

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-209516

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月7日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I	
H 0 1 L 41/09		H 0 1 L 41/08	K
G 0 1 L 1/16		G 0 1 L 1/16	
H 0 1 L 41/083		H 0 2 N 2/00	B
H 0 2 N 2/00		H 0 1 L 41/08	L
			Q

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-6498

(22) 出願日 平成9年(1997) 1月17日

特許法第30条第1項適用申請有り 平成8年8月12日  
電気学会産業応用部門全国大会委員会発行の「平成8年  
電気産業応用部門創立10周年記念全国大会講演論文集  
〔▲ I I I ▼〕 J I A S C ' 96」に発表

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社  
愛知県豊田市トヨタ町1番地

(71) 出願人 592032636

学校法人トヨタ学園  
愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1

(72) 発明者 古谷 克司

愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1  
学校法人トヨタ学園 豊田工業大学内

(72) 発明者 毛利 尚武

愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1  
学校法人トヨタ学園 豊田工業大学内

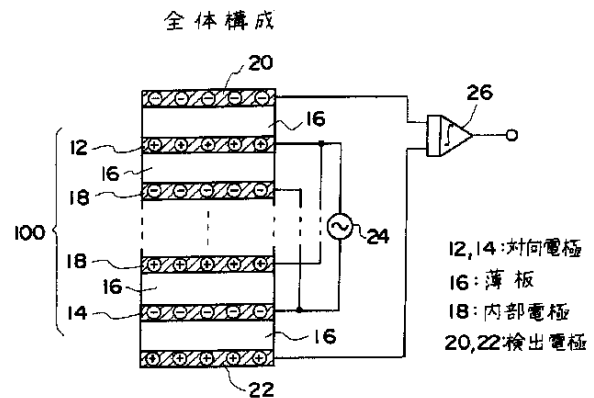
(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54) 【発明の名称】 圧電素子の状態検出方法および圧電素子装置

(57) 【要約】

【課題】 圧電素子の状態を検出する。

【解決手段】 内部電極18と圧電材料の薄板16の積層体の両側に対向電極12、14を配した圧電素子100に、電源24からの制御電圧を印加し、圧電素子100を変形させる。そして、圧電素子100の対向電極12、14の外側に検出電極20、22を配し、ここに誘導される誘導電荷をチャージアンプ26によって検出する。誘導電荷は圧電素子100の変形量と線形の関係があるため、チャージアンプ26の出力により、圧電素子100の変形量などの状態を検出できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電材料を対向電極間に配置し、対向電極間に電圧を印加することで圧電材料を変形させる圧電素子の状態検出方法であって、

前記対向電極の各々の外側に誘電材料を介して第1および第2の検出電極を配置し、各検出電極に発生する誘導電荷量を検出することにより、圧電素子の状態を検出することを特徴とする圧電素子の状態検出方法。

【請求項2】 請求項1に記載の方法において、誘導電荷量の検出を第1および第2の検出電極間の電位差に基づいて行うことを特徴とする圧電素子の状態検出方法。

【請求項3】 請求項1または2に記載の方法において、検出する圧電素子の状態が変形量であることを特徴とする圧電素子の状態検出方法。

【請求項4】 請求項1または2に記載の方法において、検出する圧電素子の状態が力であることを特徴とする圧電素子の状態検出方法。

【請求項5】 圧電材料を対向電極間に配置し、対向電極間に電圧を印加することで圧電材料を変形させる圧電素子と、

この圧電素子の対向電極の各々の外側に誘電材料を介して設けられた第1および第2の検出電極と、

この第1および第2の検出電極に発生する誘導電荷量を検出する検出手段と、

を含み、検出した誘導電荷量に応じて圧電素子の状態を検出することを特徴とする圧電素子装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電素子の変位、発生力または圧電素子の印加される外力等の状態を検出する圧電素子の状態検出方法およびこれを利用した圧電素子装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】圧電素子を利用した圧電アクチュエータは、応答性、小型化の点に優れるため、精密な微小変位装置等さまざまな分野に広く利用されている。ところが、圧電素子の変形量には、ヒステリシス減少があるため、電圧増加時と減少時では変形量が異なる。そこで、圧電素子への印加電圧で変形量を制御するためには、別の変位センサなどを用いて変形量を検出し、圧電素子への印加電圧をフィードバック制御する必要がある。この変位センサとしては、差動トランス、うず電流式変位計、ひずみゲージ等が利用されている。また、力の計測には、ロードセル、ひずみゲージ等が利用されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述のように

