wurden. Die Umgebungsluft enthielt genug Partikel für Versuchszwecke und war im Verlauf jedes Versuchs in der Konzentration ausreichend stabil. Die gesamte Dauer jedes beliebigen gegebenen Filterversuchs betrug weniger als 15 Minuten.

[0049] Versuchsfilter wurden hergestellt, indem ein Streifen eines Kanalaufbaus mit einer Breite von 2,5 cm und einer Länge von ungefähr 170 cm geschnitten wurde und der Streifen um einen Stab aus Acryl mit einem Durchmesser von 3,8 cm und einer Länge von 5 cm gewickelt wurde. Das hintere Ende des Acrylstabs war flach und das vordere Ende war abgerundet. Der aufgewickelte Streifen des Kanalaufbaus wies einen Außendurchmesser von 7,6 cm auf und wurde mit der hinteren Kante des Acrylstabs fluchtig angeordnet. Ein kleines Stück Klebeband wurde verwendet, um das abschließende Ende des Streifens am Außenumfang des Aufbaus zu befestigen. Als der Versuchsfilter im Durchflußrohr angebracht war, wurde ein Paßsitz mit dem Innendurchmesser des Rohrs erhalten. Der ringförmige Flächenbereich des Filters, der für den Luftdurchfluß verfügbar war, betrug 34,3 Quadratzentimeter, was bei der Versuchsdurchflußgeschwindigkeit von 453 Litern pro Minute eine Flächengeschwindigkeit von 220 Zentimetern pro Sekunde ergab.

[0050] Die prozentuelle Partikeleinfangleistungsfähigkeit wurde unter Verwendung der folgenden Berechnung bestimmt:

$$PCE = [1 - (DSC/USC)] \times 100$$

wobei PCE die Partikeleinfangleistungsfähigkeit ist, DSC die stromabwärtige Partikelanzahl ist, USC die stromaufwärtige Partikelanzahl ist.

Gesamtraumluftreinigungsleistungsfähigkeit

[0051] Die Gesamtraumluftreinigungsleistungsfähigkeit wurde durch ein Verfahren bestimmt, das im ANSI/AHAM AC-1-1988-Versuchsverfahren für Zigarettenrauch vorgeschrieben ist. Die Raumgröße für den Ver-

such betrug 28 Kubikmeter. Eine Partikelabtastvorrichtung (Lasair, Modell 1002, Particle Measuring Systems, Bolder, CO) wurde verwendet, um die Schwebepartikelkonzentration im Inneren des Raums im Zeitverlauf zu überwachen, während ein Luftreiniger betrieben wurde. Die anfängliche zweiminütige Partikelanzahl am Beginn jedes Versuchs betrug nominell 300.000 Partikel im Größenbereich von 0,1 bis 2,0 Mikrometer. Die Raumlufthereinigungsleistungsfähigkeit in bestimmten Zeiträumen und die Versorgungsrate mit sauberer Luft (CADR), wie sie im ANSI-Verfahren beschrieben sind, wurden bestimmt. Die Raumlufthereinigungsleistungsfähigkeit wurde wie folgt bestimmt:

$$RPE = [1 - (SPC/IPC)] \times 100$$

wobei RPE die Raumreinigungsfähigkeit ist, SPC die anfängliche Partikelanzahl ist, IPC die momentane Partikelanzahl ist.

Oberflächenspannungsmessung

[0052] Oberflächenspannungsmessungen wurden ungefähr einen Zentimeter von der Filmoberfläche mittels eines elektrostatischen Oberflächenspannungsmessers (ESVM) wie etwa eines von Trek Inc., Medina, NY, erhältlichen Auto-Bipolar-ESVM, Modell 341, vorgenommen.

Faktor der ionisierten Leistungsfähigkeit

[0053] Der Faktor der ionisierten Leistungsfähigkeit (IEF) ist ein dimensionsloser Parameter, der die Leistung eines Filtersystems, das einen Ionisator einsetzt, mit jener des Systems bei abgeschaltetem Ionisator in Beziehung bringt. Der Parameter stellt den Unterschied in den Einfangleistungsfähigkeiten für das System bei ein- bzw. ausgeschaltetem Ionisator einer optimalen Leistungsfähigkeit von 100 % gegenüber. Dieser Parameter kann verwendet werden, um die relativen Gewinne (oder Verluste) in der Leistungsfähigkeit einer Sammelelektrode, wie sie durch die Verwendung eines Ionisators hervorgerufen werden, zu vergleichen, während die Größe der Veränderung gegen einen optimalen Bezugswert gemessen wird. Die Berechnung des Faktors der ionisierten Leistungsfähigkeit erfolgt wie folgt:

$$IEF = (IE - NIE) / (100 - IE)$$

wobei IEF der Faktor der ionisierten Leistungsfähigkeit ist (dimensionslos),
IE die ionisierte Leistungsfähigkeit (%) ist,
NIE die nichtionisierte Leistungsfähigkeit (%) ist.

