

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3572208号  
(P3572208)

(45) 発行日 平成16年9月29日(2004.9.29)

(24) 登録日 平成16年7月2日(2004.7.2)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H02N 2/00

F I

H02N 2/00

B

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願平10-339359	(73) 特許権者	000006633
(22) 出願日	平成10年11月30日(1998.11.30)		京セラ株式会社
(65) 公開番号	特開2000-166261(P2000-166261A)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(43) 公開日	平成12年6月16日(2000.6.16)	(72) 発明者	川元 智裕
審査請求日	平成14年7月8日(2002.7.8)		鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内
		(72) 発明者	瀬戸口 剛
			鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内
		(72) 発明者	東別府 誠
			鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内
		(72) 発明者	芦田 幸喜
			鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

積層された複数の圧電板と、複数の金属電極を帯状連結部材で連結した第1電極連結体および第2電極連結体とを具備し、前記第1電極連結体の帯状連結部材および第2電極連結体の帯状連結部材をアーチ状に屈曲するとともに、前記第1電極連結体の金属電極と、前記第2電極連結体の金属電極とを、複数の前記圧電板間に導電性接着層を介して交互に介装した積層型圧電アクチュエータであって、前記帯状連結部材が、前記金属電極と同一材料からなる低ヤング率層と、前記金属電極よりもヤング率が高い金属からなる高ヤング率層とを積層してなることを特徴とする積層型圧電アクチュエータ。

【請求項2】

帯状連結部材が、低ヤング率層の両側に高ヤング率層を積層してなることを特徴とする請求項1記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項3】

帯状連結部材が、高ヤング率層の両側に低ヤング率層を積層してなることを特徴とする請求項1記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項4】

高ヤング率層がコパールにより形成されており、且つ、少なくとも帯状連結部材がメッキされていることを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれかに記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項5】

10

20

高ヤング率層が鉄、コパール又はS U S からなることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちいずれかに記載の積層型圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、積層型圧電アクチュエータに関し、例えば、光学装置等の精密位置決め装置や、振動防止用の駆動素子や自動車用エンジンの燃料噴射用の駆動素子等に使用される積層型圧電アクチュエータに関する。

【0002】

【従来技術】

従来から、積層型圧電アクチュエータでは、逆圧電効果を利用して大きな変位量を得るために、圧電板と金属薄板とを交互に複数枚積層した積層型圧電アクチュエータが多数提案されている。

【0003】

例えば、特開昭59-218784号公報には、両面に導電性接着層を形成した圧電板を複数積層し、導電性接着層間に金属薄板を配置し、これらの金属薄板に形成された接続用突起を圧電板の外周面に対して所定の空隙を残すように軸方向に折り曲げ、同一極性の接続用突起同士を重なり合わせてハンダ等で接合した積層型圧電アクチュエータが開示されている。

【0004】

また、実公昭60-3589号公報では金属薄板間の半田付けが不要な対のリボン状金属板が配線部材として開示されており、このようなりボン状金属板を利用した積層型圧電アクチュエータが多数開示されている（特開昭60-103685号公報、特開昭61-276278号公報、特公平4-16029号公報、特開平7-283455号公報等）。

【0005】

これらの公報に開示されたりボン状金属板は、圧電板間に配置される複数の金属電極を带状連結部材で連結したものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記特開昭59-218784号公報に開示された積層型圧電アクチュエータでは、同一極性の接続用突起同士を重なり合わせてハンダ等で接合する作業に手間がかかり、また長期使用により接合部が疲労し、剥離断線を起こし易いという問題があった。

【0007】

また、上記実公昭60-3589号公報等が開示された、ハンダ等で接合する必要がないりボン状金属板を使用したアクチュエータであっても、ヤング率の低い材質からなりボン状金属板を使用した場合、金属電極を連結する带状連結部材、つまり圧電板間に配置された金属電極を電氣的に接続する带状連結部材のヤング率も低くなり、このようなりボン状金属板は金属電極と带状連結部材の境界部分が変形しやすく、アクチュエータの変位動作によって変形した境界部分に応力が集中し、長期使用により疲労断線を起こしやすいという問題があった。

