

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5430367号
(P5430367)

(45) 発行日 平成26年2月26日 (2014. 2. 26)

(24) 登録日 平成25年12月13日 (2013. 12. 13)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 N 5/225 (2006. 01)

H O 4 N 5/225 E

B O 8 B 7/02 (2006. 01)

H O 4 N 5/225 D

G O 3 B 17/02 (2006. 01)

B O 8 B 7/02

G O 3 B 11/00 (2006. 01)

G O 3 B 17/02

G O 3 B 11/00

請求項の数 12 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2009-269316 (P2009-269316)
 (22) 出願日 平成21年11月26日 (2009. 11. 26)
 (65) 公開番号 特開2011-114587 (P2011-114587A)
 (43) 公開日 平成23年6月9日 (2011. 6. 9)
 審査請求日 平成24年11月26日 (2012. 11. 26)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 伊福 俊博
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内
 (72) 発明者 古田 達雄
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 塵埃除去装置および塵埃除去方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

板状の圧電材料と前記圧電材料の板面に配置された一対の対向する電極により構成される板状の圧電素子と、振動板とを備えた、基体に設置する塵埃除去装置であって、前記圧電素子の第1の電極面が前記振動板の板面に固着され、前記圧電材料は前記第1の電極面に対し10°以内の方向に分極され、前記圧電素子の第2の電極面を介して基体に固定されていることを特徴とする塵埃除去装置。

【請求項 2】

前記圧電素子が前記第2の電極面を基準面とする厚み滑り振動をすることを特徴とする請求項1に記載の塵埃除去装置。

【請求項 3】

前記圧電素子と前記振動板の接する面の面積が、前記振動板の面積の1/2より小さいことを特徴とする請求項1または2に記載の塵埃除去装置。

【請求項 4】

前記圧電素子が直方体であり、前記圧電材料の分極軸方向が直方体のいずれかの辺と平行であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかの項に記載の塵埃除去装置。

【請求項 5】

前記圧電素子が前記振動板の板面の端部に配置されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかの項に記載の塵埃除去装置。

【請求項 6】

前記圧電素子が複数からなることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかの項に記載の塵埃除去装置。

【請求項 7】

少なくとも一对の圧電素子が前記振動板の中央部を挟んで互いに配置され、かつ圧電材料の分極軸方向が前記一对の圧電素子の対向方向と平行であることを特徴とする請求項 6 に記載の塵埃除去装置。

【請求項 8】

前記圧電材料の Pb 含有量が 1000 ppm 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかの項に記載の塵埃除去装置。

【請求項 9】

前記圧電材料がチタン酸バリウムを主成分とする圧電セラミックスであることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかの項に記載の塵埃除去装置。

【請求項 10】

前記振動板が光学材料であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかの項に記載の塵埃除去装置。

【請求項 11】

少なくとも板状の圧電材料と前記圧電材料の板面に配置された一对の対向する電極により構成される板状の圧電素子を介して基体に設置された振動板に付着した塵埃を除去する方法であって、前記圧電素子の第 1 の電極面を前記振動板の板面に固着し、前記圧電素子の第 2 の電極面を基体に固定し、前記圧電材料を前記第 1 の電極面に対し 10° 以内の方向に分極した後、前記圧電素子を駆動して振動させる工程、前記圧電素子の振動により振動板に振動を発生させ、振動板の表面に付着した塵埃を除去する工程を有することを特徴とする塵埃除去方法。

【請求項 12】

前記圧電素子が前記第 2 の電極面を基準面とする厚み滑り振動をすることを特徴とする請求項 11 に記載の塵埃除去方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、デジタルカメラなどの撮像装置及び撮像装置に組み込まれる光学部品の表面に付着する塵埃の除去に関するもので、とくに、塵埃を振動により除去する塵埃除去装置および塵埃除去方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

画像信号を電気信号に変換して撮像するデジタルカメラ等の撮像装置では、撮影光束を CCD (Charge Coupled Device) や CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子で受光する。そして、撮像素子から出力される光電変換信号を画像データに変換して、メモリカード等の記録媒体に記録する。このような撮像装置では、撮像素子の前方 (被写体側) に、光学ローパスフィルタや赤外線カットフィルタが配置される。

【0003】

この種の撮像装置において、撮像素子のカバーガラスやこれらのフィルタの表面に塵埃が付着すると、その塵埃が黒い点となって撮影画像に写り込むことがある。とくに、レンズ交換可能なデジタル一眼レフデジタルカメラでは、レンズ交換時に塵埃がレンズマウントの開口からデジタルカメラ本体内に入り込み撮像素子のカバーガラスやフィルタの表面に付着することがある。

【0004】

そこで、圧電素子の振動を利用して、表面に付着した塵埃を除去する塵埃除去装置を備えたデジタルカメラ (例えば、特許文献 1、特許文献 2 参照) が提案されている。

【0005】

10

20

30

40

50

特許文献 1 および特許文献 2 のデジタルカメラに備えられた塵埃除去装置は、振動板に固着した圧電素子に電圧を印加し、この圧電素子の駆動により振動板を光軸方向つまり振動板の厚さ方向に変位させる弾性振動（以下 面外振動：Flexural Vibration と定義する）を発生させる。特許文献 1 および特許文献 2 の塵埃除去装置は、この面外振動により振動板の表面に付着した塵埃を除去するものである。

【0006】

かかる構成において、特許文献 1 では振動板はその周縁部を押圧部材と呼ばれる円環形状の部品または複数の部品で押圧されている。そして、この押圧部材の付勢力により、塵埃除去装置は撮像素子もしくはデジタルカメラ本体と保持固定されている。

【0007】

同様に、特許文献 2 では振動板は保持部材と呼ばれる金属等のバネ性（弾性）を有する材料による単一部品で押圧されている。そして、この保持部材の付勢力により、塵埃除去装置は撮像素子もしくはデジタルカメラ本体と保持固定されている。

【0008】

また、特許文献 1 および特許文献 2 の圧電素子は、圧電材料と、圧電材料の板面に配置された下電極とも呼ばれる第 1 の電極と上電極とも呼ばれる第 2 の電極とで一对をなした対向する電極、とにより構成されているリング状ないし矩形状の板状圧電素子である。ここで、特許文献 1 および特許文献 2 の圧電素子には、電極間に印加する電界により生じる圧電材料の伸縮歪みにより、振動板の光軸と垂直方向、つまり圧電素子の厚さ方向と垂直方向（以下 長さ方向：Length direction と定義する）に変位する弾性振動（以下 長さ方向の伸縮振動：Length vibration と定義する）が発生する。この圧電素子の長さ方向の伸縮振動により、圧電素子と圧電素子に固着された振動板との間に応力が発生し、特許文献 1 および特許文献 2 の振動板に面外振動を発生させることができる。

【0009】

振動板は圧電素子へ印加する電圧の周波数や位相を制御することにより、振動モードと呼ばれる複数の節部や腹部をもつ複次の定在波や、節部や腹部がある時間に対し振動板の長さ方向に移動する搬送波を振動板の面外振動により作り出すことができる。例えば特許文献 2 のデジタルカメラに備えられた塵埃除去装置では、一对の圧電素子に印加する電圧の位相を 180° 反転させることで、18 次と 19 次の 2 つの振動モードを発生させ、2 つの振動モードを効果的に使い分けることで振動板の表面に付着した塵埃を除去できる。

【0010】

ここで、特許文献 1 および特許文献 2 の塵埃除去装置の駆動周波数は振動板の共振周波数近傍とすることで、圧電素子により小さな電圧を印加しても振動板により大きな面外振動を発生させることができる。

