

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50970/2020  
(22) Anmeldetag: 10.11.2020  
(45) Veröffentlicht am: 15.11.2021

(51) Int. Cl.: **B01D 46/00** (2006.01)  
**B01D 46/42** (2006.01)

(30) Priorität:  
10.11.2020 AT A00124/2020 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 2814517 A1  
US 5626767 A  
US 2011270085 A1  
US 2007227128 A1  
US 2014190889 A1  
WO 2012030680 A1  
WO 2015088446 A1  
CN 2371803 Y

(73) Patentinhaber:  
AC2T research GmbH  
2700 Wiener Neustadt (AT)

(72) Erfinder:  
Schirru Michele Dr.  
1030 Wien (AT)  
Budnyk Serhiy Dr.  
2700 Wiener Neustadt (AT)

(74) Vertreter:  
Schwarz & Partner Patentanwälte OG  
1010 Wien (AT)

(54) **Hocheffektive Akustische Abschirmvorrichtung für Aerosole im Hinblick auf Atem- und Hautschutz**

(57) Die Erfindung betrifft die Gestaltung einer akustischen Abschirmung (A), bei der mit Hilfe von mindestens einem piezoelektrischen Aktuator als akustischer Quelle (3) (Punktquelle) eine akustische Welle (4) und somit ein hochdynamisches akustisches Druckfeld in der Betriebsfrequenz von 10 Hz bis 10 MHz erzeugt wird, mit dessen Hilfe in effizienter Weise Partikel, Dämpfe, Aerosole oder Krankheitserreger (PDAK) selektiv akustisch abgelenkt werden und somit eine Abschirmwirkung erzielt wird. Die Quelle (3), z.B. in einer Körperschutzausrüstung (KSA) integriert, erzeugt durch Niederspannungsanregung einer Steuerelektronik (10), mit Hilfe u. a. einer Spannungsquelle (1) und eines Wellenformgenerators (2), Mikrovibrationen und somit eine akustische Welle (4), deren Intensität durch Interferenz in den Knoten (6) ausreicht, und im gegenseitigen Zusammenwirken die Abschirmung (A) bewirkt.

In einer erweiterten Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird die Quelle (3) dafür eingesetzt, biochemisch unterstützende Medien aus im Wesentlichen flüssiger Basis (17), insbesondere Desinfektionsmittel, in Form feinstverteilter Tröpfchen, als Aerosol (20), in der Umgebung im Nahbereich der KSA zu verteilen.

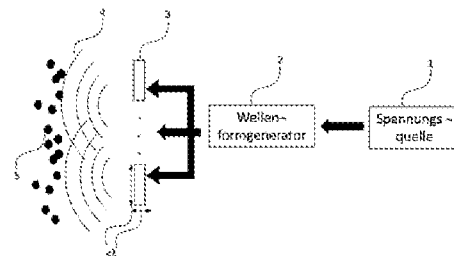


Abbildung 1

## Beschreibung

HOCHEFFEKTIVE AKUSTISCHE ABSCHIRMVORRICHTUNG FÜR AEROSOLE IM HINBLICK AUF ATEM- UND HAUTSCHUTZ.

[0001] Erfinder: Michele Schirru, Serhiy Budnyk

[0002] Die Erfindung betrifft die Gestaltung einer Vorrichtung, bei der mit Hilfe einer akustischen Punktquelle ein hochdynamisches akustisches Druckfeld erzeugt wird, um in effizienter Weise Partikel, Dämpfe, Aerosole oder Krankheitserreger (PDAK) selektiv akustisch abzulenken und somit eine Abschirmwirkung erzielt wird. Hierzu wird das Prinzip der akustischen Punktquelle genutzt, die aus piezoelektrischen Materialien, insbesondere integriert in einer Körperschutzausrüstung (KSA), erfindungsgemäß realisiert wird und mittels den durch Niederspannungsanregung erzeugten Mikrovibrationen, akustische Wellen (die im gegenseitigen Zusammenwirken ausreichende Intensität) erzeugen und dies eine akustische Abschirmung bewirkt.

### STAND DER TECHNIK

[0003] Stehende niederfrequente akustische Wellen hoher Leistung werden als Filter verwendet, um Partikel unterschiedlicher Größe selektiv einzufangen und abzulenken (US5626767A). Die überwiegend eingesetzte Methode umfasst die Erzeugung einer stehenden Welle zwischen zwei Oberflächen über Schallwandler. Die Verwendung dieser Methode ist insbesondere in flüssigen Medien (US20140190889A1) bzw. für unterschiedliche Anwendung in der Schwerindustrie oder zur Partikelinfiltration in Dieselmotoren dokumentiert (US7739869B2).

[0004] Weiters werden Luftfiltermembranen von Industrieanlagen durch Schallwellen in Vibration versetzt, um ein Zusetzen der Filter zu verzögern (EP3192580A1).

In US8912709B2 wird ein flexibles piezoelektrisches Polymer beschrieben, das als passiver Sensor fungiert und auf eine Verschiebung oder Biegung entsprechend der Größe der auf die Sensoroberfläche ausgeübten Kraft (EP2598255A2) reagiert.