【0008】

一方、この疲労断線を防ぐために、りボン状金属板にヤング率の高い材料を使用した場合においては、圧電板間の金属電極のヤング率も高くなるため、アクチュエータの積層方向への変位に伴う圧電板の径方向への伸縮動作を金属電極が抑制するために、アクチュエータの変位量が小さくなるという問題があった。

【0009】

本発明は、金属電極同士の電氣的接続を確実にかつ長期に亘って維持できるとともに、変位量を大きくできる積層型圧電アクチュエータを提供することを目的とする。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 0 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の積層型圧電アクチュエータは、積層された複数の圧電板と、複数の金属電極を帯状連結部材で連結した第1電極連結体および第2電極連結体とを具備し、前記第1電極連結体の帯状連結部材および第2電極連結体の帯状連結部材をアーチ状に屈曲するとともに、前記第1電極連結体の金属電極と、前記第2電極連結体の金属電極とを、複数の前記圧電板間に導電性接着層を介して交互に介装した積層型圧電アクチュエータであって、前記帯状連結部材が、前記金属電極と同一材料からなる低ヤング率層と、前記金属電極よりもヤング率が高い金属からなる高ヤング率層とを積層してなるものである。

## 【 0 0 1 1 】

ここで、帯状連結部材は、低ヤング率層の両側に高ヤング率層を積層してなることが望ましい。または、帯状連結部材が、高ヤング率層の両側に低ヤング率層を積層してなることが望ましい。さらに、高ヤング率層がコバール ( K O V E R : 商標 ) により形成されており、且つ少なくとも帯状連結部材がメッキされていることが望ましい。また、高ヤング率層が鉄、コバール又はSUSからなることが望ましい。

## 【 0 0 1 2 】

## 【作用】

本発明の積層型圧電アクチュエータでは、電極連結体の金属電極材料としてヤング率の小さいものを選択することができるため、アクチュエータの積層方向への変位に伴う圧電板の径方向への伸縮動作を金属電極が抑制することがなく、アクチュエータの変位量を大きくすることができる。

## 【 0 0 1 3 】

しかも、帯状連結部材が、金属電極と同一材料からなる低ヤング率層と、金属電極よりもヤング率が高い高ヤング率層とを積層してなるため、金属電極よりもヤング率が高くなり、帯状連結部材のアーチ形状を安定して保つことができる。

## 【 0 0 1 4 】

このため、金属電極と帯状連結部材の境界部分の変形を防止することができ、長期使用を行っても疲労断線が発生し難い。

## 【 0 0 1 5 】

また、本発明の積層型圧電アクチュエータでは、帯状連結部材を、低ヤング率層の両側に高ヤング率層を積層して形成したり、高ヤング率層の両側に低ヤング率層を積層して形成したりすることにより、上記効果をさらに向上できる。

## 【 0 0 1 6 】

さらに、一般にコバールは高ヤング率材料であるものの、外気に触れると酸化し易いため導電率が低下しやすいが、高ヤング率層をコバールにより形成した帯状連結部材をメッキ処理することにより、コバールの酸化を防止し、電極材料として好適に使用することができる。

## 【 0 0 1 7 】

また、圧電板と、第1および第2電極連結体の金属電極とは、金属電極に予め形成された導電性接着層を圧電板と当接し、加熱圧着によって一体接合することが望ましい。このように、金属電極に予め導電性接着層を形成することにより、圧電板に金属電極を位置決めして接合でき、従来のように圧電板に導電性接着層を形成した場合に比べて、金属電極の位置決めを容易に行うことができ、製造が容易になる。

## 【 0 0 1 8 】

## 【発明の実施の形態】

図1は本発明の積層型圧電アクチュエータの側面図を示すもので、この積層型圧電アクチュエータは、円板形状の圧電板1と、不活性体5と、第1電極連結体2、第2電極連結体3とから構成されている。