【0011】

また、特許文献 1 および特許文献 2 の圧電素子の長さ方向の伸縮振動の大きさは、圧電セラミックスの圧電横効果に起因した圧電変位の大きさと密接に関係している。

一方、現在各種デバイスに用いられている圧電素子には鉛を含有するチタン酸ジルコン酸鉛（PZT： $\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ ）他、鉛を多量に含有する圧電材料が多く用いられている。しかしながら、PZT のような鉛を多量に含有する圧電素子は一旦廃却され酸性雨を浴びたりする場合、圧電材料中の鉛成分が土壌に溶け出し生態系に害を成す可能性が指摘されている。そこで近年、環境に配慮する為、また、各種製品への鉛の使用を規制する法令に対応する為、鉛を使用しないもしくは鉛の使用を極力抑えた圧電材料（非鉛圧電材料）の研究や製品開発の検討が行われている。しかしながら、各種諸特性が PZT に匹敵するような優れた非鉛圧電材料の実現には未だ至っておらず、PZT と同等の性能を有する非鉛圧電材料を用いたデバイスが製品化されている例はまだ少ない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開2003-348403号公報

【特許文献2】特開2008-228074号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上述のように、特許文献1および特許文献2のデジタルカメラに備えられた塵埃除去装置は圧電素子に長さ方向の伸縮振動を発生させることで振動板に面外振動を発生させることができ、その面外振動により振動板の表面に付着した塵埃を除去するものである。

【0014】

しかしながら、圧電素子に発生させる振動が長さ方向の伸縮振動であるために、塵埃除去装置を撮像素子もしくはデジタルカメラ本体とを直接固定できない。このため、塵埃除去装置を固定保持するためには付勢力を発生させる押圧部材や保持部材が必要である。しかし、振動板は面外振動により振動しておりかつ圧電素子は自身が伸縮振動している為、たとえ塵埃除去装置のいかなる場所を押圧部材や保持部材で保持しても少なからず振動板の振動を阻害してしまう。このため、従来の塵埃除去装置の構成では塵埃除去装置を撮像素子もしくはデジタルカメラ本体と保持固定する際に塵埃除去性能が低下するという課題があった。

【0015】

かつ、従来の塵埃除去装置の構成では塵埃除去装置を撮像素子もしくはデジタルカメラ本体と固定するために、押圧部材や保持部材という塵埃除去装置には本来不必要な部品を必要としていた。

【0016】

また、圧電素子の長さ方向の伸縮振動の大きさは、圧電セラミックスの圧電横効果に起因した圧電変位の大きさと密接に関係している。圧電セラミックスの圧電効果には、圧電横効果以外に、圧電縦効果、圧電厚みすべり効果がある。ここで、圧電横効果とは分極軸方向と同じ方向に電界を印加するときに発生する圧電セラミックスの分極軸方向および電界印加方向と垂直方向の歪みである。圧電縦効果とは分極軸方向と同じ方向に電界を印加するときに発生する圧電セラミックスの同方向の歪みである。圧電厚みすべり効果とは分極軸方向と垂直方向に電界を印加するときに圧電セラミックスに発生するせん断歪みである。

【0017】

それぞれの圧電効果に起因した圧電変位の大きさは、圧電厚みすべり効果>圧電縦効果>圧電横効果である。例えば、圧電セラミックスとして代表的なジルコン酸チタン酸鉛($PZT: PbZr_{1-x}Ti_xO_3$)やチタン酸バリウム($BTiO: BaTiO_3$)の場合、圧電厚みすべり効果に起因した圧電変位の大きさは圧電横効果に起因した圧電変位の大きさの2倍以上である。つまり、圧電素子の長さ方向の伸縮振動を利用する従来の塵埃除去装置では、圧電素子が本来持つ変位性能を効率的に利用できていないという課題があった。

【0018】

さらに、特許文献2のデジタルカメラに備えられた塵埃除去装置では圧電素子が直方体であるが、振動板に発生する面外振動により形成される振動板の波面(ここで波面: Wavefrontとは、ある時刻で波の位相が等しい点を連ねて得られる連続的な面と定義する。)は直方体の圧電素子の長さ方向に平行な圧電素子のある辺(以下、長手方向と定義する)と平行である。しかしながら、圧電素子に発生させる長さ方向の伸縮振動は圧電素子の長さ方向の全方位に発生するため、振動板の同一波面の振幅を等しくすることは困難である。このため、従来の塵埃除去装置では塵埃除去性能が振動板の場所により大きく異なるという課題があった。

【0019】

本発明は、上記課題を鑑みてなされたものであり、圧電素子が本来持つ変位性能を効率的に利用し、かつ塵埃除去性能が高く、固定が簡単な塵埃除去装置および塵埃除去方法を

10

20

30

40

50

提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0020】

前記課題を解決するための塵埃除去装置は、少なくとも板状の圧電材料と前記圧電材料の板面に配置された一对の対向する電極により構成される板状の圧電素子と、振動板とからなる、基体に設置する塵埃除去装置であって、前記圧電素子の第1の電極面が前記振動板の板面に固着され、前記圧電材料は前記第1の電極面に対し10°以内の方向に分極され、前記圧電素子の第2の電極面を介して基体に固定されていることを特徴とする。

【0021】

前記課題を解決するための塵埃除去方法は、少なくとも板状の圧電材料と前記圧電材料の板面に配置された一对の対向する電極により構成される板状の圧電素子を介して基体に設置された振動板に付着した塵埃を除去する方法であって、前記圧電素子の第1の電極面を前記振動板の板面に固着し、前記圧電素子の第2の電極面を基体に固定し、前記圧電材料を前記第1の電極面に対し10°以内の方向に分極した後、前記圧電素子を駆動して振動させる工程、前記圧電素子の振動により振動板に振動を発生させ、振動板の表面に付着した塵埃を除去する工程を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、圧電素子が本来持つ変位性能を効率的に利用し、かつ塵埃除去性能が高く、固定が簡単な塵埃除去装置および塵埃除去方法を提供することができる。

特に、圧電素子が直方体の場合、振動板に発生する面外振動の波面の振幅を等しくすることが容易で、より高い塵埃除去性能を有する塵埃除去装置および塵埃除去方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の塵埃除去装置の一例を示す図である。

【図2】本発明の塵埃除去装置の一例を示す図である。

【図3】本発明における圧電素子の一例を示す図である。

【図4】本発明における圧電素子の振動原理を示す概略図である。

【図5】従来の圧電素子の振動原理を示す図である。

【図6】本発明の塵埃除去装置の振動原理を示す模式図である。

【図7】従来の塵埃除去装置の振動原理を示す模式図である。

【図8】本発明の塵埃除去装置の振動原理を示す模式図である。

【図9】本発明および従来の塵埃除去装置の振動板に形成される波面を示す模式図である。

【図10】本発明の塵埃除去装置のひとつの実施形態を示す概略図である。

【図11】本発明における圧電素子の作製工程を示す概略図である。

【図12】実施例1の塵埃除去装置の振動を示す計算モデル図である。

【図13】実施例2の塵埃除去装置の振動を示す計算モデル図である。

【図14】実施例2の塵埃除去装置の振動を示す計算モデル図である。

【図15】フレキシブル配線ケーブルを接続した本発明の塵埃除去装置の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本発明を実施するための形態について説明する。