[0005] Piezoelektrische Sensoren sind ebenso als „aktive Komponenten“ zur Bewegung von Masse (Teilchen, Fluiden), z. B. als Mikrofluidmischer, dokumentiert (Sriphutkiat, Yannapol und Yufeng Zhou, "Partikelanhäufung in einem Mikrokanal und ihre Reduktion durch eine akustische Welle mit stehender Oberfläche". Sensoren 17.1 (2017): 106.), als Lautsprecher (FR2651633A1), oder Geräte zur Manipulation und Detektion von Partikeln (Rocha-Gaso, María-Isabel, u. a. "Biosensoren für oberflächenerzeugte akustische Wellen zum Nachweis von Krankheitserregern: Ein Überblick." Sensoren 9.7 (2009): 5740-5769)).

[0006] Der Einsatz von akustischen Druckfeldern ist hinsichtlich der Entwicklung von Geräten zur Manipulation von Partikeln unterschiedlicher Größenordnung beschrieben (Ueha, Sadayuki, Yoshiki Hashimoto und Yoshikazu Koike, "Berührungsloser Transport mittels akustischer Nahfeld-Schwebetechnik". Ultraschall 38,1-8 (2000): 26-32). Solche Geräte sind im Wesentlichen Hochleistungslautsprecher (mit einem piezoelektrischen Wandler als aktives Element), die stehende Schallwellen erzeugen, an deren Knotenpunkten Partikel eingefangen werden.

[0007] Die Präsenz von schädlichen PDAK in einer Arbeitsumgebung für Menschen erfordert den Einsatz von Atemschutzgeräten. Diese enthalten als wesentliche Komponente z. B. einen passiven Filter, der den Durchgang von Partikeln unterschiedlicher Größe behindert. Der Filter kann antimikrobielle Eigenschaften zur Selbstreinigung enthalten (EP3287028A1). Ein Filter (bzw. das betreffende Atemschutzelement) ist in der Regel nur einmal und für eine begrenzte Zeitdauer zu verwenden, da sich der Filter im Zuge des Gebrauches mit Partikeln zusetzt.

[0008] Piezoelektrische Komponenten sind als Sensoren in Atemschutzmasken bekannt, um das Vorhandensein von Partikeln zu erkennen (WO2015088446A1) und den Dichtheitsgrad von Masken zu überprüfen (US20110270085A1). In US20170197171A1 sind akustisch unterstützte Luftfilter beschrieben.

[0009] Geometrische Abmessungen und Funktionsparameter derartiger Luftfilter lassen jedoch

eine Realisierung mit einem geringen Gewicht, wie für Atemschutzmasken unabdingbar, nicht zu.

**[0010]** Weiters ist bekannt, dass bei Einwirkung von Ultraschall entsprechender Leistung Reibungskräfte sowie die Anziehung zwischen mikroskopischen Grenzflächen (z. B. zwischen einer Oberfläche und einem Partikel) beeinflusst werden können. Sang Yi, Martin Dubé, and Martin Grant ("Thermal effects on atomic friction" *Physical Review Letters* 87.17 (2001): 174301.) zeigten, dass Reibungskräfte proportional zu Temperaturänderungen an Grenzflächen sind.

## BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0011]** Die erfindungsgemäße Lösung für den effizienten Einsatz akustischer Druckfelder in Schutzvorrichtungen sowie zur Vermeidung der geschilderten Nachteile bzw. Beschränkungen wird anhand der Abbildungen 1 bis 12 wie folgt beschrieben.

**[0012]** Die Vorrichtung besteht im Wesentlichen aus mindestens einem piezoelektrischen Aktuator als akustische Quelle 3 und einer nach Leichtbaukriterien gestalteten Steuerelektronik 10, die als Signalgenerator fungiert und insbesondere eine Kapazität 12, einen variablen Widerstand 13, einen Schmitt-Inverter 14 und eine Spannungsquelle 1 zur Spannungs- bzw. Stromversorgung der Vorrichtung umfasst. Die durch die Quelle 3 erzeugten Schwingungen werden in Amplitude, Frequenz und Wellenmodus abgestimmt, und erzeugen einen Schalldruckpegel im Bereich von 0,0001 Pa bis 200 Pa.

**[0013]** Die Effizienz der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird insbesondere dadurch erreicht, dass mindestens ein in eine KSA eingebauter piezoelektrischer Wandler als monopolare Quelle 3, mit niedriger Leistung und hoher Frequenz betrieben, ein Schalldruckfeld erzeugt. Dabei wird spezifisch die Wechselwirkung der akustischen Interferenz zwischen jeweils akustischen, monopolar generierten Wellenfronten zur Erzeugung eines akustischen Druckfeldes genutzt. Dieses dient der Begrenzung des Eintrags von PDAK im Bereich von KSA-Schwachstellen. Derart bewirken Schallwellen eine Verringerung von Ablagerung von PDAK an insbesondere exponierten KSA-Oberflächen. Damit wird die Wirkung eines in der KSA verwendeten passiven Atemschutzfilters ergänzt bzw. unterstützt. Das erzielte Temperaturniveau in für die angestrebte Schutzwirkung wesentlichen Teilen der Vorrichtung unterstützt zusätzlich die Unschädlichmachung von biogenen PDAK auf den betreffenden Oberflächen.

In einer erweiterten Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird die Quelle 3, in einer mehrfachen Anzahl, dafür eingesetzt, biochemisch unterstützende Medien aus im Wesentlichen flüssiger Basis 17, insbesondere Desinfektionsmittel, in Form feinstverteilter Tröpfchen, als Aerosol 20, im Umgebungsmedium zu verteilen.