変位測定用に特別のセンサを付加することは、装置全体の小型化に対する障害となる。すなわち、このようなセンサを付加すると、圧電素子自体をいかに小さくしようとも装置全体としては大型のものになってしまう。そこで、このような特別の変位センサを用いず、簡単な構成で、圧電素子の変位、発生力、および圧電素子の加えられる外力等の圧電素子の状態を正確、かつ簡単に測定することが望まれていた。

【0004】本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、圧電素子の状態を正確、かつ簡単に測定することができる圧電素子の状態検出方法およびこれを利用した圧電素子装置を提供することを目的とする。

【0005】ここで、特開昭64-15989号公報には、圧電素子の表面電荷検出用のコンデンサを設け、このコンデンサの充電状態を検出して圧電素子への印加電圧量を制御することが提案されている。この方法によれば、表面電荷検出用のコンデンサを設けることで、他に特別のセンサなどを設ける必要がなくなる。

【0006】しかし、この特開昭64-15989号公報に記載の装置では、圧電素子に対し1つの表面電荷検出用の検出コンデンサを直列に接続し、この圧電素子と検出コンデンサの直列接続全体に制御電圧を印加している。このため、圧電素子と検出コンデンサには、制御電圧が分圧されて印加されることになる。検出コンデンサを大容量のものとするれば、検出コンデンサに印加される電圧を圧電素子に印加される電圧に比べ小さなものとするが、検出コンデンサを大容量のものにすると検出コンデンサが大きくなってしまおうという問題点がある。一方、検出コンデンサを小容量のものにすると、圧電素子への電圧印加が十分でなくなり、さらに十分な電圧を印加するためには制御電圧が非常に大きなものになってしまうという問題点がある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、圧電材料を対向電極間に配置し、対向電極間に電圧を印加することで圧電材料を変形させる圧電素子の状態検出方法であって、前記対向電極の各々の外側に誘電材料を介して第1および第2の検出電極を配置し、各検出電極に発生する誘導電荷量を検出することにより、圧電素子の状態を検出することを特徴とする。

【0008】圧電素子への印加電圧と変形量等の状態との関係には、ヒステリシスが存在する。そこで、変形量等を正確に制御するためには、別に変位センサなどを必要とした。一方、電源から圧電素子への注入電荷量と変形量との間にはヒステリシスが存在しないことが知られている。しかし、この注入電荷量は、初期状態が正確にわかっている実験などでは測定することができるが、実際の装置では正確に認識することが困難である。

【0009】本発明は、このような認識に基づき、圧電素子における蓄積電荷量に対応する誘導電荷量に着目

し、これを検出するものである。

【0010】すなわち、圧電素子の外側に誘電体を介し第1および第2の検出電極を設け、これによって誘導電荷量を検出する。この誘導電荷量は、圧電素子の変位量などの状態と線形の関係があり、これによって圧電素子の正しい状態の検出が行える。また、その構成が簡単のため、別にセンサなどを設ける場合に比べ省スペース化を達成できる。さらに、誘導電荷量の検出を行う時に、圧電素子への印加電圧自体を変更する必要はない。そこで、電源を高電圧にする必要はなく、従来通りの電源を使用できる。

【0011】また、本発明に係る方法は、誘導電荷量の検出を第1および第2の検出電極の間の電位差に基づいて行うことを特徴とする。この電位差は、誘導電荷量を示す。また、この電位差は、チャージアンプなどを利用して容易に検出できる。

【0012】また、本発明に係る方法は、検出する圧電素子の状態が変形量であることを特徴とする。この変位量の検出をひずみセンサなどに利用できる。また、変形量を検出し、検出した変形量に基づいて、圧電素子の印加電圧を制御することで、変形量を正確に制御することもできる。