Beispiel 1 und Vergleichsbeispiele 1, 5a, 5b

[0054] Polypropylenharz, Typ 2,8 MFI, von Fina Oil and Chemical Co., Dallas, TX, wurde unter Verwendung von Standardextrusionstechniken durch Extrudieren des Harzes auf eine Gießwalze mit einer Mikrorillenoberfläche zu einem mikrostrukturierten strukturierten Film ausgeformt. Der sich ergebende gegossene Film wies eine erste glatte Hauptoberfläche und eine zweite strukturierte Hauptoberfläche mit längsgerichtet angeordneten fortlaufenden mikrostrukturierten Merkmalen von der Gießwalze auf. Die mikrostrukturierten Merkmale am Film bestanden aus gleich beabstandeten ersten primären Strukturen und verschachtelten sekundären Strukturen. Die primären Strukturen waren 182 µm voneinander beabstandet und wiesen einen im Allgemeinen rechteckigen Querschnitt auf, der an der Basis 76 µm hoch und 55 µm breit (ein Höhen/Breiten-Verhältnis von etwa 1,4) war und eine Seitenwandschräge von 5 ° aufwies. Drei sekundäre Strukturen, die im Wesentlichen rechteckige Querschnitte aufweisen, die an der Basis 25 µm hoch und 26 µm breit (Höhen/Breiten-Verhältnis von etwa 1) waren und eine Seitenwandschräge von 22 ° aufwiesen, waren zwischen den primären Strukturen in Abständen von 26 µm gleich beabstandet. Die Basisfilmschicht, von der sich die mikrostrukturierten Merkmale erstreckten, war 50 µm dick.

[0055] Eine erste Schicht aus strukturiertem Film wurde zu einer konturierten Form gewellt und an ihren bogenförmigen Spitzen an einem zweiten strukturierten Film angebracht, um einen Durchflußkanallaminatschichtaufbau zu bilden. Das Verfahren weist im Allgemeinen Folgendes auf: Ausformen des ersten strukturierten Films zu einem konturierten Bogen, Formen des Films in einer solchen Weise, daß er bogenförmige Abschnitte aufweist, die von beabstandeten, im Allgemeinen parallelen Ankerabschnitten in die gleiche Richtung vorspringen, und Verkleben der beabstandeten, im Allgemeinen parallelen Ankerabschnitte des konturierten Films mit einer zweiten strukturierten Filmträgerschicht, bei der die bogenförmigen Abschnitte des konturierten Films von der Trägerschicht vorspringen. Dieses Verfahren wird durch Bereitstellen erster und zweiter

erhitzter Wellungselemente oder Walzen durchgeführt, die jeweils eine Achse aufweisen und um ihren Umfang herum eine Mehrzahl von umfänglich beabstandeten, sich im Allgemeinen in Achsenrichtung erstreckenden Wülsten aufweisen, die diesen Umfang definieren, wobei die Wülste äußere Oberflächen und definierende Räume zwischen den Wülsten aufweisen, die dazu geeignet sind, Abschnitte der Wülste des anderen Wellungselements in einer ineinandergreifenden Beziehung aufzunehmen. Der erste strukturierte Film wird zwischen die ineinandergreifenden Wülste geführt, während die Wellungselemente gegenläufig gedreht werden. Die Wülste, die die Zahnradzähne beider Wellungselemente bildeten, waren 2,8 mm hoch und wiesen eine von ihrer Basis ausgehende Kegelform von $8,5^\circ$ auf, die zu einer 0,64 mm breiten, flachen oberen Oberfläche zusammenlief. Die Beabstandung zwischen den Zähnen betrug 0,5 mm. Der äußere Durchmesser der Wellungselemente bis zur flachen oberen Oberfläche der Zahnradzähne betrug 228 mm. Die Wellungselemente wurden in einer gestapelten Anordnung angeordnet, wobei die obere Walze auf eine Temperatur von 21°C erhitzt wurde und die untere Walze bei einer Temperatur von 65°C beibehalten wurde. Die Eingriffskraft zwischen den beiden Walzen betrug 262 Newton pro Linearzentimeter der Zahnbreite. Bei der auf diese Weise gestalteten Wellungsvorrichtung wurde der Strukturfilm, als er mit einer Walzengeschwindigkeit von 21 U/min durch die ineinandergreifenden Zähne der Wellungselemente geführt wurde, in die Zahnradzähne des unteren Wellungselements gepreßt und dazwischen zurückgehalten. Bei in den Zähnen des unteren Wellungselements positioniertem ersten Film wurde der zweite strukturierte Film über den Umfang der Walze gelegt und zusammen mit Strängen aus Polypropylen, Typ 7C50-Harz (erhältlich von Union Carbide Corp., Danbury, CT), die aus einem Mehrmündungs-Mundstück extrudiert wurden, an die in den Zähnen des unteren Wellungselements zurückgehaltene Schicht geklebt. Die Haftung zwischen dem ersten und dem zweiten Film wurde an der oberen Oberfläche der Zähne des Wellungselements durch Hindurchführen der Materialschicht zwischen einer glatten Walze und der Oberseite der Zahnradzähne erreicht. Die so gebildeten Durchflußkanäle wiesen eine Höhe von 1,7 mm mit einer Basisbreite von 1,8 mm und einer Beabstandung zwischen den Wellungen von 0,77 mm auf. Die Wellungen wiesen eine im Allgemeinen gerade, 0,7 mm hohe Seitenwand mit einer bogenförmigen Spitze auf. Die Gesamthöhe des Kanalaufbaus einschließlich der Abdeckschicht betrug 2,4 mm.