本発明に係る塵埃除去装置は、少なくとも板状の圧電材料と前記圧電材料の板面に配置された一对の対向する電極により構成される板状の圧電素子と、振動板とからなる、基体に設置する塵埃除去装置であって、前記圧電素子の第1の電極面が前記振動板の板面に固着され、前記圧電材料は前記第1の電極面と平行に分極され、前記圧電素子の第2の電極面を介して基体に固定されていることを特徴とする。

【0025】

本発明に係る塵埃除去方法は、少なくとも板状の圧電材料と前記圧電材料の板面に配置された一対の対向する電極により構成される板状の圧電素子を介して基体に設置された振動板に付着した塵埃を除去する方法であって、前記圧電素子の第１の電極面を前記振動板の板面に固着し、前記圧電素子の第２の電極面を基体に固定し、前記圧電材料を前記第１の電極面と平行に分極した後、前記圧電素子を駆動して振動させる工程、前記圧電素子の振動により振動板に振動を発生させ、振動板の表面に付着した塵埃を除去する工程を有することを特徴とする。

【００２６】

図１および図２は本発明の塵埃除去装置の一例を示す概略図である。塵埃除去装置１０は板状の圧電素子３０と振動板２０より構成される。圧電素子３０は図３に示すように圧電材料３１と第１の電極３２と第２の電極３３より構成され、第１の電極３２と第２の電極３３は圧電材料３１の板面に対向して配置されている。図中右側（ｃ）の圧電素子３０の手前に出ている第１の電極３２が設置された面を第１の電極面３６、図中左側（ａ）圧電素子３０の手前に出ている第２の電極３２が設置された面が第２の電極面３７である。ここで、本発明における電極面とは電極が設置されている圧電素子の面を指しており、例えば図３に示すように第１の電極３２が第２の電極面３７に回りこんでいても良い。

【００２７】

圧電素子３０と振動板２０は、図２に示すように圧電素子３０の第１の電極面３６で振動板２０の板面に固着される。そして圧電素子３０の駆動により圧電素子３０と振動板２０との間に応力が発生し、振動板に面外振動を発生させる。本発明の塵埃除去装置１０は、この振動板２０の面外振動により振動板２０の表面に付着した塵埃を除去する装置である。面外振動とは、振動板を光軸方向つまり振動板の厚さ方向に変位させる弾性振動を意味する。

【００２８】

以下、本発明による圧電素子３０と従来例の圧電素子４０との違いについて詳しく説明する。

図４は本発明における圧電素子の振動原理を示す概略図である。上図（ａ）は板状の圧電素子３０を断面から見た概略図で、下図（ｂ）は板状の圧電素子３０の第２の電極面３７を上面から見た概略図である。図４に示すように、本発明の圧電素子３０は圧電材料３１があらかじめ第１の電極面３６と平行に分極されており、例えばデジタルカメラ本体の駆動電源から第１の電極３２と第２の電極３３とに高周波数の電圧が印加できるようになっている。

【００２９】

本発明の圧電素子３０は、図４の３５の矢印が示す方向に発生する交番電界により生じる圧電材料３１のせん断歪みにより、圧電素子３０の長さ方向に第１の電極面３６と第２の電極面３７が互いにずれるように変位する弾性振動（以下厚み滑り振動：Thickness-share vibrationと定義する）が発生する。図４に示すように厚み滑り振動では、圧電材料３１は第１の電極面３６に平行に分極されており（図中３４の方向）、電界印加方向は圧電素子３０の厚み方向である。このとき、長さ方向に許される圧電素子の振動方向は圧電材料３１の分極軸方向３４と平行な方向のみである。圧電素子の厚み滑り振動の大きさは、圧電セラミックスの圧電厚みすべり効果に起因した圧電変位の大きさと密接に関係している。

【００３０】

一方、図５は従来の圧電素子の振動原理を示す概略図である。上図（ａ）は板状の圧電素子４０を断面から見た概略図で、下図（ｂ）は板状の圧電素子４０の第２の電極面４７を上面から見た概略図である。図５に示すように、従来の圧電素子４０は圧電材料４１があらかじめ第１の電極面４６と垂直に分極されており、例えばデジタルカメラ本体の駆動電源から第１の電極４２と第２の電極４３とに高周波数の電圧が印加できるようになっている。

【００３１】

10

20

30

40

50

従来例の圧電素子 40 は、図 5 の電界方向 45 の矢印が示す方向に発生する交番電界により生じる圧電材料 41 の伸縮歪みにより、圧電素子 40 の長さ方向に伸縮振動が発生する。図 5 に示すように長さ方向の伸縮振動では、圧電材料 41 は第 1 の電極面 46 に垂直に分極されており（図中 44 の方向）、電界印加方向は圧電素子 40 の厚み方向である。このとき、長さ方向に許される圧電素子の振動方向は圧電材料 41 の分極軸方向 44 と垂直なすべての方向で、圧電素子の例えば矩形や円筒形などの圧電素子の形状には依存しない。圧電素子の長さ方向の伸縮振動の大きさは、圧電セラミックスの圧電横効果に起因した圧電変位の大きさと密接に関係している。

【0032】

ところで、本発明の圧電素子 30 は、圧電素子 30 の第 1 の電極面 36 もしくは第 2 の電極面 37 のどちらか一方を完全に固定しても、圧電素子 30 自身は厚み滑り振動をすることができる。例えば図 4 に示すように、本発明の圧電素子 30 の第 2 の電極面 37 を基体に固定して圧電素子 30 を駆動させた場合、圧電素子 30 の第 2 の電極面 37 は固定されているため振動をしないが、本発明の圧電素子 30 は厚み滑り振動で駆動するため、圧電素子 30 の第 1 の電極面 36 が圧電素子 30 の長さ方向に振動することができる。ここで、圧電素子 30 の第 2 の電極面 37 と基体との固定とは、少なくとも圧電素子 30 の第 2 の電極面 37 の長さ方向の動きを基体に対し完全に拘束することを指す。ここで、本発明の基体とは少なくとも圧電素子 30 の第 2 の電極面 37 の長さ方向の動きを基体に対し完全に拘束することができる一つもしくは複数の部材を総称したものであり、圧電素子 30 を介して振動板 20 に面外振動を発生させるのに十分な質量や剛性を備えた部材を指す。

【0033】

一方、従来の圧電素子 40 は、圧電素子 40 の第 1 の電極面 46 もしくは第 2 の電極面 47 のどちらか一方の面を固定すると、圧電素子自身は長さ方向の伸縮振動ができなくなる。例えば図 5 に示すように、従来の圧電素子 40 の第 2 の電極面 47 を基体に固定して圧電素子 40 を駆動させた場合、圧電素子 40 は長さ方向の伸縮振動により駆動するため、第 2 の電極面 47 からの拘束により圧電素子 40 自体が全ての方向にほぼ振動できなくなる。これは圧電素子の厚さが薄いほど顕著になり、従来の圧電素子 40 の形状ではほぼ振動できなくなる。

【0034】

従来技術の圧電素子 40 と違い、本発明の圧電素子 30 は圧電素子 30 の第 2 の電極面 37 と基体とを固定しても所望の圧電振動を発生させることが可能であるという特徴を有する。

【0035】

本発明の圧電素子 30 の厚み滑り振動の大きさは、圧電セラミックスの圧電厚みすべり効果に起因した圧電変位の大きさと密接に関係しており、一方、従来の圧電素子 40 の長さ方向の伸縮振動の大きさは、圧電セラミックスの圧電横効果に起因した圧電変位の大きさと密接に関係している。

