



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 012 528 T2** 2009.04.16

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 589 324 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 012 528.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/ES2004/000011**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 701 610.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/063677**

(86) PCT-Anmeldetag: **13.01.2004**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **29.07.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.10.2005**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **19.03.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.04.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G01F 1/74** (2006.01)
G01N 15/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
200300068 13.01.2003 ES

(73) Patentinhaber:
**Centro de Investigaciones Energeticas
Medioambientales y Tecnologicas (C.I.E.M.A.T.),
Madrid, ES**

(74) Vertreter:
**Müller-Boré & Partner, Patentanwälte, European
Patent Attorneys, 81671 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, GB

(72) Erfinder:
**MARTIN ESPIGARES, Manuel, E-28015 Madrid,
ES; GOMEZ MORENO, Francisco Javier, E-28922
Alcorcon, ES**

(54) Bezeichnung: **HOCHEMPFLINDLICHE UND HOCHAUFLÖSENDE EINRICHTUNG ZUR MESSUNG VON KONZENTRATIONEN VON PARTIKELN IN KASKADENIMPAKTOREN**

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

Gegenstand der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, die eine Erhöhung der Empfindlichkeit und Auflösung bei der Messung von Partikelgrößenverteilungen unter Verwendung von Kaskadenimpaktoren ermöglicht, die mit hochempfindlichen Elektrometern in jeder Phase bzw. Stufe des Impaktors versehen sind.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Umweltgrenzwerte werden zunehmend strenger, weshalb die Entwicklung von Instrumenten erforderlich ist, die empfindlich genug sind, um in Echtzeit die von Gesetzgeberseite festgelegten neuen Grenzen für Immissionsmessungen bei partikelartigem Material zu erfassen. Um dieses Problem zu lösen, werden üblicherweise großvolumige Kaskadenimpaktoren zu dem Zweck verwendet, eine ausreichend große Probe zu entnehmen und diese unter Verwendung von Mikrowaagen zu wiegen. Im Vergleich zu Mikrowaagen sind Elektrometer sehr viel empfindlichere Messsysteme, die echte Inline-Detektoren darstellen, die derzeit bereits bei Emissionsmessungen verwendet werden, so beispielsweise in reibungselektrischen Vorrichtungen niedriger Empfindlichkeit, die jedoch im Vergleich zu Impaktoren auf gänzlich anderen Grundlagen beruhen und bei denen das verwendete Isoliermaterial nicht relevant ist (deutsches Patent DE 169 34 380 A1).

[0003] In einer Phase bzw. Stufe eines Kaskadenimpaktors passiert der Gasstrom, der die Partikel mitreißt, Düsen und wird von dem Sammler weggezogen. Kleinere Partikel mit kritischer Größe, dem sogenannten Schneidedurchmesser, folgen den Luftströmen, die auf den Sammler treffen. Wenn die auftreffenden Partikel geladen sind, so kann ihre Auftreffrate auf dem Sammler aus einem von dort empfangenen Strom hergeleitet werden. Bei Kenntnis der durchschnittlichen Anzahl von Ladungen in dem Partikel ist es möglich, die Partikelkonzentration aus dem gemessenen Strom zu bestimmen. Es ist von Nutzen, die Phase bzw. Stufe in einem Faradayschen Käfig unterzubringen, um Umgebungsrauschen abzuschirmen, oder die Phase bzw. Stufe selbst als Faradayschen Käfig auszubilden.

[0004] Eine Phase bzw. Stufe eines Kaskadenimpaktors kann zur Klassifizierung bzw. Klassierung von Partikeln verwendet werden, die kleiner und größer als der Schneidedurchmesser sind. Durch Vorsehen mehrerer Phasen bzw. Stufen in Tandem-Anordnung mit aufeinanderfolgend abnehmenden Schneidedurchmessern wird es möglich, die Partikelgrößenverteilung und deren Konzentration zu messen. Strömt das Gas nacheinander durch die Phasen bzw. Stufen, so sind die in jedem Sammler zurückgehalte-

nen Partikel diejenigen, die kleiner als der Schneidedurchmesser der vorherigen Stufe bzw. Phase und größer als der Schneidedurchmesser der Stufe bzw. Phase selbst sind. Diese aufeinanderfolgende Klassifikation teilt die Partikelverteilung entsprechend ihrer Größe in eine Folge von kontinuierlichen Gruppen auf.