## 【 0 0 1 9 】

圧電板1は  $Pb(Zr, Ti)O_3$  (以下PZTと略す) を主成分とする焼結体が好ま

10

20

30

40

50

しい。圧電板 1 を構成する圧電材料は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛を主成分とする圧電セラミック材料などが使用されるが、これに限定されるものではなく、圧電性を有するセラミックスであれば何でも良い。この圧電板 1 を構成する圧電材料としては、圧電歪み定数  $d_{33}$  が高いものが望ましい。

【0020】

圧電板 1 の厚み  $t$  は、小型化および高い電圧を印加するという点から、 $0.2 \sim 0.6$  mm であることが望ましい。尚、圧電板 1 の形状は一つの形態であり板状であれば問題はない。

【0021】

第 1 電極連結体 2、第 2 電極連結体 3 は、図 2 (a) (b) に示すように、複数の金属電極 6 を带状連結部材 7 により連結して構成されており、図 1 に示したように、第 1 電極連結体 2 の带状連結部材 7 および第 2 電極連結体 3 の带状連結部材 7 がアーチ状に折曲され、第 1 電極連結体 2 の金属電極 6 と、第 2 電極連結体 3 の金属電極 6 とを、第 1 電極連結体 2 の带状連結部材 7 と第 2 電極連結体 3 の带状連結部材 7 が  $90$  度の角度をなすように圧電板 1 間に介装されている。

10

【0022】

圧電板 1 と金属電極 6 とは導電性接着層 9 を介して接合されている。接合は、金属電極 6 の両面に導電性接着層 9 を形成し、この金属電極 6 を圧電板 1 間に位置決めして配置し、加熱加圧することにより行われる。

【0023】

第 1 電極連結体 2、第 2 電極連結体 3 の下端にはそれぞれリード線 10 が接続されている。

20

【0024】

そして、带状連結部材 7 は、図 2 (b) (c) に示すように、金属電極 6 と同一材料からなる低ヤング率層 7a と、金属電極 6 よりもヤング率が高い高ヤング率層 7b とを積層して構成されており、带状連結部材 7 が、低ヤング率層 7a の両側に高ヤング率層 7b を積層した 3 層構造とされている。

【0025】

金属電極 6 両面には、圧電板 1 と接合するための導電性接着層 9 が形成されている。この導電性接着層 9 は、Ag 等の導電性の金属粉末とガラス成分を含有し、 $400 \sim 600$  程度で溶融するものが望ましい。これは、積層時に加圧加熱すると導電性接着層 9 に含有されるガラス成分が溶融し、圧電板 1 と電極連結体 2、3 の金属電極 6 とを強固に接合し、高電界の繰り返し印加によって発生する界面での剥離等を防止することができ、積層型圧電アクチュエータの信頼性を向上できるからである。この導電性接着層 9 は、特に、Ag 粉末を  $70 \sim 98$  重量%と、 $PbO - SiO_2 - B_2O_3$  からなるガラス成分  $2 \sim 30$  重量%とからなることが望ましい。

30

【0026】

金属電極 6 は、導電性を有するもので、例えば、銀、銅等のヤング率の低い金属から構成され、特に銀からなることが望ましい。金属電極 6 の厚さは、変位量に寄与しないためにできるだけ薄いもの、例えば、 $30 \sim 70 \mu m$  のものが好ましい。

40

【0027】

带状連結部材 7 の中心の低ヤング率層 7a は金属電極 6 と同種の金属からなり、両側の高ヤング率層 7b は金属電極 6 よりヤング率の高い金属から構成されており、例えば、鉄、コバルト、SUS 等から構成されている。このうちでも、高ヤング率層 7b としてはコバルトからなることが望ましい。低ヤング率層 7a と高ヤング率層 7b の厚みは、要求される带状連結部材 7 の強度等により種々変更できる。

【0028】

带状連結部材 7 は圧電板 1 間に少々入るような長さとするのが、金属電極 6 と带状連結部材 7 との境界部分の強度を向上する点から望ましい。

【0029】

50

不活性体 5 は積層型圧電アクチュエータの両端に配置され変位量を伝達する働きをする。この不活性体 5 は電極連結体 2、3 の金属電極 6 に形成された導電性接着層 9 を介して金属電極 6 と接合されている。