【0013】また、本発明に係る方法は、検出する圧電素子の状態が力であることを特徴とする。この力の検出を圧力センサなどに利用できる。また、検出した力に応じて圧電素子に対する印加電圧を制御することによって、圧電素子による押圧力などを正確に制御することができる。

【0014】また、本発明に係る圧電素子装置は、圧電材料を対向電極間に配置し、対向電極間に電圧を印加することで圧電材料を変形させる圧電素子と、この圧電素子の対向電極の各々の外側に誘電材料を介して設けられた第1および第2の検出電極と、この第1および第2の検出電極に発生する誘導電荷量を検出する検出手段と、を含み、検出した誘導電荷量に応じて圧電素子の状態を検出することを特徴とする。この圧電素子装置は、各種センサや圧電アクチュエータとして利用することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態（以下、実施形態という）について、図面に基づいて説明する。

【0016】図1は、全体構成を示す図である。このように、圧電素子100は、一对の対向電極12、14で圧電材料を挟んで形成されることが基本となる。しかし、図示の例では、圧電材料の薄板16と内部電極18を複数交互に積層配置し、圧電材料を分割することで、複数の単位圧電素子からなる積層構造の圧電素子100を形成している。なお、内部電極18を1つおきに対向電極12または14に接続することで、積層構造の各単

位圧電素子は、並列接続になっている。

【0017】この圧電素子100の一对の対向電極12、14の外側には、誘電体として圧電材料の薄板16が設けられ、その外側に検出電極20、22がそれぞれ設けられている。従って、圧電素子100の外側に圧電材料（誘電体）の薄板16を介し一对の検出電極20、22が配設された構成になっている。

【0018】そして、対向電極12、14は、電源24に接続されており、各单位圧電素子100に並列に電源24からの入力信号が印加される。また、一对の検出電極20、22には、チャージアンプ26が接続されており、両検出電極20、22の電位差を増幅して出力する。

【0019】このように、対向電極12、14の外側に誘電体を介し、検出電極20、22を設けると、この検出電極20、22には、対向電極12、14の電位に応じた誘導電荷が発生し、これがチャージアンプ26を介し増幅されて検出されることになる。すなわち、圧電素子100の充電状態に応じた電荷が充電され、対向電極12、14は、この充電状態に応じた電位になる。そして、検出電極20、22が、対向電極12、14の電荷に応じて静電誘導された電荷に応じた電位になるため、これら検出電極20、22には、圧電素子100に充電された電荷に応じたものになる。図1の場合、上部の対向電極12に正の電圧を印加し、下部の対向電極14に負の電圧を印加するため、上部の検出電極20に負の電荷が誘導され、下部の検出電極22に正の電荷が誘導される。そこで、チャージアンプ26を介し、圧電素子100の充電電荷に応じた誘導電荷が検出されることになる。なお、チャージアンプ26に代えてオシロスコープなど各種の検出器が採用できる。

【0020】そして、このチャージアンプ26の出力と電源24からの入力信号の振幅、周波数、位相とを比較し処理する。そして、誘導電荷と、圧電素子100の変形量、発生力および加えられる外力との関係を予め校正しておけば、チャージアンプ26からの出力により誘導電荷を測定することで、圧電素子100の変形量、発生力および圧電素子100に加えられる外力を測定することができる。

【0021】また、逆伝達関数補償法などで被測定系および検出器のゲインや位相のずれなどの伝達関数を補償することで、直流成分の測定が可能となる。この方法は、他の形式の圧電素子、例えば、単層型、バイモルフ型、ランジュバン型等にも適用が可能である。

【0022】さらに、電源の接地と、検出器の接地を共通にすれば、正の電荷が誘導される検出用の電極だけに検出器を接続しても誘導電荷が測定できる。

【0023】そして、検出した誘導電荷は、圧電素子100の変形量やここに加わる力と比例関係にある。そこで、従来、別に設けたセンサに代え、検出した誘導電荷

から変形量等を検出し、印加電圧をフィードバック制御することで、フィードバック型の圧電素子を実現することができる。このように、圧電素子100に検出電極20、22を組み付けることにより、スペースの制約を受けない、かつ変位・外力を検出できる圧電アクチュエータ等の圧電素子装置を得ることができる。