**[0014]** Abbildung 1 zeigt das Funktionsprinzip der Erfindung, bestehend aus einer Spannungsquelle 1, einem Wellenformgenerator 2 und einer Anordnung von mehr als einer Quelle 3, wobei die Quelle 3 geometrische Abmessungen in allen drei Koordinatenrichtungen hat, die kleiner als die verwendete Wellenlänge sind. Mit der Quelle 3 wird eine akustische Welle 4 erzeugt, die die erforderliche Energie aufweist, um PDAK 5 abzustößen.

**[0015]** Eine Quelle 3 wirkt als monopolare Quelle. Die gewählte Konfiguration erlaubt die maximale Ausbreitung der Welle 4. Die Schallintensität  $I$  ergibt sich mit:

$$I = \frac{P}{O} \quad (1)$$

**[0016]** Dabei ist  $P$  die Schalleistung und  $O$  die Fläche der relevanten abstrahlenden Oberfläche der Quelle 3, im Falle einer kreisförmigen monopolaren Quelle 3 mit dem Radius  $r$ ,  $O = 4r^2\pi$ . Aus Gleichung (1) folgt die von der Quelle 3 erzeugte akustische Leistung  $P$  gemäß:

$$P = Vi \quad (2)$$

**[0017]** Dabei ist  $V$  die an der Quelle 3 angelegte Spannung und  $i$  der anliegende Strom. Aus Gleichungen (1) und (2) ergibt sich, dass die höchste Schallintensität erreicht wird, wenn die Oberfläche der monopolaren Quelle im Grenzfall zu einem Punkt reduziert und die Spannung erhöht wird. Ein Schalldruckfeld im Bereich bis 150 dB kann mit geeigneten Materialien - einschließlich, aber nicht beschränkt auf, Polymer, PVDF (Polyvinylidenfluorid) oder PZT (Blei-

Zirkonat-Titanat) - für die Quelle 3 erreicht werden. Dieses Schalldruckfeld entspricht einem Schalldruck von 0,0001 Pa bis 200 Pa, wobei das jeweilige Niveau bzw. die akustische Amplitude entsprechend der Gleichung (3) abnimmt:

$$A = A_0 e^{-\alpha z} \quad (3)$$

**[0018]** Dabei ist A die Amplitude im Abstand z,  $A_0$  die Amplitude an der Quelle 3 und  $\alpha$  der Dämpfungskoeffizient im Ausbreitungsmedium. Damit ist es möglich, Schalldruckfelder unterschiedlicher räumlicher Länge im Bereich von wenigen Mikrometern bis zu mehreren Millimetern zu erzeugen. Die Schallintensität (siehe Gleichung (1)) und Leistung (siehe Gleichung (2)) wird in Abhängigkeit von der Größe der zu beeinflussenden (abzustoßenden) Partikel gewählt. Die jeweilige akustische Abstrahlungskraft F im Schalldruckfeld ergibt an jedem Punkt sich mit:

$$F = \frac{2\alpha I}{c} \quad (4)$$

**[0019]** Dabei ist c die Schallgeschwindigkeit im akustischen Ausbreitungsmedium. Entsprechend den Gleichungen (1) bis (4) ist es möglich, relevante akustische Abstoßkräfte mit Niederspannungsleistungsschaltkreisen zu erreichen, indem die Oberfläche der Quelle 3 verkleinert wird. Dieses Prinzip wird für die gegenständliche Erfindung angewendet.

**[0020]** Eine spezielle Ausprägung der erfindungsgemäßen Ausführung ist die Temperierung von Oberflächen. Ultraschallwellen können Temperaturänderungen z. B. im Bereich von 0,1 °C bis 80 °C erzeugen. Die zufolge der intensiven Vibrationen der Quelle 3 entstehende Temperatur kann zur Reinigung einer Oberfläche genutzt werden, indem entweder PDAK 5 durch induzierten thermischen Schlupf (relative Mikroscherbewegungen) entfernt werden und/oder die Temperatur zur Abtötung von biogenen PDAK 5 genutzt wird. Derartige Temperaturerhöhungen werden bevorzugt off-situ eingesetzt, um passive Filter 8 zu reinigen und eine mehrfache Verwendung der Schutzausrüstung zu ermöglichen. Hierzu wird insbesondere eine entsprechend starke Stromquelle an die Steuerelektronik 10 angeschlossen, so dass die angestrebte Oberflächentemperatur auf einer äußeren Gewebeschicht 7 einer akustischen Abschirmung A erreicht wird.

**[0021]** Abbildung 2 zeigt zur Erläuterung des Wirkprinzips der erfindungsgemäßen Ausführung die Ausbreitung der Welle 4 von einer Quelle 3 anhand isobarer Linien im dreidimensionalen Raum. Bei einer Anordnung von mehr als einer Quelle 3 überlagern sich im selben Punkt des Raumes eine Welle 4 mit mindestens einer weiteren Welle 4, und ist die Amplitude in diesem Punkt bzw. Knoten 6 gleich der Summe des Schalldrucks der sich überlagernden Wellen. Pulsiert die Anordnung von mehr als einer Quelle 3 synchron, steigt die Amplitude des Pulses an einem Knoten 6, wo die Amplituden von zumindest zwei Wellen 4 interagieren, an und erzeugt ein dreidimensionales Schalldrucknetz mit den Knoten 6, die einen höheren Schalldruck als die Umgebung aufweisen. Je größer die Anzahl der Quellen 3 je Raumeinheit ist, desto dichter ist das Schalldrucknetz und dementsprechend höher ist die Abstoßungskraft an einem Knoten 6. Der Abstand d zwischen jedem Knoten 6 im Schalldrucknetz ergibt sich gemäß:

$$d = \frac{\lambda}{m-1} \quad (5)$$

wobei  $\lambda$  die Wellenlänge und m die Anzahl der wechselwirkenden Quellen 3 ist. Um einen möglichst großen Effekt für die Abschirmung A zu erhalten, muss der Abstand zwischen zwei Quellen 3 gleich  $\lambda/n$  sein, wobei n ganzzahlig ist.