[0005] Die Haupteinschränkung bei den bislang verwendeten Systemen rührt von der Verwendung von Kunststoffen als Isoliermaterial her. Diese Kunststoffe weisen zwei Nachteile auf. Der erste tritt aufgrund des Umstandes auf, dass es sich hierbei um piezoelektrische Materialien handelt, infolgedessen die niedrigere Erfassungsgrenze des Elektrometers durch das von einer Pumpe erzeugte Rauschen, was notwendig zum Abtasten ist, begrenzt ist (siehe hierzu den Beitrag von Juan et al. in „J. Aerosol Sci.“, 1997, 28, 1029–1048). Das zweite Problem betrifft elektrostatische Verluste (siehe hierzu die Patentanmeldung WO 99/37990 A), da Kunststoffmaterialien Ladungen ansammeln, die ein elektrisches Feld erzeugen und die geladenen Partikel aussondern. Dies bedeutet, dass nicht sämtliche Partikel den jeweiligen Sammler erreichen, um gemessen zu werden. Dieses Problem tritt stärker bei kleineren Partikeln auf, die die ersten Phasen bzw. Stufen des Impaktors passieren müssen, bevor sie zurückgehalten werden, und die zudem eine höhere elektrische Beweglichkeit bzw. Mobilität aufweisen.

[0006] Zudem stellen Turbulenzen einen Mechanismus dar, der die Auflösung eines Impaktors aufgrund des Umstandes verschlechtert, dass vorübergehende Schwankungen der Geschwindigkeit eines Fluids zu einer vorübergehenden Erweiterung der Abschnittsgröße führen (siehe hierzu den Beitrag von Gómez-Moreno et al. in „J. Aerosol Science“, 2002, 33, 459–476). Freie Strahlen sind ihrem Wesen nach instabil. Insbesondere für den Fall von Geometrien mit plötzlichen Beschleunigungen (wie sie sich beispielsweise bei der Perforierung einer flachen Platte ergeben) tritt diese Instabilität sogar bei Reynoldsschen Zahlen (basierend auf der durchschnittlichen Geschwindigkeit und dem Durchmesser des Strahles) auf, die bei nur etwa 100 liegen. Gleichwohl stabilisiert sich ein Strahl, der frontal mit einer Oberfläche zusammenstößt, tendenziell aufgrund des Vorhandenseins der Oberfläche (Sammler für den Fall von Trägheitsimpaktoren). Daher verursachen bei einer gegebenen Reynoldsschen Zahl größere Strahlenlängen (größere Abstände von der Düse zu dem Sammler) tendenziell stärker den Übergang zur Turbulenz, als dies bei kleinen Abständen der Fall ist, und zwar auf eine Weise, die dem destabilisierenden Effekt von zunehmenden Reynoldsschen Zahlen ähnlich ist. Bei Standardimpaktoren ist die Verwendung von hohen Strömungsraten notwendig, um eine genügend große Probe zu erhalten. Dies bedeutet, dass die Reynoldssche Zahl in den Düsen sehr hohe

Werte erreichen und Turbulenzen in dem Strahl verursachen kann, die wiederum die Qualität der Messung beträchtlich verschlechtern.

[0007] Man hat nachgewiesen, dass beide Nachteile durch die nahezu ausschließliche Verwendung von leitfähigen Materialien überwunden werden können, und zwar durch Einfügen von kleinen Saphirpartikeln als isolierendes Material und zusätzlich durch die Verwendung von kurzen Strahlen, die man durch Einstellen des Abstandes der Düse von dem Sammler auf einen Wert, der ähnlich dem Düsendurchmesser ist, erhält.

Beschreibung der Erfindung

[0008] Die Vorrichtung der Erfindung basiert auf einem Kaskadenimpaktor, bei dem der Sammler jeder Phase bzw. Stufe an einen elektrischen Sensor (beispielsweise ein hochempfindliches Elektrometer) mittels eines nicht piezoelektrischen Materials (beispielsweise Saphir), das als Isolator verwendet wird, zu dem Zweck angeschlossen wird, die Konzentration von Partikeln zu messen, die in jener Phase bzw. Stufe zurückgehalten werden. Um Verluste aufgrund interner elektrischer Felder zu vermeiden, ist die gesamte Phase bzw. Stufe aus einem metallischen Material konstruiert und stellt selbst einen Faradayschen Käfig dar, obwohl auch zusätzliche metallische Käfige verwendet werden können. Darüber hinaus sind die Saphirisolatoren klein und in einem Bereich angeordnet, der vom Partikelweg entfernt ist.