【0024】さらに、本実施形態によれば、圧電素子100に印加する電圧は、通常の圧電素子に印加するものと同様であり、特に高電圧にする必要はない。従って、従来の電源をそのまま利用できるというメリットもある。

【0025】

【実施例】

「実験装置」実験装置の構成を図2に示す。積層型圧電素子100の両端に圧電材料の薄板16を介し、検出電極20、22を接着した。これら検出電極20、22の上下にさらにベークライト板30と、サイアロンの板32を接着し、フレーム40内に設置した。

【0026】そして、圧電素子100の上部からフレーム40を介し、荷重付加ボルト42を締め付けることにより、圧電素子100に負荷を与えた。使用した圧電素子100の寸法は、10×10×20mmである。また、機械的な剛性を考慮して、下部の検出電極22には、厚さ10mmのS45Cの板を用い、上部の検出電極20には厚さ3mmのSUS304の板を用いた。

【0027】誘導電荷の測定には、圧電式加速度センサ用のチャージアンプ26を用いた。圧電素子の変位は、圧電素子100の中心軸上から光ファイバ式の変位センサ50（感度0.11μm/mV）で測定し、動的な力は圧電式ロードワッシャ52により測定した。

【0028】「実験結果」圧電素子100にステップ状の電圧を印加するときの検出電極20、22の電位差の時定数を入力インピーダンス10MΩのオシロスコープにより測定した。時定数が1.5msであったことより、検出電極20、22により構成され、圧電素子100に並列接続されたコンデンサの容量は150pFであることが明らかになった図3に印加電圧と光ファイバ式の変位センサ50により測定した圧電素子100の伸びの関係の測定結果を示す。また、図4に検出電極20、

22に誘導電荷量と圧電素子の伸びの関係の測定結果を示す。これより、図3に示す変位と印加電圧の関係は、ヒステリシスの影響を受けていることが分かる。一方、図4に示す変位と誘導電荷の関係は、ヒステリシスの影響がほとんどなく、誘導電荷に比例して圧電素子100が伸びていることが理解される。なお、誘導電荷量の単位は、pC（ピコ・クーロン）である。

【0029】さらに、図5に、圧電素子100に加わる力（単位N：ニュートン）の大きさと誘導電荷の関係を示す。これは、圧電素子100に正弦波電圧を印加し、その振幅を変化させることで加わる力を変化させたものである。これより、周波数が一定の場合には、誘導電荷量は力の大きさに比例するが、誘導電荷と加わる力の位相差はほぼ一定であるといえる。また、周波数が異なっても誘導電荷と、力には一定の関係があるが、位相差は周波数により変化することがわかる。

【0030】以上のように、誘導電荷を計測することで、圧電素子100の変形量やここに加わる力が測定できる。

【0031】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、圧電素子により発生する誘導電荷を検出することで、圧電素子の状態を検出する。そこで、特別のセンサを設けることなく、圧電素子装置をフィードバック制御することができる。そこで、スペースの制約を受けることなく、変位量などを確実に制御できる。また、誘導電荷を検出するために、特別の電圧印加の必要はなく、電源電圧を高くする必要がない。さらに、本圧電素子装置は、ひずみセンサや、圧力センサ等の状態センサ、および圧電アクチュエータに好適に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施形態の全体構成を示す概略図である。