【0036】

前述したように、圧電セラミックスの圧電厚みすべり効果に起因した圧電変位の大きさは圧電横効果に起因した圧電変位の大きさの 2 倍以上である。つまり、本発明の圧電素子 30 は従来の圧電素子 40 と比較して同じ圧電材料を用いてもより大きい変位性能を有している。逆に、より小さな圧電定数をもつ圧電材料を用いても従来の圧電素子と同等の変位性能を有しているといえる。

【0037】

次に、本発明による塵埃除去装置 10 と従来の塵埃除去装置との違いについて詳しく説明する。

図 6 は本発明の塵埃除去装置の振動原理を示す模式図である。上図（a）は左右一対の圧電素子 30 に同位相の交番電圧を印加し振動板 20 に面外振動を発生させた状態を表している。左右一対の圧電素子 30 は互いに圧電材料 31 の分極が相対して向き合っており

、塵埃除去装置 10 は 7 次の振動モードで駆動している。下図 (b) は左右一対の圧電素子 30 に位相が 180° 反対である逆位相の交番電圧を印加し振動板 20 に面外振動を発生させた状態を表している。左右一対の圧電素子 30 は互いに圧電材料 31 の分極が相対して向き合っており、塵埃除去装置 10 は 6 次の振動モードで駆動している。本発明の塵埃除去装置 10 はこのように少なくとも 2 つの振動モードを効果的に使い分けることで振動板の表面に付着した塵埃をより効率的に除去できる。

【0038】

一方、図 7 は従来の塵埃除去装置の振動原理を示す模式図である。上図 (a) は左右一対の圧電素子 40 に同位相の交番電圧を印加して、振動板 25 に面外振動を発生させた状態を表している。左右一対の圧電素子 40 は圧電材料 41 の分極が圧電素子 30 の厚さ方向に向きを同じくしており、塵埃除去装置 15 は 7 次の振動モードで駆動している。下図 (b) は左右一対の圧電素子 30 に位相が 180° 反対である逆位相の交番電圧を印加して、振動板 25 に面外振動を発生させた状態を表している。左右一対の圧電素子 40 は圧電材料 41 の分極が圧電素子 40 の厚さ方向に向きを同じくしており、塵埃除去装置 15 は 6 次の振動モードで駆動している。従来の塵埃除去装置 15 も本発明の塵埃除去装置 10 と同様、少なくとも 2 つの振動モードを効果的に使い分けることで振動板の表面に付着した塵埃をより効率的に除去できる。

【0039】

本発明の塵埃除去装置 10 は、圧電素子 30 が第 2 の電極面 37 を介して基体と固定されており、圧電素子 30 が配置された部分の振動板 20 は面外振動をしない。一方、従来の塵埃除去装置 15 は、圧電素子 40 が配置された部分の振動板 25 も面外振動をする。このため、圧電素子 40 もしくは振動板 25 の両方の板面の少なくとも一部を何らかの保持部材で保持し、その保持部材を介して基体と固定する必要がある。しかし、振動板 25 は面外振動により振動している為、たとえ塵埃除去装置 15 のいかなる場所を押圧部材や保持部材で保持しても少なからず振動板 25 の振動を阻害する。このため、従来の塵埃除去装置 15 の構成では塵埃除去装置 15 を基体と保持固定する際に塵埃除去性能が低下する。一方、本発明の塵埃除去装置 10 は振動板 20 を保持固定する必要が無く、基体と固定する際に塵埃除去性能の低下はない。

【0040】

図 6 では、左右一対の圧電素子 30 の分極が相対して向き合っている例を示したが、分極軸が平行であれば、相対している必要は無く、例えば図 8 下図 (b) のように向いていても良い。この場合、同位相の交番電圧を印加すると、図 6 の下図の逆位相と同じ振動モードを作ること出来る。

【0041】

以上、本発明の塵埃除去装置 10 として、図 1 や図 2 で示されたような一対の直方体の板状圧電素子 30 と直方体の振動板 20 で構成された塵埃除去装置 10 について説明した。このように、少なくとも一対の直方体の板状圧電素子 30 が直方体の振動板 20 の中央部を挟んで互いに振動板 20 の端部に配置され、かつ分極軸方向 34 が一対の圧電素子 30 の対向方向と平行であるような塵埃除去装置 10 が本発明の最も好ましい塵埃除去装置 10 の構成である。

【0042】

しかし、本発明の塵埃除去装置 10 は必ずしもこのような形状に限定されるものではない。本発明の塵埃除去装置 10 は少なくとも板状の圧電材料 31 と前記圧電材料の板面に配置された一対の対向する電極により構成される板状の圧電素子 30、振動板 20 よりなる、基体に設置する塵埃除去装置 10 であって、圧電素子 30 の第 1 の電極面 36 が振動板 20 の板面に固着され、圧電材料 31 は第 1 の電極面 36 と平行に分極され、圧電素子 30 が第 2 の電極面 37 を基準面とし、厚み滑り振動により駆動することができればよい。ここで基準面とは圧電素子 30 の振動の基準となる面である。圧電素子 30 が第 2 の電極面 37 を基準面とすることで、圧電素子 30 の第 1 の電極面 36 の長さ方向の振動は最も大きくなる。このため、上述の構成において、第 1 の電極面 36 を介して圧電素子 30

と固着されている振動板 20 の面外振動は最も大きくなる。

【0043】

例えば、本発明の塵埃除去装置 10 が基準面を介して基体に固定されていれば、塵埃除去装置 10 に所望の圧電振動を発生させることができる。このため、本発明の塵埃除去装置 10 は振動板 20 を保持固定する必要が無く、物体と固定する際に塵埃除去性能の低下はない。同時に、本発明の塵埃除去装置 10 が基準面を介して基体に固定されることで、振動板 20 の面外振動は最も大きくなるという特徴を有する。つまり、本発明の塵埃除去装置 10 は基準面を介して基体に固定されることが最も好ましい。さらに、本発明の塵埃除去装置 10 は従来の塵埃除去装置 15 と同じ圧電材料を用いても圧電素子 30 がより大きい変位性能を有している。つまり、圧電素子 30 が本来持つ変位性能を効率的に利用し、かつ、塵埃除去性能が高く、固定が簡単な塵埃除去装置 10 を提供することができる。

10

【0044】

本発明の塵埃除去装置 10 を構成する圧電材料 31 は第 1 の電極面 36 と平行に分極されるが、必ずしも第 1 の電極面 36 に対し完全に平行に分極される必要は無い。例えば、分極軸方向 34 が第 1 の電極面 36 に対し完全な平行から 5° 傾いていても圧電素子 30 の変位性能効果の減少は 0.5% であり、10° 傾いていても 1.5% である。従って分極軸の傾きは 10° まで許容できる。また、本発明の塵埃除去装置 10 の圧電素子 30 と振動板 20 は、圧電素子 30 の第 1 の電極面 36 が振動板 20 の板面に固着されるが、本発明の固着とは、圧電素子 30 と振動板 20 は、少なくとも圧電素子 30 と振動板 20 との間に応力が発生し、振動板 20 に面外振動を発生させることができる程度に拘束されていることを指す。

20

【0045】

本発明の塵埃除去装置 10 は、圧電素子 30 と振動板 20 の接する面の面積が、振動板 20 の面積の 1/2 より小さいことが好ましい。振動板 20 の面の面積に対し、振動板 20 に接する圧電素子 30 の面の面積がこれ以上大きい場合、振動板の半分以上が非振動面となるため、塵埃除去性能が低下してしまう。