[0056] Der Kanalschichtaufbau wurde elektretgeladen, indem er nach einem Verfahren, das in US-A-3,998,916 allgemein beschrieben ist, einer Hochspannungskorona ausgesetzt wurde. Der Kanalschichtaufbau wurde auf eine Nennoberflächenspannung von 3 kV geladen, wobei die gewellte Seite eine positive Polarität und die flache Seite eine negative Polarität aufwies.

[0057] Beispiel 1 wurde wie im oben angeführten Umgebungsluftfilterleistungsversuch beschrieben angefertigt und geprüft. Vergleichsbeispiel 1 wurde wie Beispiel 1 angefertigt und geprüft, außer daß der Ionisator des Systems abgeschaltet war. Die Vergleichsbeispiele 5a und 5b wurden auf die gleiche Weise wie Vergleichsbeispiel 1 bzw. Beispiel 1 angefertigt und geprüft, außer daß die Filter vor dem Prüfen durch Sättigen der Sammelzelle mit Isopropylalkohol und Trocknen entladen wurden. Die Oberflächenspannung der entladenen Filter betrug wie mit dem Nichtkontakt-Spannungsmesser gemessen weniger als 0,1 kV.

[0058] Die Filterleistung der Sammelzellen wurde wie im oben beschriebenen Umgebungsluftfilterleistungsversuch beschrieben charakterisiert, dessen Ergebnisse in Tabelle 1 und Tabelle 2 angegeben sind.

Beispiel 2 und Vergleichsbeispiel 2

[0059] Ein mikrostrukturierter Film wurde unter Verwendung der wie in US-A-3,998,916 beschriebenen Materialien und Verfahren hergestellt. Die mikrostrukturierten Merkmale der Säulenkomponente waren zylinderförmige Säulen mit einer abgerundeten pilzförmigen Oberseite, die an Zentren von $600\text{ }\mu\text{m}$ gleich beabstandet waren. Der zylinderförmige Abschnitt der Säulen wies einen Durchmesser von $265\text{ }\mu\text{m}$ auf und erstreckte sich $246\text{ }\mu\text{m}$ von der Basis und war mit einer Pilzkappe mit einer Höhe von $64\text{ }\mu\text{m}$ und einem Durchmesser von $382\text{ }\mu\text{m}$ abgedeckt. Die Dicke des Basisfilms, von dem sich die mikrostrukturierten Merkmale erstreckten, betrug $142\text{ }\mu\text{m}$.

[0060] Ein Kanalaufbau wurde wie in Beispiel 1 beschrieben zu einer Gesamthöhe von 2,0 mm ausgeformt und auf eine Nennoberflächenspannung von 3,1 kV geladen. In Beispiel 2 wurde der Kanalaufbau zu einem Filter ausgeformt und wie in Beispiel 1 umrissen geprüft. Vergleichsbeispiel 2 wurde wie Beispiel 2 angefertigt und geprüft, außer daß der Ionisator während des Prüfens abgeschaltet war.

[0061] Die Filterleistung der Sammelzellen wurde wie im oben beschriebenen Umgebungsluftfilterleistungsversuch beschrieben charakterisiert, dessen Ergebnisse in Tabelle 1 angegeben sind.

Beispiel 3 und Vergleichsbeispiel 3

[0062] Ein mikrostrukturierter Film wurde wie in Beispiel 2 beschrieben hergestellt, wobei jedoch keine Pilzformung der mikrostrukturierten Merkmale erfolgte. Die beinahe zylinderförmigen Merkmale mit einer Höhe von 2,2 mm und einem Durchmesser von ungefähr 0,5 mm wiesen eine Oberflächendichte von 126 Merkmalen/cm² auf einer Basis mit einer Dicke von 0,21 mm auf. Der mikrostrukturierte Film wurde durch das in Beispiel 1 beschriebene Verfahren auf Oberflächenspannungen von $\pm 3,2$ kV geladen, wobei die Strukturoberfläche eine negative Polarität erhielt. Der Filter von Beispiel 3 wurde durch einfaches Rollen des Films auf sich selbst gebildet und auf die im Umgebungsluftfilterleistungsversuch umrissene Weise geprüft. Vergleichsbeispiel 3 wurde wie Beispiel 3 angefertigt und geprüft, außer daß der Ionisator der Versuchsvorrichtung während der Bewertung abgeschaltet war.