**[0022]** Abbildung 3 zeigt die Abschirmung A in der erfindungsgemäßen Ausführung eines effizienten passiven Filters 8, durch eine mögliche Anordnung zur Erhöhung des Schutzes vor PDAK 5 in einer KSA integriert. Die Abschirmung A besteht aus einer äußeren Gewebeschicht 7, der Quelle 3 und dem passiven Filter 8. Die Quelle 3 besteht aus einem piezoelektrischen Material (einschließlich flexiblem Polymer (z. B. PVDF), AlN und PZT) mit einer Schichtdicke von 0,001 mm bis 1 mm und einer Betriebsfrequenz von 10 Hz bis 10 MHz. Die Quelle 3 wird im Inneren der außen liegenden Gewebeschicht 7 in einer an sich bekannten Weise stoffschlüssig fixiert. Die Verwendung von Frequenzen oberhalb der Hörgrenze gewährleistet, dass flüchtige PDAK 5 mit einem Durchmesser von unter einem Millimeter abgestoßen und gleichzeitig die Schallwellen von

Menschen nicht wahrgenommen werden.

**[0023]** Abbildung 4 zeigt eine beispielhafte Anordnung der Abschirmung A während der Verwendung.

**[0024]** Abbildung 5 zeigt die Abschirmung A mit einer beispielhaften Anordnung von mehr als einer Quelle 3. Der Vorteil der Verwendung dünner Piezo-Polymermaterialien für Quelle 3 besteht darin, dass mit begrenztem Aufwand komplexe Formen und Größen, angepasst an unterschiedliche Geometrien eines passiven Filter 8, hergestellt werden können. Mehr als eine Quelle 3 sind über flexible elektrische Leiter 9 mit der Steuerelektronik 10 verbunden, die sich auf einer flexiblen Leiterplatte 11, z. B. aus Polyimid, befindet.

**[0025]** Um die Quelle 3 in eine KSA zu integrieren, ist es erforderlich, die Komplexität der Steuerelektronik 10 zu reduzieren, um mit möglichst wenig Komponenten eine elektrische Anregung, z. B. eine Sinus- oder Rechteckwelle, zu erzeugen.

**[0026]** Wie in Abbildung 6 dargestellt, besteht die Steuerelektronik 10 zumindest aus einer Spannungsquelle 1, einer flexiblen Leiterplatte 11, einer Kapazität 12, einem variablen Widerstand 13 und einem Schmitt-Logik-Inverter 14. Die Verwendung des variablen Widerstandes 13 ermöglicht, den Widerstandswert und damit die Anregungsfrequenz (siehe Gleichung (6)) der Quelle 3 zu variieren.

**[0027]** In Abbildung 7 ist schematisch eine beispielhafte Anordnung der Steuerelektronik 10 und eines Drehknopfes 15, der mit dem variablen Widerstand 13 verbunden ist, an einer Atemschutzmaske dargestellt.

**[0028]** Abbildung 8 zeigt eine weitere Anordnung der Steuerelektronik 10 und der Quelle 3. Die Steuerelektronik 10 befindet sich auf einer rahmenförmigen Leiterplatte 11, auf der sich die Elektronik eingebaut werden kann, welche zumindest aus der Spannungsquelle 1, der Kapazität 12, dem variablen Widerstand 13 und dem Schmitt-Logik-Inverter 14 besteht. Leiterbahnen, bevorzugt als flexible Drähte 9, insbesondere Kupferdrähte, werden von der Steuerelektronik 10 kommend, zu zumindest einer Quelle 3 geführt.

**[0029]** Die Steuerelektronik 10 erzeugt eine Welle mit einer Amplitude in Funktion der Spannungsquelle 1 und der Anregungsfrequenz  $f$  (beachte hierzu Gleichung (6)).

$$R = \frac{C}{2f \ln\left(\frac{V_l}{V_h}\right)} \quad (6)$$

**[0030]** Dabei ist  $R$  der variable Widerstand 13,  $C$  die Kapazität 12,  $f$  die Anregungsfrequenz und  $V_l$  und  $V_h$  die niedrige und hohe Schaltspannung des Schmitt-Triggers.

**[0031]** Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen schematisch zwei unterschiedliche Betriebsarten als Funktion der Materialpolarisation der Quelle 3. In Abbildung 9 ist schematisch die Wirkung von mehr als einer Welle 4 in Form von Längsschwingungen dargestellt, um ein Schalldruckfeld zu erzeugen, das PDAK 5 von den zu schützenden Oberfläche fernhält.

**[0032]** In Abbildung 10 ist schematisch die Wirkung von Welle 4 in Form von Oberflächenwellen und Scherwellen 16 dargestellt, mit deren Hilfe eine Oberfläche bzw. eine äußere Gewebeschicht 7 zum Vibrieren gebracht wird, um die Wahrscheinlichkeit der Anhaftung von PDAK 5 zu verringern.

**[0033]** Schließlich zeigt Abbildung 11 beispielhaft die Verwendung der Abschirmung A an ausgewählten Stellen einer KSA in Form eines Schutzanzuges B. Die Quellen 3 befinden sich hierbei bevorzugt an Rändern des Schutzanzuges B rund um das jeweilige Körperteil.