【0046】

さらに、本発明の塵埃除去装置 10 は、圧電素子 30 が直方体であり、分極軸方向が直方体のいずれかの辺と平行であることが好ましい。これは以下の理由による。

本発明および従来の塵埃除去装置は、振動板に発生する面外振動により振動板に波面が形成される。振動板に形成される波面は直方体の圧電素子の長さ方向に平行である。つまり、波面の長さ方向の断面は図 6、図 7、図 8 で示したようになる。ここで、図 6、図 7、図 8 では長さ方向のある断面の波面が示されているが、本発明および従来の塵埃除去装置は、図 6、図 7、図 8 で示したような波面を紙面の手前や奥方向にも同様の形状で形成できることが好ましい。

30

【0047】

図 9 の上図 (a) は、本発明の塵埃除去装置の振動板に形成される波面を示しているが、図 9 の上図 (a) では、分極軸方向 34 は直方体の圧電素子 30 の長さ方向に平行な短手の辺の方向 (以下、短手方向と定義する) と平行であり、振動板 20 の波面は直方体の圧電素子 30 の長さ方向に平行な長手の辺の方向 (以下、長手方向と定義する) と平行である。ここで、振動板 20 の同一波面は直方体の圧電素子 30 の長手方向にほぼ等しい振幅で形成できる。これは、本発明の圧電素子 30 が厚みすべり振動により振動する為である。図中で示す通り、本発明の圧電素子 30 は分極と平行方向にのみ振動し、分極と平行でない他の長さ方向へは振動しない。このため、本発明の塵埃除去装置 10 は図 6、図 7、図 8 で示したような波面を紙面の手前や奥方向、つまり直方体の圧電素子 30 の長手方向にも同様の形状で形成でき、振動板 20 全域に渡って均一の塵埃除去性能を得ることが出来る。

40

【0048】

一方、図 9 の下図 (b) は従来の塵埃除去装置の振動板に形成される振動板の波面を示しているが、図 9 の下図 (b) では、分極軸方向 44 は直方体の圧電素子 40 の厚さ方向

50

と平行であり、振動板 25 の波面は直方体の圧電素子 40 の長手方向と平行である。しかし、振動板 40 の同一波面は直方体の圧電素子 40 の長手方向にほぼ等しい振幅で形成することは困難である。これは、従来の圧電素子 40 が長さ方向の伸縮振動により駆動する為である。図中で示す通り、従来の圧電素子 40 は圧電素子 40 の長さ方向の全方位に振動する。特に圧電素子 40 直方体の場合、振動板 25 の波面は、直方体の圧電素子 40 の短手方向及び長手方向の振動の影響を大きく受けた合成振動により形成されることとなる。このため、従来の塵埃除去装置 15 は図 6、図 7、図 8 で示したような波面を直方体の圧電素子 40 の長手方向にも同様の形状では形成できず、振動板 25 の場所により塵埃除去性能が大きく異なってしまう。

【0049】

10

このような違いにより、圧電素子 30 が直方体であり、分極軸方向 34 が直方体のいずれかの辺と平行である本発明の塵埃除去装置 10 は、従来の塵埃除去装置 15 より優れた塵埃除去性能を有することとなる。本発明の塵埃除去装置 10 は振動板 20 の形状を特に規定しないが、振動板 20 に形成される振動板 20 の波面は振動板 20 の形状にも影響を受ける。また、振動板 20 に発生する面外振動の振幅は振動板の材質や厚さの影響を受ける。このため、振動板 20 の形状も板状の直方体であることが好ましく、特に振動板 20 の厚さは、振動板が有する機能や強度に耐えうる範囲で薄く、同時に硬いことが好ましい。

【0050】

本発明の塵埃除去装置 10 は、圧電素子 30 が振動板 20 の板面の端部に配置されることが好ましい。圧電素子 30 が振動板 20 の板面の端部に配置されることで、圧電素子 30 の振動を効率的に振動板 20 全面に伝えることが可能となり、効率的に塵埃除去性能を得ることが出来る。ここで、圧電素子 30 は振動板 20 の板面の端部に完全に接している必要は無い。たとえば、塵埃除去装置 10 の塵埃を実質的に除去する必要のない周辺部分に配置されていれば、振動板の端部に近い周辺部に配置されていてもよい。

20

【0051】

さらに、圧電素子 30 が複数からなる場合、複数の圧電素子 30 を効果的に制御することで振動板 20 全面に渡って所望の波面を形成することが容易となる。特に、本発明の塵埃除去装置 10 は、少なくとも一对の圧電素子 30 が振動板 20 の中央部を挟んで互いに配置され、かつ分極軸方向 34 が一对の圧電素子 30 の対向方向と平行であることが好ましい。

30

【0052】

このような構成からなる本発明の塵埃除去装置 10 の塵埃除去性能は良好である。この構成は図 10 で示される構成であり、分極軸 34 が平行であれば、相対している必要は無く、また、図 10 の下図 (b) で示すように、複数の圧電体素子 30 はそれぞれ一对になっている圧電素子 30 の分極軸方向 34 が一对の圧電素子 30 の対向方向と平行であれば、それぞれの圧電素子 30 の分極方向は特に規定されない。

【0053】

本発明の塵埃除去装置 10 は、圧電材料 30 の Pb 含有量が 1000 ppm 以下であることが好ましく、例えばチタン酸バリウムを主成分とする圧電セラミックスであることが好ましい。Pb 含有量が 1000 ppm 以下であれば、例えば塵埃除去装置が廃却され酸性雨を浴びたり、過酷な環境に放置されたりしても、圧電材料中の鉛成分が環境に悪影響を及ぼす可能性は低い。

40

【0054】

このような非鉛圧電セラミックスは、現状、各種諸特性が PZT に劣る。しかし、例えば非鉛圧電セラミックスがチタン酸バリウムを主成分とする場合、圧電厚みすべり効果に起因した圧電変位の大きさは圧電横効果に起因した圧電変位の大きさより大きく、かつ、従来の塵埃除去装置 15 で主に用いられている PZT の圧電横効果に起因した圧電変位の大きさよりも大きい。つまり、本発明の塵埃除去装置 10 はこのような圧電セラミックスを圧電材料 31 に用いても、従来の塵埃除去装置 15 と同等以上の塵埃除去特性を有する

50

ことが出来る。ここで、例えば、非鉛圧電セラミックスがチタン酸バリウムを主成分とする圧電セラミックスの場合、副成分にPbやPZTを構成する元素を含んでいてもよく、その場合、Pb含有量が1000ppm以下であることが好ましい。

【0055】

さらに、圧電材料31は機械的品質係数 Q_m が大きいことが好ましい。例えば、非鉛圧電セラミックスがチタン酸バリウムを主成分とする場合、例えばMnを添加すれば Q_m をPZTと同等まで大きくすることが出来るため、本発明の塵埃除去装置10の塵埃除去性能を更に高めることが出来る。

【0056】

本発明の塵埃除去装置10は、振動板20が光学材料であることことを特徴とする。本発明の光学材料とは、入射光に対し光学的な機能を有する材料である。光学的な機能の例としては、透過、屈折、干渉、反射、散乱などが挙げられる。振動板20は、振動板としての機能のみでなく、例えば赤外線カットフィルタや光学ローパスフィルタなどの光学的な機能を有していてもよい。ここで、赤外線カットフィルタとは可視光を透過して近赤外光(IR)をカットするための光学部材であり、例えばガラスからなる。また、光学ローパスフィルタとは透過光の高い空間周波数成分を取り除く為に光を常光線と異常光線に分離するための光学部材であり、例えば水晶からなる複屈折板および位相板が複数枚積層されたものである。