【0030】

尚、積層型圧電アクチュエータの外周面、およびアーチ状の帯状連結部材 7 と圧電板 1 の外周面との間は、隙間が無いように耐水性樹脂等を充填することが望ましい。使用される耐水性樹脂は、絶縁性が高く、常温から 200 までの温度で硬化できる有機樹脂であればどのようなものでもよいが、絶縁性が高く、充填しやすいという点からシリコン系樹脂、あるいは、エポキシ系樹脂であることが望ましい。

【0031】

このような積層型圧電アクチュエータは、圧電板 1 と、電極連結体 2、3 の金属電極 6 を交互に積層し、加熱加圧することにより、導電性接着層 9 が熔融し、圧電板 1 と金属電極 6 とを接合して作製される。従来のように、圧電板 1 に導電性接着層が形成されておらず、金属電極 6 に導電性接着層 9 を形成したので、圧電板 1 と金属電極 6 を位置決めして積層することができ、製造が容易となる。

【0032】

本発明の積層型圧電アクチュエータでは、電極連結体 2、3 の金属電極材料としてヤング率の小さいものを選択することができるため、アクチュエータの積層方向への変位に伴う圧電板 1 の径方向への伸縮動作を金属電極 6 が抑制することがなく、アクチュエータの変位量を大きくすることができる。

【0033】

また、帯状連結部材 7 が、金属電極 6 と同一材料からなる低ヤング率層 7 a と、金属電極 6 よりもヤング率が高い高ヤング率層 7 b とを積層してなるため、金属電極 6 よりもヤング率が高くなり、帯状連結部材 7 のアーチ形状を安定して保つことができる。このため、金属電極 6 と帯状連結部材 7 の境界部分の変形を防止することができ、長期使用を行っても疲労断線が発生し難い。

【0034】

図 3 に、本発明の積層型圧電アクチュエータに用いられる他の電極連結体 2 1 を示す。この電極連結体 2 1 は、複数の金属電極 2 3 が帯状連結部材 2 5 により連結されており、帯状連結部材 2 5 は、高ヤング率層 2 5 b の両側に、金属電極 2 3 と同種の材料からなる低ヤング率層 2 5 a を形成して構成されている。金属電極 2 3 の両面には、導電性接着層 2 9 が形成されている。

【0035】

この電極連結体 2 1 の場合にも、上記図 2 の電極連結体 2、3 と同様の材料を用いることができ、上記例と同様の効果を有する。

【0036】

また、高ヤング率層 7 b、2 5 b がコパールにより形成されている場合には、少なくとも帯状連結部材 7、2 5 がメッキされていることが望ましい。これは、コパールは酸化し易いため、メッキにより酸化を防止するためである。

【0037】

【実施例】

実施例 1

圧電板 1 を、P Z T 焼結体の両面を、寸法が直径 20 mm、厚み 0.5 mm となるように研磨して作製した。不活性体 5 を、P Z T 焼結体の両面を、寸法が直径 20 mm、厚み 5 mm となるように研磨して作製した。

【0038】

金属電極 6 を形成する部分が銀で、帯状連結部材 7 を形成する部分が銀の両側にコパールが配置されるように、銀金属板とコパール金属板とを積層し、これをアルミナ製の 2 本ローラで成形し、金属合板を形成し、所定形状に打抜き、銀からなる複数の金属電極 6 を、銀からなる低ヤング率層 7 a の両面にコパールからなる高ヤング率層 7 b が形成された帯

10

20

30

40

50

状連結部材 7 により連結した電極連結体 2、3 を作製した。

【0039】

また、電極連結体 2、3 の金属電極 6 の両面に、Ag 粉末 90 重量%、 $PbO - SiO_2 - B_2O_3$  を主成分とするガラス 10 重量%の導電性ペーストを印刷、乾燥して導電性接着層 9 を形成した。