**[0034]** Eine mögliche Erweiterung der Abschirmung A auf Basis der erfindungsgemäßen Ausführung durch ein System für die Selbstreinigung von KSA-Oberflächen zeigt Abbildung 12. Ein Behälter für ein flüssiges Mittel 17, insbesondere ein flüssiges Medium für die Erzeugung eines antiseptischen Aerosols 20, ist mit der Abschirmung A verbunden und verteilt das Mittel 17 aufgrund von Kapillareffekten in einer, in die Abschirmung A integrierten Kapillare 18. Das Mittel 17

in der Kapillare 18 wird, durch den von der Quelle 3 erzeugten Schalldruck, von einer äußeren Gewebeschicht 7 an die Umgebung im Nahbereich der KSA abgegeben. Hierzu werden Mikrolöcher 19 in der Kapillare 18, die in direkter Verbindung mit der Quelle 3 steht, eingebracht, welche die Freisetzung des Mittels 17 ermöglichen, und dessen Niederschlag auf der äußeren Gewebeschicht 7 bewirken.

#### KURZZUSAMMENFASSUNG

**[0035]** Die Erfindung offenbart eine Vorrichtung, die ein akustisches Druckfeld erzeugt, das als akustisches Schild wirkt, um feine Partikel, Dämpfe und Aerosole selektiv akustisch abzulenken. Es ist Ziel der Vorrichtung:

- [0036]** ➤ Akustische Punktquellen-Wandler mit geringer Leistung und hoher Frequenz einzusetzen, um ein Druckfeld zu erzeugen, das aktiv Aerosole, feine Partikel, Dämpfe und Krankheitserreger abstößt.
- [0037]** ➤ Die Wechselwirkung von akustisch konstruktiven Interferenzen zwischen Wellenfronten von akustischen Monopolen zu nutzen, um ein akustisches Drucknetz zu erzeugen, das Partikel im sub-mm- Bereich aktiv abstößt.
- [0038]** ➤ Die akustische Abschirmung als Verbesserung für Körperschutzausrüstungen (KSA) zu integrieren, um den Schutz für den Benutzer der akustischen Abschirmung zu verbessern.
- [0039]** ➤ Die akustische Abschirmung als Verbesserung für passive Atemfilter zu integrieren, um die Lebensdauer der Filter selbst durch Begrenzung von Staub-, Dampf- und Krankheitserregerablagerungen auf Außenflächen der KSA und Atemmasken zu verlängern.
- [0040]** ➤ Ein akustisch erzeugtes Druckfeld einzusetzen, das den Eintritt von Staubpartikeln, Dämpfen, Aerosol und Krankheitserregern durch Schwachstellen wie erhöhten Konturen der Schutzmasken und KSA zu begrenzen.
- [0041]** ➤ Die Lebenszeit von auf passive Filtern basierenden Atemmasken durch lokale Temperaturerhöhungen zu verlängern, um schädliche Krankheitserreger abzutöten.
- [0042]** ➤ Akustische Wellen einzusetzen, um die Reibungseigenschaften von KSA-Oberflächen zu verändern, um die Partikelablagerungen auf solchen Oberflächen zu reduzieren.
- [0043]** ➤ Akustische Punktquellen als Mittel einzusetzen, um Desinfektionsmitteltröpfchen an den Außenoberflächen der KSA zu verteilen, um diese zu reinigen, zu desinfizieren die Lebenszeit der KSA selbst zu verlängern.
- [0044]** Die akustische Abschirmung umfasst einen piezoelektrischen Aktuator und einen leichtgewichtigen elektrischen Signalgenerator, der eine Kapazität, einen variablen Widerstand, einen Schmitt-Inverter und eine Spannungsquelle zur Energieversorgung der Vorrichtung umfasst. Die Schwingung des piezoelektrischen Elements ist in Amplitude, Frequenz und Wellenmodus abgestimmt, um einen Schalldruckpegel im Bereich von 0,0001 Pa bis 200 Pa zu erzeugen, der verhindert, dass Partikeln in einer Größe variierend vom nm- bis zum mm-Bereich in Berührung mit dem Benutzer der akustischen Abschirmung kommen.