【0057】

本発明の塵埃除去装置が設置される基体は、例えばデジタルカメラなどの撮像装置、スキャナなどの画像読取装置が挙げられる。

さらに、振動板20に電氣的に塵埃が付着するのを防止する為に、導電性物質等で表面がコーティングされていても良い。また、振動板20はそれぞれ上述のような別の機能を有する複数の部材で形成されていても良い。この際、振動板20は必要な機能を有する限りにおいて、可能な限り機械品質係数が高い部材を選択することが好ましい。

【0058】

次に、本発明の塵埃除去装置10の作製方法について、図1や図2で示されるような、少なくとも一対の直方体の板状圧電素子30が直方体の振動板20の中央部を挟んで互いに振動板20の端部に配置され、かつ分極軸方向34が一対の圧電素子30の対向方向と平行であるような塵埃除去装置10を用いて詳細に説明する。

【0059】

まず、本発明の圧電素子30の作製方法であるが、最初に、所望の組成に調整した圧電セラミックス粉末に分散剤等の焼結助剤を加え、高密度の焼結体にするのに必要な圧力でプレス成形して圧電セラミックス成形体を作製する。ここでプレス成形のみで必要な圧力が得られない場合はCIP(冷間等方圧プレス: Cold Isostatic Press)などにより所望の圧力を加えても良い。また、プレス成形せずに最初からCIP等で圧電セラミックスの成形体インゴットを作製しても良い。次に、圧電セラミックス成形体を焼成して圧電セラミックス焼結体を作製する。焼成は所望の圧電セラミックスに最適な方法を選択すればよく、なお、必要であれば焼成前に圧電セラミックス成形体を所望の形状に加工しても構わない。

【0060】

次に作製した圧電セラミックス焼結体を所望の寸法に研削加工して直方体の圧電セラミックスを作製する。ここで、この焼成後の圧電セラミックスは本発明の圧電材料31となるが、この時点では必ずしも圧電素子30の寸法に加工されている必要は無く、またかならずしも直方体である必要は無い。

【0061】

本発明の圧電材料31は、通常、圧電材料31のキュリー温度もしくは脱分極温度未満で、5分から10時間、空気中もしくはシリコンオイル等の不燃性のオイル中、0.5から5.0kV/mmの電界を印加することで分極処理をする。本発明の圧電材料31は最終的に板状の圧電材料31の長さ方向に分極軸方向34を形成する。このため、直方体の

10

20

30

40

50

圧電材料 3 1 の分極軸方向 3 4 の長さは長くても 3 0 m m 以下であることが好ましい。これ以上長い場合、圧電材料 3 1 の分極処理の際に非常に大きな電圧が印加できる電源が必要となる。

【 0 0 6 2 】

本発明の圧電素子 3 0 の厚さは、通常、0 . 1 m m から 1 0 m m である。このため、圧電材料 3 1 を分極処理する際の電極を直方体の圧電材料 3 1 の厚さ方向に平行な面に形成し、分極処理に必要な所望の電圧を印加するのは困難である。そこで、例えば図 1 1 の圧電素子 3 0 の作製工程の概略図に示すように、分極処理する際は直方体の圧電材料 3 1 を厚く作製しておき、幅広い面に分極処理用の電極を形成することが好ましい。その後、分極処理後の直方体を研削加工により所望の圧電素子 3 0 の寸法に研削加工し、第 1 の電極 3 2 および第 2 の電極 3 3 を図 3 のように形成することで、本発明の圧電素子 3 0 を作製する。この際、第 1 の電極 3 2 および第 2 の電極 3 3 が短絡しないように、分極処理用の電極は、分極処理後の研削加工により除去しておくことが好ましい。分極処理用の電極や、第 1 の電極 3 2 および第 2 の電極 3 3 は銀ペーストの焼き付けや A u スパッタリング、A u めっき等により形成できるが、分極処理後は、圧電材料 3 1 のキュリー温度もしくは脱分極温度未満で素子を作製する必要があるため、形成温度が高くない方法を選択することが好ましい。また、図 1 1 では分極処理した 1 つの直方体の圧電材料 3 1 から 1 つの圧電素子 3 0 を作製したが、必ずしも 1 つである必要は無く、1 つの直方体の圧電材料 3 1 から複数の圧電素子 3 0 を作製しても構わない。

【 0 0 6 3 】

以上のように、本発明の圧電材料 3 1 は圧電素子 3 0 作製の過程で事前に分極処理をしておくことが好ましいが、必ずしも必須ではない。例えば、所望の圧電素子 3 0 の寸法に研削加工した圧電素子 3 0 の第 1 の電極面 3 6 と第 2 の電極面 3 7 との対角をなす端部に第 1 の電極 3 2 および第 2 の電極 3 3 の一部を形成し、この電極を用いて分極処理を行った後、第 1 の電極 3 2 および第 2 の電極 3 3 の残りを形成し、圧電素子 3 0 を作製しても良い。このとき、圧電素子 3 0 の厚さと、対角をなす端部に配置された第 1 の電極 3 2 と第 2 の電極 3 3 との距離の比が 1 7 : 1 0 0 以下であれば、圧電材料 3 1 の分極軸方向 3 4 は第 1 の電極面 3 6 に対し完全な平行から 1 0 ° 以下の傾いた方向に形成できる。

【 0 0 6 4 】

次に、2 つの圧電素子 3 0 を、図 1 および図 2 で示されるように、所望の寸法に加工された振動板 2 0 に固着する。このとき、圧電素子 3 0 は圧電素子 3 0 の第 1 の電極面 3 6 が振動板 2 0 の板面の端部に配置されるようにする。圧電素子 3 0 と振動板は例えばエポキシ樹脂系接着剤などで固着することが出来る。接着剤は塵埃除去装置の使用温度域での接着性や塵埃除去装置 1 0 の機械品質係数 Q_m を損なわないものを選択することが好ましい。また、圧電素子 3 0 は既に分極処理がなされた後であるため、接着温度は圧電材料 3 1 のキュリー温度もしくは脱分極温度未満であることが好ましい。

【 0 0 6 5 】

以上、本発明の塵埃除去装置 1 0 の作製方法について、図 1 や図 2 で示されるような、少なくとも一対の直方体の板状圧電素子 3 0 が直方体の振動板 2 0 の中央部を挟んで互いに振動板 2 0 の端部に配置され、かつ分極軸方向 3 4 が一対の圧電素子 3 0 の対向方向と平行であるような塵埃除去装置 1 0 を用いて詳細に説明した。本発明の塵埃除去装置 1 0 は必ずしもこのような構成をとる必要は無いが、その場合、適宜最適な製造方法を選択すればよい。

【 実施例 1 】

【 0 0 6 6 】

以下に実施例を挙げて本発明の塵埃除去装置を具体的に説明するが、本発明は、以下の実施例により限定されるものではない。

まず、本発明の圧電素子の作製方法について説明する。平均粒径 1 0 0 n m であるチタン酸バリウム粒子（堺化学社製、商品名 B T - 0 3 ）の表面にスプレードライヤー装置を用いて酢酸マンガ（ I I ）を付着させた。 I C P 質量分析によると、この混合粉体にお

けるマンガン成分の含有量は0.12質量%であった。

【0067】

次に、この混合粉体に分散剤として濃度5質量%のポリビニルアルコール水溶液を添加した。添加量はポリビニルアルコール水溶液中のポリビニルアルコールが混合粉体に対し3質量%とした。この混合物を乳鉢で混合し造粒粉体を作製した。この造粒粉体を45.0×7.0mmの金型内に5.0g充填し、200MPaの圧力で一軸成形した。次に、この成形体を電気炉で空気雰囲気中1380℃で2時間焼成した。昇温速度は10℃/分とし、途中600℃で3時間保持し、本発明の圧電材料を作製した。得られた圧電材料の寸法は36.4×5.75×4mmであった。