[0063] Die Filterleistung der Sammelzellen wurde wie im oben beschriebenen Umgebungsluftfilterleistungsversuch beschrieben charakterisiert, dessen Ergebnisse in Tabelle 1 angegeben sind.

Vergleichsbeispiele 4a, 4b, 6a und 6b

[0064] Eine geladene Kanalstruktur wurde im Wesentlichen wie in Beispiel 1 beschrieben angefertigt und geprüft, ausser daß der mikrostrukturierte Film durch einen flachen Film mit mattierter Oberfläche ersetzt wurde. Der flache Film wurde unter Verwendung einer Mattierungsbearbeitungs-Gießwalze hergestellt, die eine Nennfilmdicke von 60 µm erzeugte. In Vergleichsbeispiel 4a wurde der Filter bei ausgeschaltetem Ionisator der Versuchsvorrichtung geprüft. Vergleichsbeispiel 4b setzte während der Bewertung so wie Beispiel 1 den Ionisator ein. Die Vergleichsbeispiele 6a und 6b wurden in der gleichen Weise wie Vergleichsbeispiel 4a bzw. Vergleichsbeispiel 4b angefertigt und geprüft, außer daß die Filter vor dem Prüfen durch Sättigen mit Isopropylalkohol und Trocknen entladen wurden. Die Oberflächenspannung der entladenen Filter betrug wie mit dem Nichtkontakt-Spannungsmesser gemessen weniger als 0,1 kV.

[0065] Die Versuchsergebnisse für die Beispiele sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 angegeben.

Beispiel 4 und Vergleichsbeispiele 7, 8a und 8b

[0066] Der in Beispiel 4 eingesetzte Kanalaufbau wurde aus einem mikrostrukturierten Film angefertigt, der wie in Beispiel 1 beschrieben gebildet, gerieft und geladen wurde. Der Filter von Beispiel 4 wurde aus dem Kanalaufbau hergestellt, indem zuerst Bögen des Materials mit einer Größe von 24,5 cm × 33 cm aufeinander gestapelt wurden, während die Kanäle jeder Schicht in einer parallelen Ausrichtung behalten wurden. Die Schichten wurden unter gleichmäßiger Wiederholung des Richtens einer gerieften Fläche zu einer flachen Fläche bis zu einer Höhe von 36,8 cm gestapelt. Bei dieser Gestaltung bildeten die Durchflußkanalwände einen Winkel von 90 ° mit einer Ebene, die durch die Einlaßöffnungsfläche der Sammelzelle definiert war (Einfallswinkel von 90 °). Der Filter von Beispiel 4 wurde durch Hitzdrahtschneiden des Stapels, um Filter mit einer Tiefe von 2,54 cm × einer Breite von 34,3 cm × einer Höhe von 29 cm herzustellen, aus dem Kanalaufbaustapel hergestellt. Das Schneiden erfolgte durch ein Querführen des Kanalaufbaustapels mit einer Querungsgeschwindigkeit von ungefähr 0,5 cm/Sekunde über einen elektrisch widerstandsbeheizten, weichgehärteten Nickel-Chrom-Draht mit einem Durchmesser von 0,51 mm (erhältlich von Consolidated Electric Wire & Cable, Franklin Park, IL). Das Ausmaß des durch den Hitzdraht hervorgerufenen Schmelzens und der Grad des Schmierens des geschmolzenen Harzes wurden sorgfältig gesteuert, um die Einlaß- oder Auslaßöffnungen des Filters nicht zu versperren. Zusätzlich zur Herstellung der gewünschten Filtertiefe stabilisierte der Hitzdrahtschneidevorgang durch ein Verschmelzen der vorderen und hinteren Flächen der Kanalschichtaufbauten auch den endgültigen Aufbau zu einer robusten, zusammenbruchbeständigen Struktur, wodurch ein stabilisierter Filter gebildet wurde. Der stabilisierte Filter benötigte keine zusätzlichen Komponenten (z.B. Rahmen, Träger oder Verstärkungen), um die Ausrichtung der Schichten beizubehalten und den Filter zusammenzuhalten. In Beispiel 4 wurde der Filter an einem Luftreiniger, Modell HAP-292, Holmes Products, Milford, MA, der eine Nadel-Koronaionisierungsquelle aufwies, angebracht und wie im oben beschriebenen Gesamtluftreinigungsfähigkeitsversuchsverfahren umrissen geprüft. In Vergleichsbeispiel 7 wurde der Filter wie in Beispiel 4 angefertigt und geprüft, außer daß der Ionisator während der Bewertung abgeschaltet war. Bei den Vergleichsbeispielen 8a und 8b wurde der Luftreiniger mit dem HEPA-Filter der Originalausrüstung versehen und bewertet. In Beispiel 8b wurde der Luftreiniger betrieben, wobei der Ionisator während der Bewertung tätig war. In Beispiel 8a war der Ionisator abgeschaltet.