## Patentansprüche

1. Piezoelectromechanische Vorrichtung zur hocheffektiven Abschirmung von Aerosolbestandteilen, umfassend eine Spannungsquelle (1), einen Wellenformgenerator (2) und mindestens eine durch diesen angesteuerte akustische Quelle (3), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Quelle (3) dazu ausgebildet ist, ein hochdynamisches akustisches Druckfeld zu erzeugen und Partikel, Dämpfe, Aerosole oder Krankheitserreger, PDAK, selektiv akustisch ablenkt.
2. Eine Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung dazu ausgebildet ist
  - a) mindestens eine weitere Quelle (3) durch den Wellenformgenerator (2) anzusteuern und
  - b) wenigstens eine der Quellen (3) im Frequenzbereich von 10 Hz bis 10 MHz zu betreiben, und
  - c) aus zumindest zwei Quellen (3) generierte, sich überlagernde akustische Wellen (4) einen Schalldruck im Bereich von 0,0001 Pa bis 200 Pa zu erzeugen, wobei die Quelle (3) in alle 3 Koordinatenrichtungen geometrische Abmessungen aufweist, die kleiner als die Wellenlänge der Welle (4) sind.
3. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung dazu ausgebildet ist, zumindest eine der Quellen (3) gegebenenfalls mit einer Phasenverschiebung pulsieren zu lassen und eine Welleninterferenz zu erzeugen, zufolge der die akustische Abschirmwirkung durch Ablenkung an wenigstens einem der Knoten (6) erhöht wird.
4. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 2 oder Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung dazu ausgebildet ist, mittels eines dreidimensionalen Schalldrucknetzes an im Abstand  $d$  voneinander liegenden Knoten (6) akustische Abstoßkräfte zu generieren.
5. Eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung ferner einen passiven Filter (8) umfasst.
6. Eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass
  - a) wenigstens eine Quelle (3) aus piezoelektrischem Material als monopolare Punktquelle ausgeführt ist und
  - b) eine Steuerelektronik (10) auf einer flexiblen Leiterplatte (11) platziert ist, die einen Schmitt-Inverter (14) zur Erzeugung einer Welle (4) mit variabler Verstärkung, bevorzugt 1 V bis 10 V, und Anregungsfrequenz, bevorzugt 10 Hz bis 10 MHz, mittels eines variablen Widerstandes (13) umfasst.
7. Eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung dazu ausgebildet ist, wenigstens von einer Quelle (3) unterschiedliche Arten einer Welle (4), insbesondere als Scherwelle (16), zu erzeugen.
8. Eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung ferner eine äußere Gewebeschicht (7) umfasst, wobei die Quelle (3) in der äußeren Gewebeschicht (7) zweckmäßig eingebracht, vorzugsweise geklebt oder gewebt, ist.
9. Eine Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung dazu ausgebildet ist, wenigstens eine Quelle (3) mit intensiven Vibrationen zu betreiben, sodass die Temperatur der äußeren Gewebeschicht (7) auf Temperaturen über Umgebungstemperatur ansteigt und vorzugsweise zwischen 60 °C und 80 °C beträgt.
10. Eine Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Vorrichtung wenigstens eine Kapillare (18) integriert ist, die kongruent zu zumindest einer benachbarten Quelle (3) angeordnet ist und die an der, der Quelle (3) abgewandten Seite der Kapillare (18), insbesondere im Wege der äußeren Gewebeschicht (7) zur Abgabe eines flüssigen Mittels (17), bevorzugt als Aerosol (20) mit insbesondere antiseptischer Wirkung, mit Mikrolöchern (19) versehen ist.
11. Körperschutzausrüstung umfassend eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Vorrichtung in die Körperschutzausrüstung integriert ist.

12. Körperschutzausrüstung nach Anspruch 11 umfassend die Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Vorrichtung derart in der Körperschutzausrüstung angeordnet ist, dass sich durch das Schalldruckfeld der Welle (4) die ablagernde Menge der PDAK (5) im Bereich der Ränder der Körperschutzausrüstung verringert.