【0068】

次に、圧電材料の5.75×4mmの2つの面に銀ペーストで分極処理電極を形成し、直流電源を用いてシリコンオイル中で分極処理を行った。オイル温度は100℃、印加電界は1kV/mm、電圧印加時間は100秒で30分とした。次に、分極処理後の圧電材料を36.4×5.75×0.25mmに研削加工し、圧電材料の36.4×5.75mmの2つの面にDCマグネトロンスパッタリングでTi/Auの順でそれぞれ30nm、380nm厚さの第1の電極および第2の電極をパターン形成した。次に、36.4×5.75×0.25mmの圧電材料を33.3×4.0×0.25mmに切断加工した後、前述のDCマグネトロンスパッタリングでTi/Auの順で回り込み電極をパターン形成することで、第1の電極面の第1の電極と第2の電極面の第1の電極とを圧電材料の4.0×0.25mmの片方の面を介して短絡させた。このとき第1の電極と第2の電極は短絡していないことを確認することで、図3に示すような本発明の圧電素子を作製した。ここで、圧電素子の分極軸方向は直方体の圧電材料の4mmの辺に平行な方向である。

【0069】

さらに本発明の圧電素子を、赤外線カットフィルタとしての機能を有する50.8×33.7×0.3mmのガラス板の33.7mmの辺の片側に沿ってエポキシ樹脂系の接着剤で接着し、本発明の実施例1の塵埃除去装置を作製した。

【0070】

本実形態の効果を確認する為、有限要素法による応答周波数計算を行った。本計算は、有限要素法パッケージソフトANSYS(ANSYS Inc.社製)を用いた。モデルとした塵埃除去装置の形状は、振動板が50.8×33.7×0.3mmであり、圧電素子が33.3×4.0×0.25mmである。入力値は振動板の弾性定数、密度、ポアソン比、および、圧電素子の誘電率、圧電定数、弾性マトリックス、密度である。圧電定数は、圧電横効果、圧電縦効果、圧電厚みすべり効果に起因した圧電変位の大きさを表す値をそれぞれ入力している。要素数は充分大きくとってある。拘束条件は、(1)圧電素子の第2の電極面を固定する、(2)圧電素子の上下面にかかる電圧は10Vとする、である。以上の条件で100kHzから120kHzの範囲で周波数応答計算を行った。

【0071】

計算の結果、102.65kHzに図12で示す17次の振動モードが確認された。図で示すように圧電素子の第2の電極面は固定されているが、圧電素子が接している部分を除いた振動板全面に渡り、直方体の圧電素子の長手方向にほぼ等しい振幅の波面が形成できた。つまり、実施例1の塵埃除去装置は振動板の全域に渡ってほぼ等しい塵埃除去性能を得ることが出来ることが確認できた。

【0072】

(比較例1)

実施例1と同様の方法で、分極軸方向が圧電材料の膜厚方向と平行であることを除いて、実施例1と同様に形成した比較例1の塵埃除去装置を作製した。本実形態の効果を確認する為、実施例1と同様の条件で50kHzから400kHzの範囲で有限要素法による応答周波数計算を行った。

計算の結果、比較例1の塵埃除去装置では振動モードが確認されなかった。

【実施例2】

【 0 0 7 3 】

実施例 1 と同様の方法で、さらに本発明の 2 つの圧電素子を赤外線カットフィルタとしての機能を有するガラス板の 33 . 7 mm の辺の両側に沿って図 1 のように配置したことを除いて、実施例 1 と同様に形成した本発明の実施例 2 の塵埃除去装置を作製した。2 つの圧電素子はそれぞれの分極軸方向が相対して向き合うように配置した。

【 0 0 7 4 】

本実施形態の効果を確認する為、拘束条件を、(1) 2 つの圧電素子の第 2 の電極面を固定する、(2) 圧電素子の上下面にかかる電圧は 10 V とする、(3) 2 つの圧電素子の上下面にかかる電圧は同位相とする、としたこと以外は実施例 1 と同様の条件で、125 kHz から 145 kHz の範囲で有限要素法による応答周波数計算を行った。

10

【 0 0 7 5 】

計算の結果、126 . 0 kHz に図 13 で示す 17 次の振動モードが確認された。図で示すように圧電素子の第 2 の電極面は固定されているが、圧電素子が接している部分を除いた振動板全面に渡り、直方体の圧電素子の長手方向に均一の振幅の波面が形成できた。つまり、実施例 2 の塵埃除去装置は振動板の全域に渡って均一の塵埃除去性能を得ることが出来ることが確認できた。

【 0 0 7 6 】

(比較例 2)

実施例 2 の塵埃除去装置と従来の塵埃除去装置とを有限要素法による周波数応答計算により比較する為、2 つの圧電素子の分極軸方向が圧電材料の膜厚方向と平行であることを除いて、実施例 2 と同様である塵埃除去装置の計算モデルを作成した。

20

【 0 0 7 7 】

本比較形態の効果を確認する為、拘束条件を、(1) 2 つの圧電素子の第 2 の電極面は自由端とする、(2) 圧電素子の上下面にかかる電圧は 10 V とする、(3) 2 つの圧電素子の上下面にかかる電圧は同位相とする、としたこと以外は実施例 2 と同様の条件で、90 kHz から 120 kHz の範囲で周波数応答計算を行った。

【 0 0 7 8 】

計算の結果、115 kHz に図 14 で示す 18 次の振動モードが確認された。本比較形態の塵埃除去装置は、図で示すように圧電素子の第 2 の電極面が固定されていないため、圧電素子が接している部分を含めた振動板全面に波面が形成されている。しかし、振動板の波面は直方体の圧電素子の短手方向及び長手方向の振動の影響を大きく受けた合成振動により形成されており、実施例 2 の塵埃除去装置のように、圧電素子の長手方向に均一の振幅の波面は形成できていない。このため、本比較形態の塵埃除去装置は、振動板の場所により塵埃除去性能が大きく異なってしまうこととなる。

30

【 0 0 7 9 】

また、本比較形態からも分かるように、比較例 2 の塵埃除去装置は装置上のいずれの場所も固定されていない。このため、何らかの手段を用いて塵埃除去装置を固定する必要がある。しかし、比較例 2 の塵埃除去装置のいかなる場所を押圧部材や保持部材で保持しても、少なからず振動板の振動を阻害してしまう。このため、比較例 2 の塵埃除去装置は、仮に計算上で実施例 2 の塵埃除去装置と同じ振動振幅が得られたとしても、塵埃除去性能は計算より低下してしまうことが分かる。

40

【 実施例 3 】

【 0 0 8 0 】

実施例 2 の塵埃除去装置を構成する圧電素子の第 2 の電極面の一部に、図 15 に示すように導電性エポキシ樹脂系接着剤でフレキシブル配線ケーブル 90 を接着し、フレキシブル配線ケーブルを介して電源から電圧が印加できるようにした。次に、この塵埃除去装置を圧電素子に接しているフレキシブル配線ケーブルの部分ごと、圧電素子の第 2 の電極面を介してステンレス製の支持部材に固定した。さらに、電源から前述のフレキシブル配線ケーブルを介して、圧電素子の第 1 の電極および第 2 の電極に 15 V p p の交流電圧を印加して、17 次および 18 次の振動モードで繰り返し駆動できる塵埃除去装置ユニットを