【0040】

99 枚の圧電板 1 の間に、第 1 電極連結体 2 の金属電極 6 または第 2 電極連結体 3 の金属電極 6 が交互に積層されるように積層し、その積層体の両端に不活性体 5 を配置し、位置ずれが生じないように軽く圧力を加えた後、積層体の上部に約 3 kg の重りを乗せて、600、1 時間で加圧接合した。

10

【0041】

また、電極連結体 2、3 の下端部に正電極用または負電極用のリード線 10 を接続し、得られた積層型圧電アクチュエータの外周面を絶縁性を有するシリコンゴムからなる外装樹脂で被覆した。これを 80 のシリコンオイル中で 1.5 kV の直流電圧を 30 分間印加して分極処理を行なった。

【0042】

得られた 99 層の積層型圧電アクチュエータに 500 V の直流電圧を印加した結果、57  $\mu m$  の変位量が得られた。また、0 v から 500 v の三角波を周波数 50 Hz で  $1 \times 10^8$  回印加したところ電極連結体 2、3 の帯状連結部 7 の断線は全く発生しなかった。

【0043】

比較例として、銀のみからなる電極連結体を用いた場合 (No. 2)、コパールのみからなる電極連結体を用いた場合 (No. 3)、さらに、コパールからなる接続用突起を有する金属薄板を圧電板の間に介装し、接続用突起を圧電板の外周面に対して所定の空隙を残すように軸方向に折り曲げ、同一極性の接続用突起同士を重ね合わせてハンダで接合した場合 (No. 4) について、500 V の直流電圧を印加したときの変位量、および 0 v から 500 v の三角波を周波数 50 Hz で  $1 \times 10^8$  回印加した時の連結部の断線の有無を調査した。その結果を表 1 に記載する。

20

【0044】

【表 1】

試料 No	金属 電極	带状連結部 材	変位量 ( $\mu\text{m}$ )	連結部の 断線有無
1	銀	3層	57	無
*2	銀	1層	57	有
*3	コバルト	1層	38	無
*4	コバルト	1層半田付	38	有

\*印は、本発明の請求範囲外を示す。

#### 【0045】

この表より、圧電板間に介装される金属電極材料として、ヤング率の低い銀を用いた場合（No. 1、2）に変位量が大きくなっていることが判る。また、内部電極間の電気的接続に銀のみを用いた場合（No. 2）、および、ヤング率の高いコバルト金属板を半田によって接合させた場合（No. 4）には断線が発生していることが判る。

#### 【0046】

従って、本発明の積層型圧電アクチュエータでは、繰り返しの変位動作による断線の発生が起りにくく、しかも、ヤング率の低い金属電極を圧電板間に配置することで変位量の大きなアクチュエータを得ることができる。

#### 【0047】

尚、変位量の値は、試料を防振台上に固定し、試料上面にアルミニウム箔を張り付けて、レーザー変位計により、素子の中心部及び周囲部3箇所測定した値の平均値を用いた。

#### 【0048】

実施例2

電極連結体を図3に示すように変更する以外は、上記実施例1と同様にして、積層型圧電アクチュエータを作製した。即ち、複数の金属電極23を带状連結部材25により連結して構成し、带状連結部材25を、コバルトからなる高ヤング率層25bの両側に、銀からなる低ヤング率層25aを形成して構成したものをを用いて、積層型圧電アクチュエータを作製した。

#### 【0049】

得られた積層型圧電アクチュエータに500Vの直流電圧を印加した結果、57 $\mu\text{m}$ の変位量が得られた。また、0Vから500Vの三角波を周波数50Hzで $1 \times 10^8$ 回印加したところ電極連結体の带状連結部の断線は全く発生しなかった。

#### 【0050】

##### 【発明の効果】

本発明の積層型圧電アクチュエータでは、電極連結体の金属電極材料としてヤング率の小さいものを選択することができるため、アクチュエータの積層方向への変位に伴う圧電板

10

20

30

40

50

の径方向への伸縮動作を金属電極が抑制することがなく、アクチュエータの変位量を大きくすることができるとともに、帯状連結部材が、金属電極と同一材料からなる低ヤング率層と、金属電極よりもヤング率が高い高ヤング率層とを積層してなるため、金属電極よりもヤング率が高くなり、帯状連結部材のアーチ形状を安定して保つことができ、金属電極と帯状連結部材の境界部分の変形を防止することができ、長期使用を行っても疲労断線が発生し難い積層型圧電アクチュエータを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の積層型圧電アクチュエータの側面図である。