**Hierzu 6 Blatt Zeichnungen**



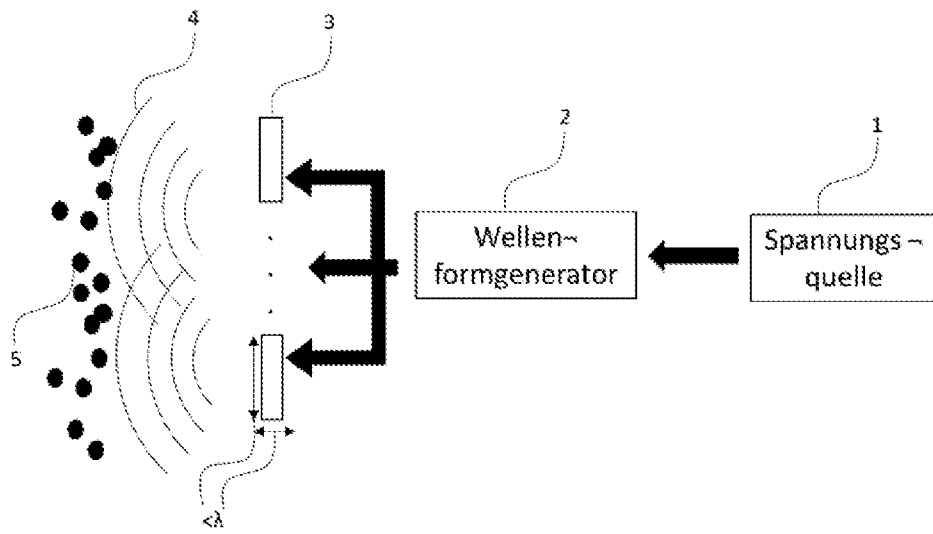


Abbildung 1

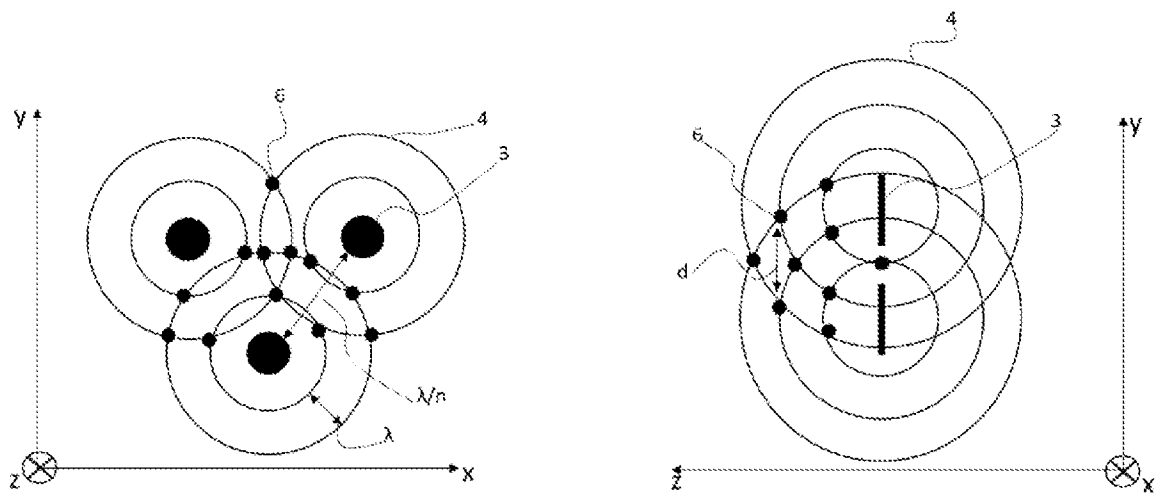


Abbildung 2

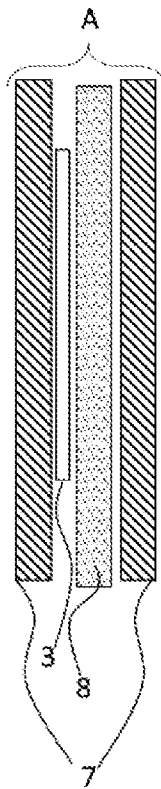


Abbildung 3

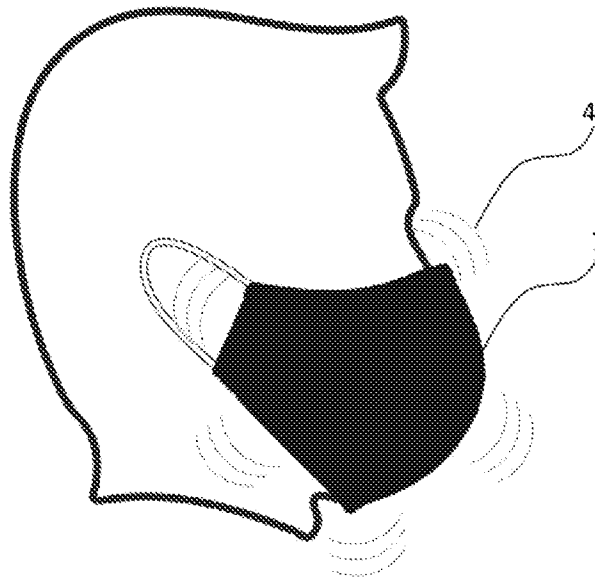


Abbildung 4

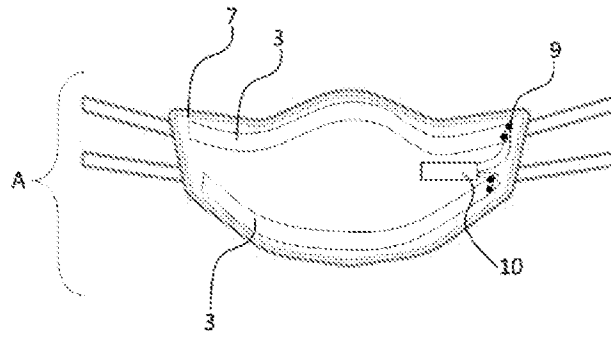


Abbildung 5

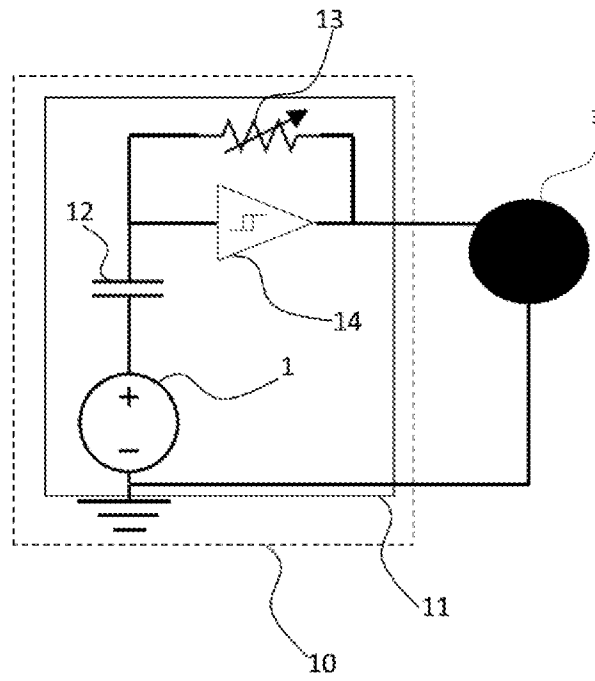