[0067] Die Versuchsergebnisse der Bewertung sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 1

Umgebungslufteinfangleistungsfähigkeiten bei der angegebenen Partikelgröße mit und ohne Ioniator für geladene Filme

<u>Beispiel</u>	<u>Ionisorator</u> (ein/aus)	<u>Partikelgröße (Mikron)</u>		
		0,5	1,0	3,0
V-1	aus	19	35	50
Beispiel 1	ein	85	90	96
IEF		4,4	5,4	11,5
V-2	aus	13	16	65
Beispiel 2	ein	74	78	97
IEF		2,4	2,8	10,7
V-3	aus	16	28	86
Beispiel 3	ein	95	96	99
IEF		15,8	17,0	12,0

V-4a	aus	11	18	41
V-4b	ein	46	43	60
IEF		0,7	0,4	0,5

[0068] Die Berechnungen in Tabelle 1 zeigen deutlich die dramatische Verbesserung in der Filterleistungsfähigkeit bei Aufnahme einer Ionisierungsquelle in das Filtersystem. Dies wird insbesondere hinsichtlich der Leistungsfähigkeitsverbesserung demonstriert, die durch einen nicht mikrostrukturierten Filter mit der gleichen allgemeinen Gestaltung erreicht wird. Der IEF ist ein relatives Maß der Leistungszunahme, wenn ein geladener strukturierter Film verwendet wird, um die Sammelzelle zu bilden. Im Allgemeinen ist der IEF der Sammelzelle der Erfindung für Partikel mit einer Größe von 3,0 Mikron größer als 1,0, vorzugsweise größer als 5 und am bevorzugtesten größer als 8.

Tabelle 2

Umgebungsluftfeinfangleistungsfähigkeiten bei der angegebenen Partikelgröße mit und ohne Ioniator für entladene Filme

<u>Beispiel</u>	<u>Ionisator</u> (ein/aus)	<u>Partikelgröße (Mikron)</u>		
		0,5	1,0	3,0
V-5a	aus	1	29	39
V-5b	ein	8	38	53
IEF		0,01	0,2	0,3
V-6a	aus	0	0	8
V-6b	ein	0	0	28
IEF		0	0	0,3

[0069] Die Daten in Tabelle 2 demonstrieren die Kritikalität des Einsetzens geladener Strukturen als die Sammelelektrode. Obwohl bei der Verwendung eines Ionisators im Filtersystem eine gewisse Leistungsfähigkeitsverbesserung erreicht wird, wird nur ein Bruchteil des IEF erzielt.

Tabelle 3

Gesamtraumlufthereinigungsleistungsfähigkeit Zigarettenrauch in einem Raum von 28 m³

<u>Beispiel</u>	<u>Ionisator</u> (ein/aus)	<u>Reinigungszeit (min)</u>		<u>CADR (cfm)</u>
		10	20	
V-7	aus	20	37	16
Beispiel 4	ein	82	98	203
IEF		3,4	30,5	
V-8a	aus	76	91	148
V-8b	ein	76	95	159
IEF		0	0,8	

[0070] Die Daten in Tabelle 3 zeigen bemerkenswerterweise eine Verbesserung der Leistung eines einen Filter der Erfindung verwendenden, im Handel erhältlichen Luftreinigers mit einem Ionisator gegenüber einer Einheit, die mit einem HEPA-Filter versehen ist. Die Daten geben auch an, daß durch die Verwendung eines Ionisators im System nur eine geringfügige Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Standard-HEPA-Systems erreicht werden kann.

Patentansprüche

1. Elektrofiltervorrichtung, umfassend

- eine Ionisierungsstufe (75) und
- eine Partikelsammelstufe (80), wobei die Partikelsammelstufe (80) eine Sammelzelle (82) umfaßt, die aus mindestens einer Durchflußkanalschicht (20, 40) gebildet ist, welche aus mindestens einem ersten Film (5, 10, 44, 60) und einem zweiten Film (11, 42) gebildet ist, wobei der erste Film (5, 10, 44, 60) eine erste Fläche und eine zweite Fläche aufweist, wobei mindestens eine Fläche des ersten Films (5, 10, 44, 60) mindestens teil-