【図2】電極連結体を示すもので、(a)は平面図、(b)は断面図、(c)は(b)の一部を拡大して示す拡大断面図である。

【図3】他の電極連結体を示すもので、(a)は平面図、(b)は断面図、(c)は(b)の一部を拡大して示す拡大断面図である。

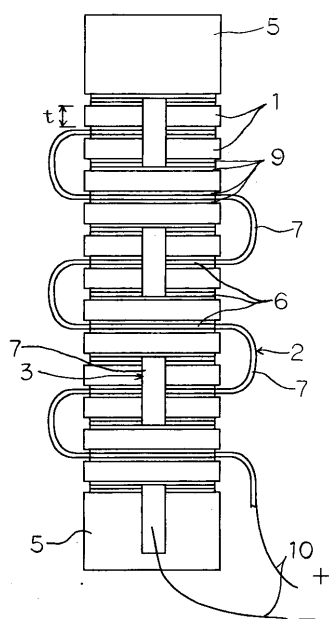
【符号の説明】

- 1・・・圧電板
- 2、3・・・電極連結体
- 6、23・・・金属電極
- 7、25・・・帯状連結部材
- 7a、25a・・・低ヤング率層
- 7b、25b・・・高ヤング率層
- 9、29・・・導電性接着層

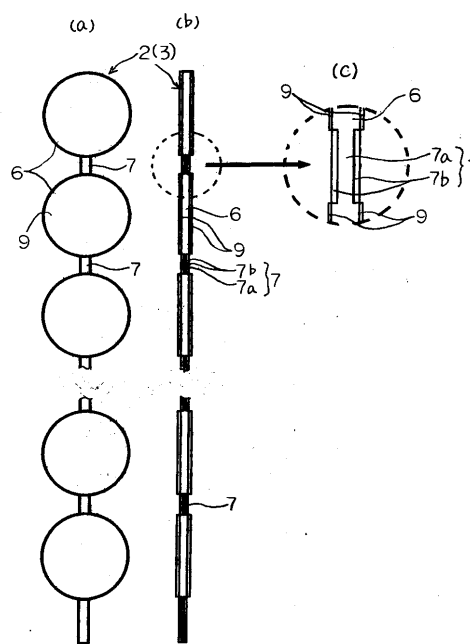
10

20

【図1】

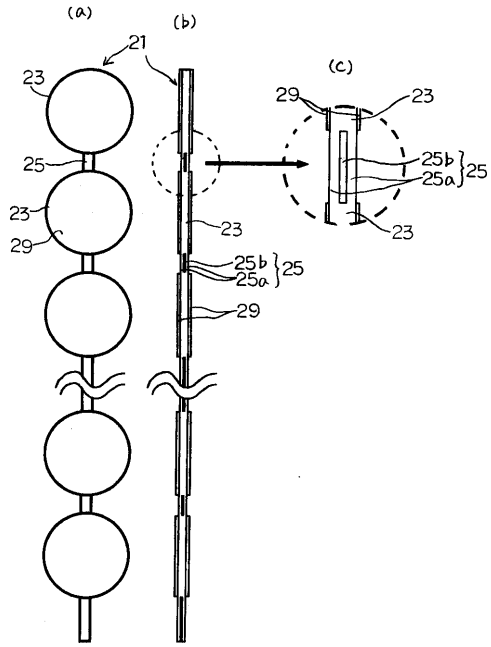


【図2】





【 図 3 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 鬼塚 克彦

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

審査官 牧 初

(56)参考文献 特開平07-283455(JP,A)

実開平03-085672(JP,U)

実開平03-050356(JP,U)

特開昭63-137574(JP,A)

特開平06-296380(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

H02N 2/00-2/06

H01L 41/09