Abbildung 6

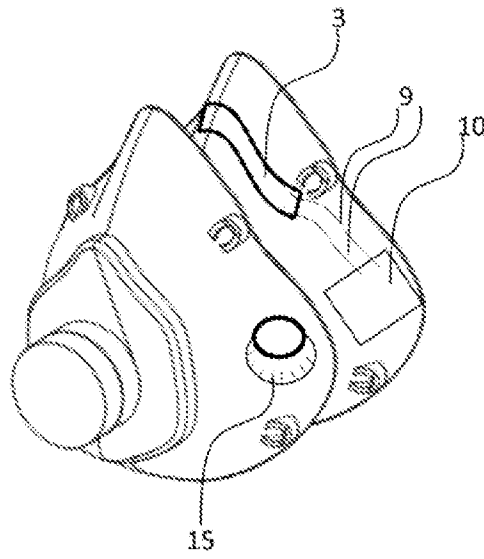


Abbildung 7

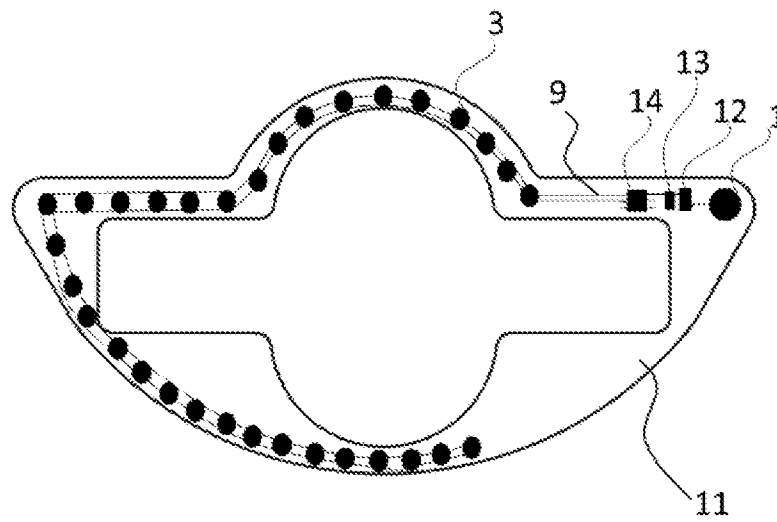


Abbildung 8

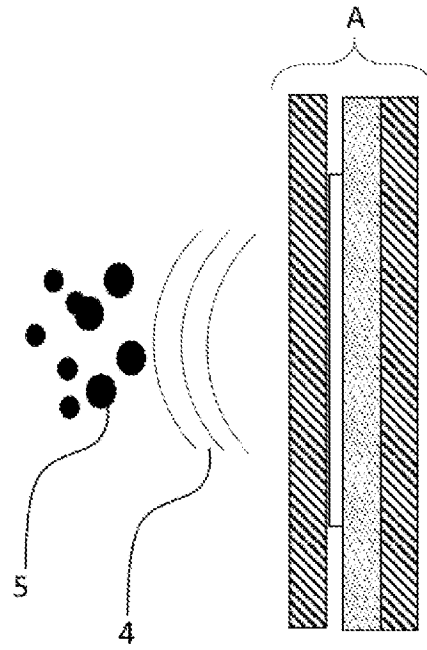


Abbildung 9

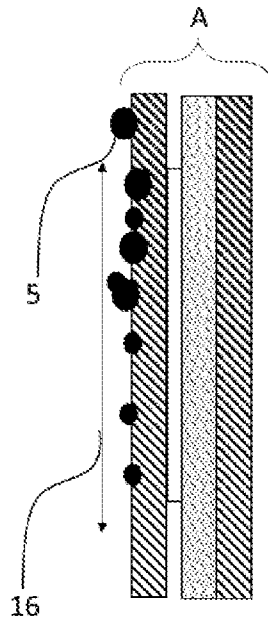


Abbildung 10

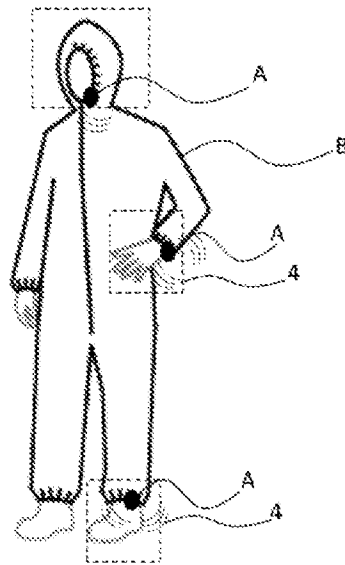


Abbildung 11

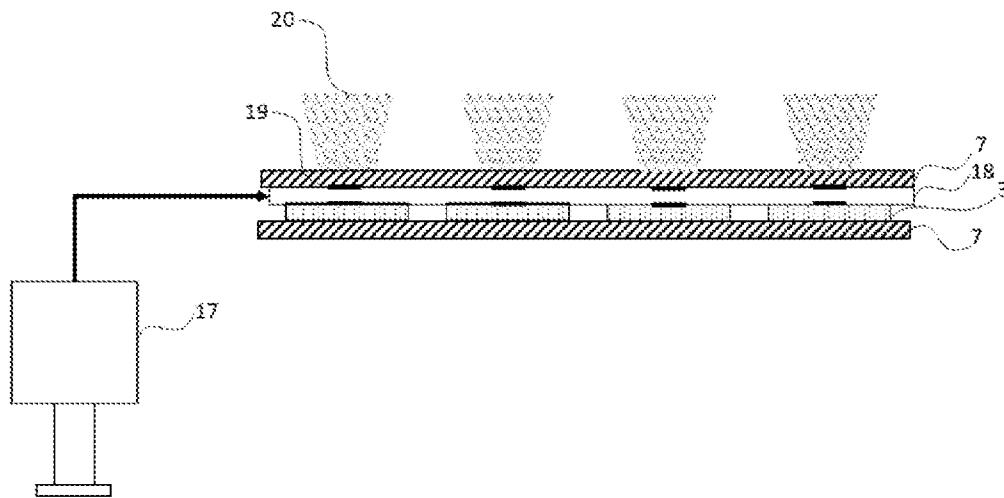


Abbildung 12