50

作製した。この塵埃除去装置ユニットの振動板表面に塵埃除去率評価用の各種プラスチック製ビーズを散布し、一定時間経過後の振動板上の塵埃除去率を評価した。

【 0 0 8 1 】

実験結果を表 1 に示す。本発明の塵埃除去装置は、例えばデジタルカメラ本体の電源から電圧を印加しても十分に高い塵埃除去率を示すことが分かった。

【 0 0 8 2 】

【表 1】

	ビーズ 1	ビーズ 2	ビーズ 3	ビーズ 4
塵埃除去率	99%	98%	99%	98%

10

【 0 0 8 3 】

(注)

ビーズ 1 : ポリスチレン 平均粒子径 3 0 μ m

ビーズ 2 : ポリメタクリル酸メチル 平均粒子径 3 0 μ m

ビーズ 3 : シリカ 平均粒子径 3 0 μ m

ビーズ 4 : ビーズ 1、ビーズ 2、ビーズ 3 の混合物

【産業上の利用可能性】

20

【 0 0 8 4 】

本発明の塵埃除去装置は、表面に付着した塵埃を良好に除去することができるので、撮像素子、デジタルカメラ本体、ビデオデジタルカメラ、複写機、ファクシミリ、スキャナ等の各種の画像装置にも適用することができる。

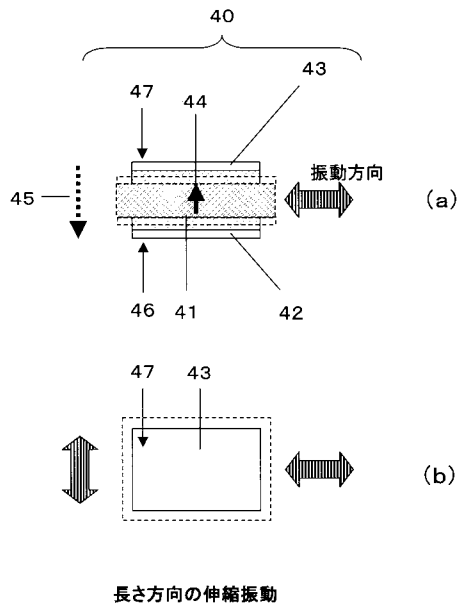
【符号の説明】

【 0 0 8 5 】

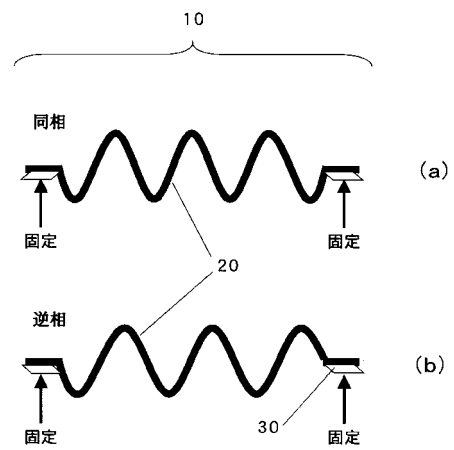
- 1 0 塵埃除去装置
- 1 5 従来例の塵埃除去装置
- 2 0 振動板
- 2 5 従来例の振動板
- 3 0 圧電素子
- 3 1 圧電材料
- 3 2 第 1 の電極
- 3 3 第 2 の電極
- 3 4 圧電材料の分極軸方向
- 3 5 電界方向
- 3 6 第 1 の電極面
- 3 7 第 2 の電極面

30

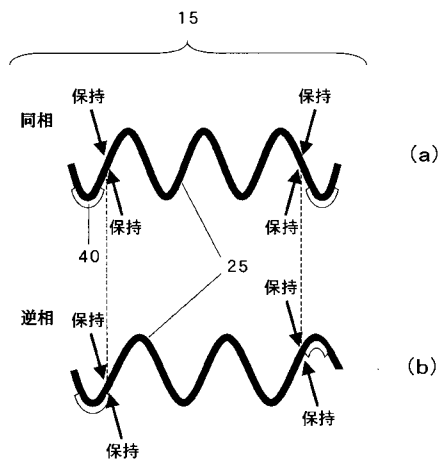
【図 5】



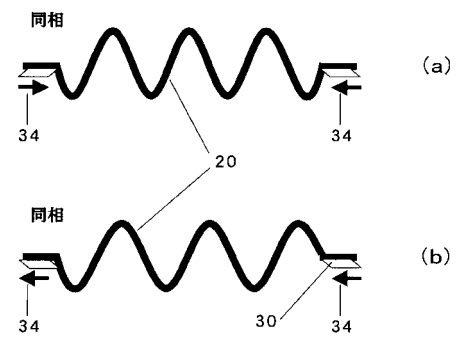
【図 6】



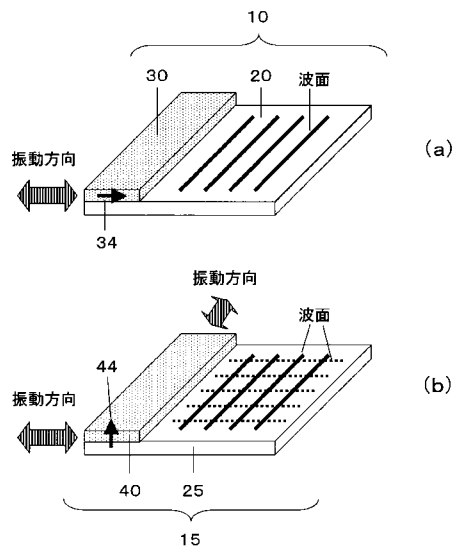
【図 7】



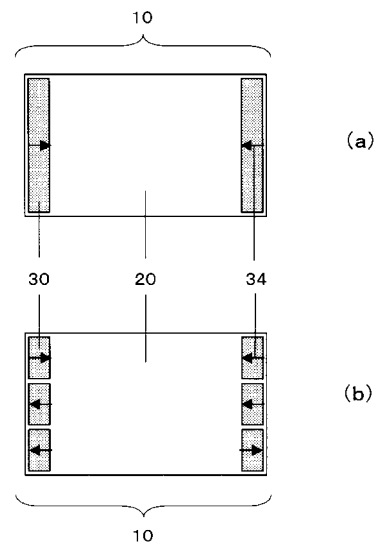
【図 8】



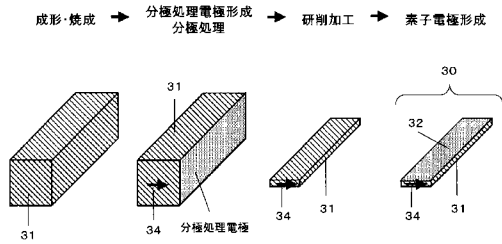
【図 9】



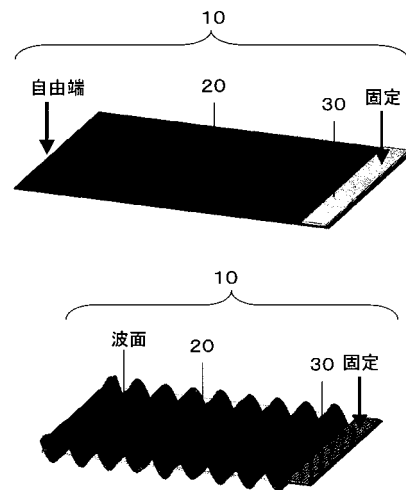
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (72)発明者 齋藤 宏
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
(72)発明者 武田 恵一
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 榎 一

- (56)参考文献 特開平03-159378(JP,A)
特開平03-097311(JP,A)
特開平3-5262(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/222~257
B08B 7/02
G03B 11/00
G03B 17/02