【図2】 実験装置の構成を示す概略図である。

【図3】 変位と印加電圧の関係を示す図である。

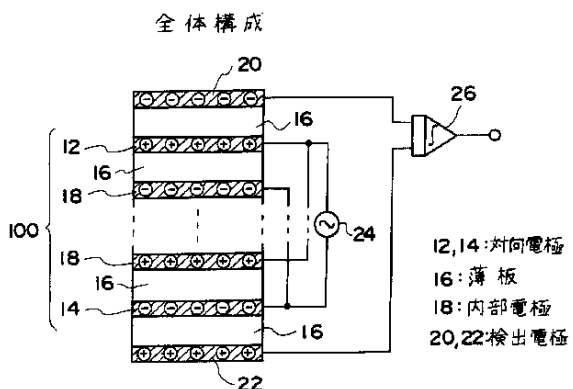
【図4】 変位と誘導電荷の関係を示す図である。

【図5】 力と誘導電荷の関係を示す図である。

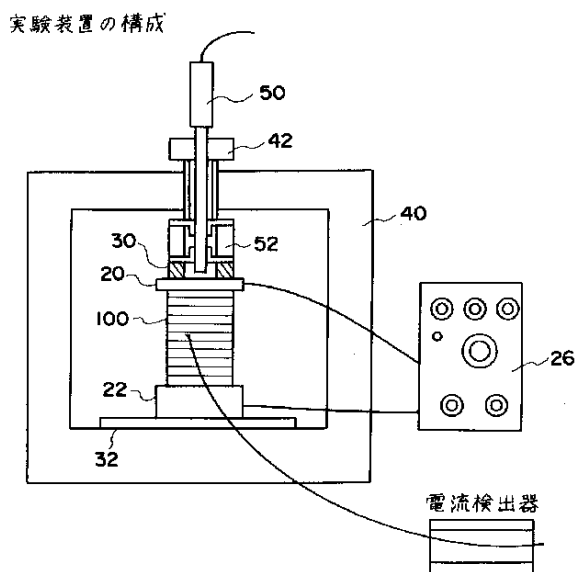
【符号の説明】

12、14 対向電極、16 薄板、18 内部電極  
20、22 検出電極。

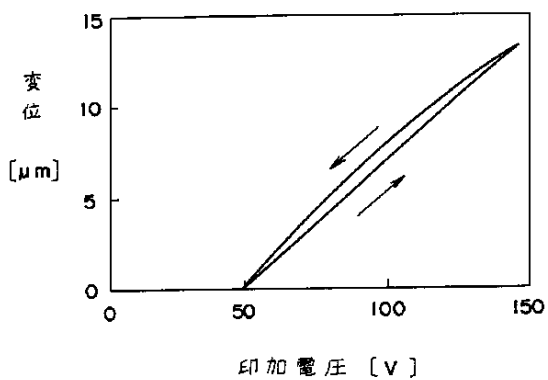
【図1】



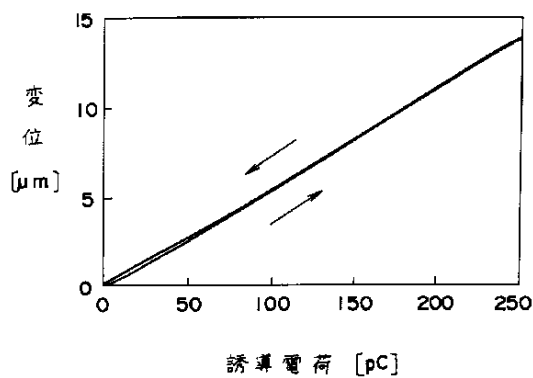
【図2】



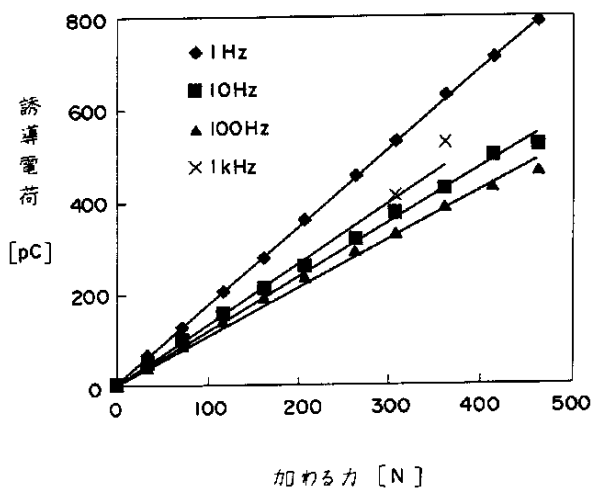
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 41/08

V