- weise Durchflußkanäle (14, 16) bildet, die mindestens teilweise Fluidpfade durch die Durchflußkanäle (14, 16) der Sammelzelle (82) definieren,
dadurch gekennzeichnet, daß
- die mindestens eine Fläche des ersten Films (5, 10, 44, 60), die mindestens teilweise die Durchflußkanäle (14, 16) bildet, mindestens über einen Abschnitt der Fläche, welche die Durchflußkanäle (14, 16) bildet, hinweg Strukturen (2, 4, 46) mit einem hohen Aspektverhältnis in der Form von aufragenden Vorsprüngen, Wülsten (46) oder Kombinationen davon aufweist, wodurch ein strukturierter Film gebildet ist, und
 - wobei die Filme (5, 10, 44, 60, 11, 42), die die mindestens eine Durchflußkanalschicht (20, 40) bilden, elektrostatisch geladen sind.
2. Elektrofiltervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die zweite Schicht eine Filmschicht ist.
 3. Elektrofiltervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Sammelzelle (30, 82) mindestens zwei Durchflußkanalschichten (20, 40) aufweist.
 4. Elektrofiltervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die zweite Schicht (11, 42) ein Film (11) ist.
 5. Elektrofiltervorrichtung nach Anspruch 4, wobei der zweite Film (11, 5, 10, 44, 60) ein ebenflächiger Film ist, der mit dem strukturierten Film (5, 10, 44, 60) die Durchflußkanäle (14, 16) bildet, wobei sich die Durchflußkanäle (14, 16) über den gesamten strukturierten Film (5, 10, 44, 60) hinweg erstrecken, wodurch die Fluidpfade gebildet werden.
 6. Elektrofiltervorrichtung nach Anspruch 5, wobei der zweite Film (11, 5, 10, 44, 60) mit Strukturen (2, 5, 46) an einer Fläche des strukturierten Films (5, 10, 44, 60) in Eingriff steht.
 7. Elektrofiltervorrichtung nach Anspruch 6, wobei der zweite Film (11, 5, 10, 44, 60) an die Strukturen (2, 5, 46) des strukturierten Films (5, 10, 44, 60) heißgeklebt ist.
 8. Elektrofiltervorrichtung nach Anspruch 6, wobei der zweite Film (11, 5, 10, 44, 60) klebend an Spitzen oder Wülste (46) des strukturierten Films (5, 10, 44, 60) gebunden ist.
 9. Elektrofiltervorrichtung nach Anspruch 2, wobei der erste Film (11, 42) ein konturierter Film (11, 5, 10, 44, 60) ist.
 10. Elektrofiltervorrichtung nach Anspruch 9, wobei die zweite Schicht (11, 62, 62a, 42) eine Stabilisierungsschicht ist, die fortlaufende Filamente (42) oder einen verstärkten Vliesstoff umfaßt.
 11. Elektrofiltervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Formen der Durchflußkanäle (14, 16) einer Durchflußkanalschicht (20, 40) im Wesentlichen identisch sind.
 12. Elektrofiltervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Durchflußkanäle (14, 16) von benachbarten Durchflußkanalschichten (20, 40) im Wesentlichen miteinander ausgerichtet sind.
 13. Elektrofiltervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die benachbarten Schichten, die die Sammelzelle (30, 82) bilden, aneinander schmelzgeklebt sind.
 14. Elektrofiltervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Durchflußkanalschichten (20, 40) durch eine Fläche einer konturierten Filmschicht (5, 10, 44, 60) und eine zweite Filmschicht (62, 62a) gebildet werden, die in Kontakt mit den oberen Enden der Wülste (46) jener Fläche der konturierten Filmschicht (5, 10, 44, 60) steht.
 15. Elektrofiltervorrichtung nach Anspruch 14, wobei jeder konturierte Film (5, 10, 44, 60) an mindestens eine ebenflächige zweite Filmschicht (62, 62a) gebunden ist.
 16. Elektrofiltervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die strukturierte Filmschicht (5, 10, 44, 60) an beiden Flächen Strukturen mit einem hohen Aspektverhältnis aufweist.
 17. Elektrofiltervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, wobei die Strukturen mit dem hohen Aspektverhältnis ein Verhältnis der Höhe zum kleinsten Durchmesser oder zur Breite von mehr als 0,1 und eine Höhe von mindestens 20 µm aufweisen.

18. Elektrofiltervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, wobei die Strukturen mit dem hohen Aspektverhältnis ein Verhältnis der Höhe zum kleinsten Durchmesser oder zur Breite von mehr als 0,5 und eine Höhe von mindestens 50 µm aufweisen.

19. Elektrofiltervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei der Oberflächenbereich des strukturierten Films um mindestens 50 % größer als ein entsprechender ebenflächiger Film ist.

20. Elektrofiltervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei die Strukturen mit dem hohen Aspektverhältnis kleiner als 50 % der Höhe der Durchflußkanäle (**14**, **16**) sind.

21. Elektrofiltervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, wobei die Durchflußkanäle (**14**, **16**) strukturierte Oberflächenfilme (**5**, **10**, **44**, **60**) aufweisen, die 10 bis 100 Prozent ihres Oberflächenbereichs bilden.

22. Elektrofiltervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 21, wobei die Filme (**5**, **10**, **44**, **60**, **11**, **42**), die die Durchflußkanäle (**14**, **16**) bilden, eine Dicke von weniger als 200 µm aufweisen.

23. Elektrofiltervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 22, wobei die Durchflußkanäle (**14**, **16**) eine durchschnittliche Höhe entlang ihrer Länge von weniger als 10 mm aufweisen.

24. Elektrofiltervorrichtung nach Anspruch 23, wobei die Durchflußkanäle (**14**, **16**) eine durchschnittliche Höhe entlang ihrer Länge von mehr als 1,0 mm aufweisen.

25. Elektrofiltervorrichtung nach Anspruch 24, wobei die Strukturen (**2**, **5**, **64**) des strukturierten Films die Durchflußkanäle (**14**, **16**) bilden.

26. Elektrofiltervorrichtung nach Anspruch 9, wobei die zweite Schicht (**62**, **62a**) ein ebenflächiger Film ist, der zusammen mit der konturierten Filmschicht (**5**, **10**, **44**, **60**) die Durchflußkanäle (**14**, **16**) bildet, wobei sich die Durchflußkanäle (**14**, **16**) benachbarter Durchflußkanalschichten (**20**, **40**) in Bezug zueinander in Winkeln erstrecken.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

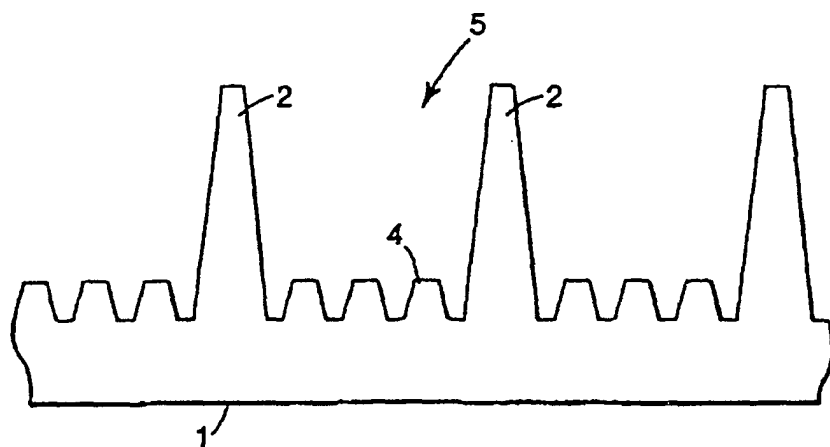


Fig. 1

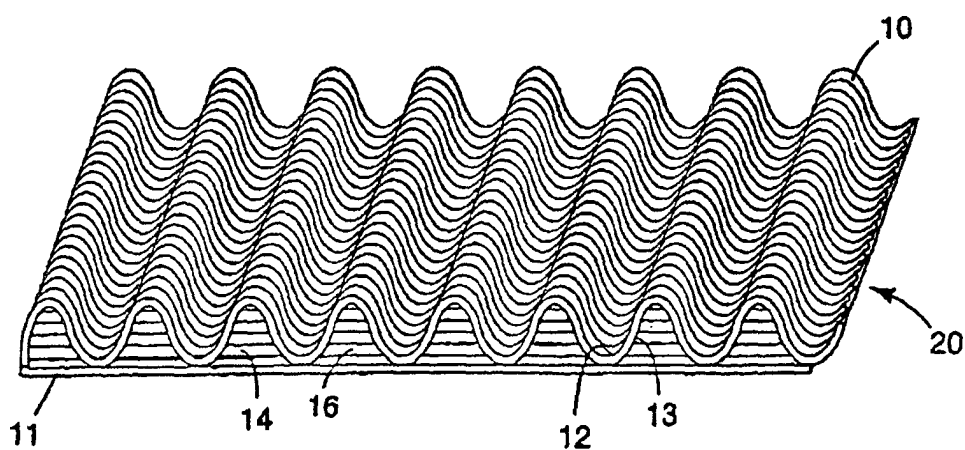
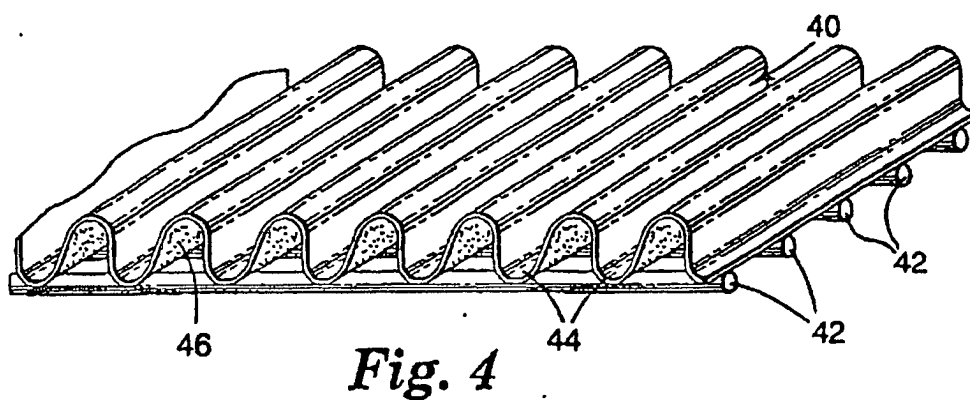
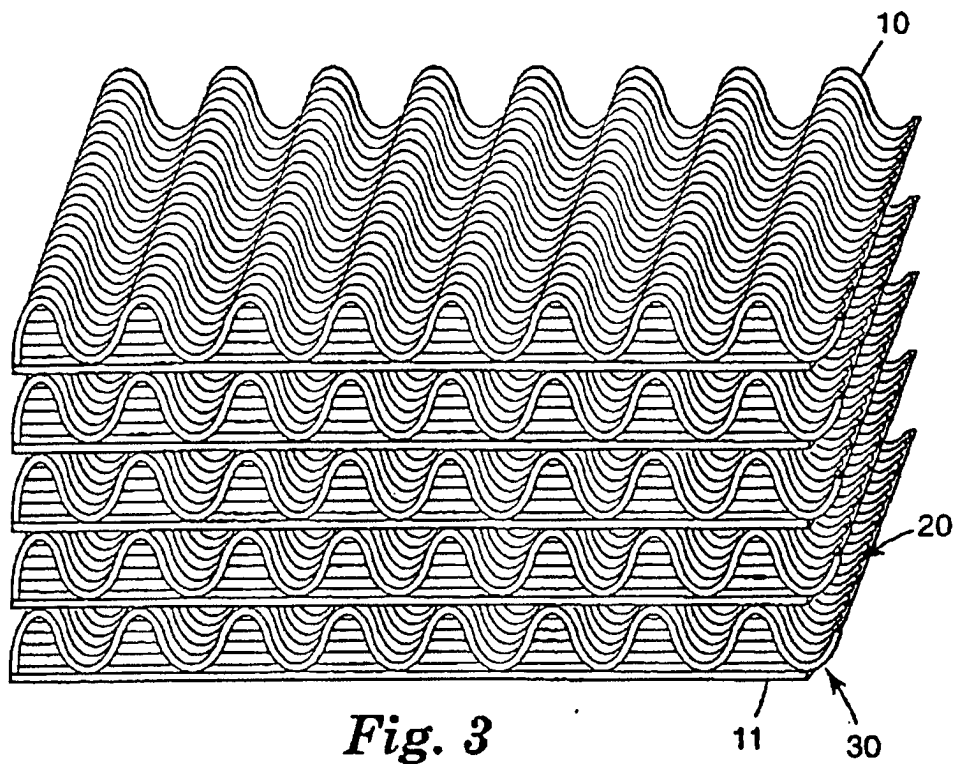


Fig. 2



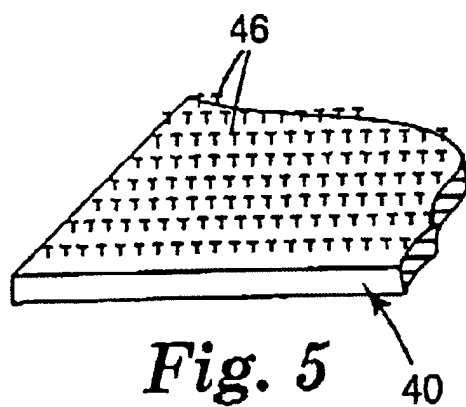


Fig. 5

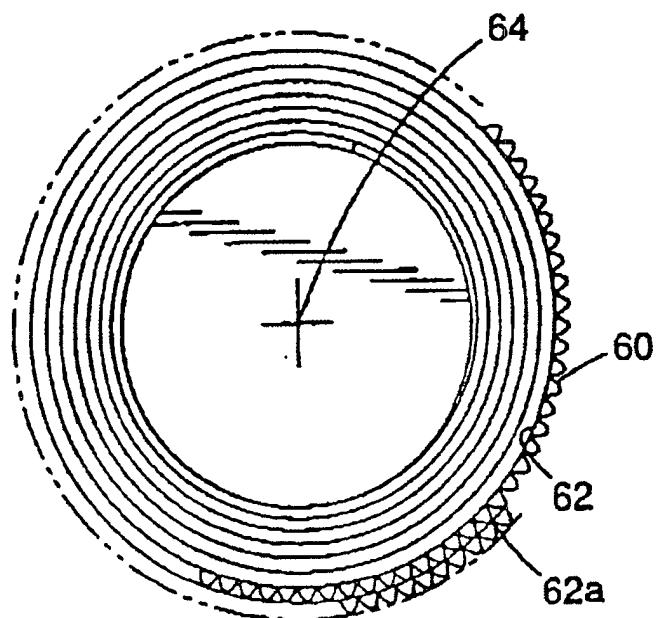


Fig. 6