[0009] Um zu verhindern, dass der partikeltragende Strahl turbulent wird, ist der Sammler in einem Abstand stromabwärts vom Auslass der Düse angeordnet, der ungefähr gleich dem Durchmesser der Düse ist. Dieser Abstand wird unter Verwendung von Variablen eingestellt, die auf die Dicke des Saphirisolators und die Tiefe des Gehäuses in dem Sammler abgestimmt sind.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

[0010] **Fig. 1** zeigt eine Phase bzw. Stufe eines Kaskadenimpaktors entsprechend der Erfindung, mit einer ersten Lösung für die elektrische Isolierung des Sammlers von der restlichen Phase bzw. Stufe.

[0011] **Fig. 2** zeigt eine zweite Lösung für das Problem des Anschließens des Elektrometers mittels Saphiren ohne Aufheben des Faradayschen Käfigs.

Detailbeschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels

[0012] **Fig. 1** zeigt eine erste Lösung für die elektrische Isolierung des Sammlers von der restlichen Phase bzw. Stufe (1) unter Verwendung eines Doppelsystems von Saphirisolatoren (2), von denen der

eine den Sammler (4) von der restlichen Phase bzw. Stufe (1) physisch trennt, wohingegen der andere einen Kontakt der Klemmschraube (3) mit dem Sammler (4) verhindert. Die Saphirisolatoren (2) weisen ein zentrales Bohrungsloch (5) auf, das von der Klemmschraube (3) durchquert werden kann, wobei Schrauben in den Hauptkörper der Phase bzw. Stufe (1) eingeschraubt sind.

[0013] **Fig. 2** zeigt ein Detail der zweiten Lösung für den Anschluss des Elektrometers an den Sammler unter Verwendung eines Doppelsatzes von Saphirisolatoren (6), eines Doppelsatzes von O-Ring-Dichtungen (7) und einer Trennungsplatte (8), wobei das leitende Kabel bzw. der leitende Draht (10), das bzw. der das Elektrometer (9) an den Sammler anschließt, angeschweißt ist. Die Baugruppe ist mittels einer Klemmmutter (11) fixiert, die derart gegen die Baugruppe drückt, dass die O-Ring-Dichtungen das Eindringen von atmosphärischem Gas in das Innere verhindern (wobei der Druck hierin nicht notwendigerweise gleich dem atmosphärischen Druck ist). Das Elektrometer (9) und die erste Verstärkungsphase bzw. Verstärkungsstufe sind in einem Faradayschen Käfig untergebracht, der unabhängig von dem Impaktorkörper derart fixiert ist, dass das leitende Kabel bzw. der leitende Draht (10), der bzw. das den Sammler (4) an den Verstärker des Elektrometers (9) anschließt, keinen übermäßigen Beanspruchungen oder Vibrationen ausgesetzt ist.

Patentansprüche

1. Eine hochempfindliche und hochauflösende Vorrichtung zur Messung von Partikelkonzentrationen in Kaskadenimpaktoren, bei denen bei jeder Phase bzw. Stufe der Sammler, auf den die Partikel treffen, nachdem sie eine Düse passiert haben, elektrisch an einen elektrischen Sensor angeschlossen und mechanisch mit jeder Phase verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass kleine Teile eines nicht piezoelektrischen Isolators als einziges Isolatorelement eingefügt sind, wobei diese den Sammler elektrisch von der restlichen Phase isolieren, und dass die gesamte Phase aus einem metallischen Material gebildet ist, um einen Faradayschen Käfig selbst zu bilden.

2. Eine hochempfindliche und hochauflösende Vorrichtung zur Messung von Partikelkonzentrationen in Kaskadenimpaktoren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem elektrischen Sensor um einen Elektrometer (9) handelt, der mittels eines leitenden Kabels (10) an den Sammler angeschlossen ist.

3. Eine hochempfindliche und hochauflösende Vorrichtung zur Messung von Partikelkonzentrationen in Kaskadenimpaktoren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem nicht pi-

ezelektrischen Isolator um einen Saphir (2) handelt.

4. Eine hochempfindliche und hochauflösende Vorrichtung zur Messung von Partikelkonzentrationen in Kaskadenimpaktoren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen der Düse und dem Sammler so ist, dass der Strahl laminar bleibt.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

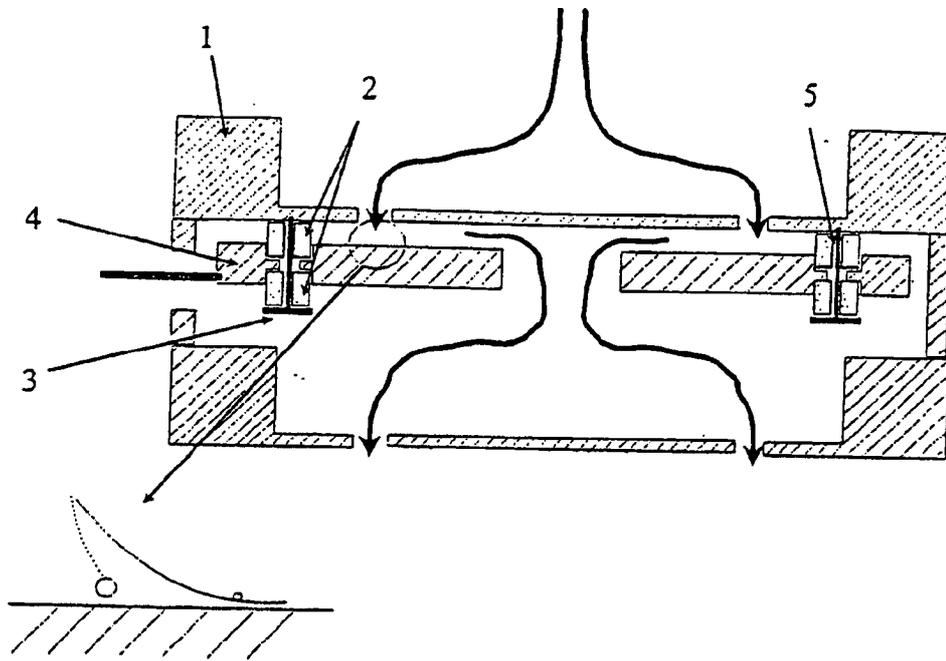


FIG. 1

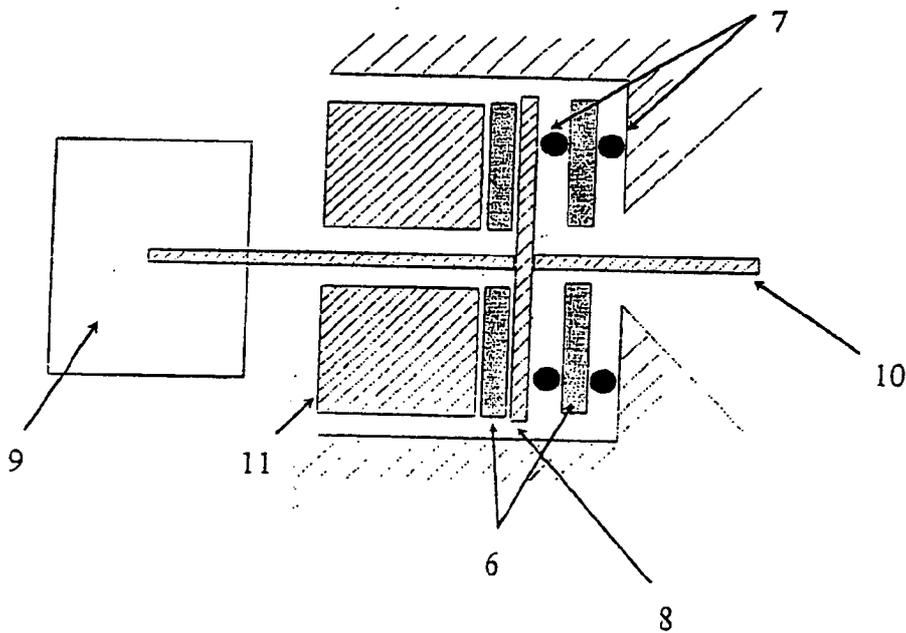


FIG. 2