

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-71389

(P2011-71389A)

(43) 公開日 平成23年4月7日(2011.4.7)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H01L 41/113 (2006.01)	H01L 41/08	G
H01L 41/08 (2006.01)	H01L 41/08	H
H01L 41/187 (2006.01)	H01L 41/18	101B
H01L 41/193 (2006.01)	H01L 41/18	102
B60C 19/00 (2006.01)	B60C 19/00	F

審査請求 未請求 請求項の数 11 O.L. (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2009-222084 (P2009-222084)	(71) 出願人	306037311 富士フィルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(22) 出願日	平成21年9月28日 (2009.9.28)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
		(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
		(72) 発明者	平林 恭穂 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フィルム株式会社内
		(72) 発明者	坂下 幸雄 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フィルム株式会社内

(54) 【発明の名称】 タイヤ内電力発生装置及び該装置を用いたタイヤモニタリングシステム

(57) 【要約】

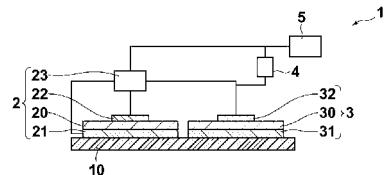
【課題】 非鉛系タイヤ内電力発生装置において高い発電能力を実現する。

【解決手段】 タイヤ内電力発生装置2は、下記一般式 (P X) で表されるペロブスカイト型酸化物からなる(不可避不純物を含んでもよい)無機圧電体を含む圧電部20と、圧電部20がタイヤに加えられる外力により歪むことにより、圧電部20に発生する電荷を取り出す一対の電極(21, 22)と、取り出した電荷を蓄積するエネルギー蓄積部23とを備えている。

(B₁_x, A_{1-x}) (B_y, C_{1-y}) O₃ . . .
(P X)

(式(P X)中、AはP b以外の平均イオン価数が2価のAサイト元素、Bは平均イオン価数が3価のBサイト元素、Cは平均イオン価数が3価より大きいBサイト元素であり、A, BおよびCは各々1種又は複数種の金属元素である。Oは酸素。B及びCは互いに異なる組成である。0.6 x 1.0, x - 0.2 y x。)

【選択図】 図1A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タイヤの内側の表面に固定されるタイヤ内電力発生装置であって、

下記一般式 (P X) で表されるペロブスカイト型酸化物からなる (不可避不純物を含んでもよい) 無機圧電体を含む圧電部と、該圧電部が前記タイヤに加えられる外力により歪むことにより、該圧電部に発生する電荷を取り出す一対の電極と、取り出した前記電荷を蓄積するエネルギー蓄積部とを備えたことを特徴とするタイヤ内電力発生装置。

(B_{ix}, A_{1-x}) (B_y, C_{1-y}) O₃ · · · (P X)

(式 (P X) 中、A は P b 以外の平均イオン価数が 2 価の A サイト元素、B は平均イオン価数が 3 価の B サイト元素、C は平均イオン価数が 3 価より大きい B サイト元素であり、A, B および C は各々 1 種又は複数種の金属元素である。O は酸素。B 及び C は互いに異なる組成である。0.6 x 1.0, x - 0.2 y x。A サイト元素の総モル数及び B サイト元素の総モル数の、酸素原子のモル数に対する比は、それぞれ 1 : 3 が標準であるが、ペロブスカイト構造を取り得る範囲内で 1 : 3 からずれてもよい。)

10

【請求項 2】

前記 A サイト元素 A が、Mg, Ca, Sr, Ba, (Na, Bi), 及び (K, Bi) からなる群より選ばれる少なくとも 1 種の金属元素であることを特徴とする請求項 1 に記載のタイヤ内電力発生装置。

【請求項 3】

前記 B サイト元素 B が、Al, Sc, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ga, Y, In, 及び Re からなる群より選ばれる少なくとも 1 種の金属元素であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のタイヤ内電力発生装置。

20

【請求項 4】

前記無機圧電体の圧電歪定数 d₃₃ (pm/V) と比誘電率 ϵ_{33} とが下記式 (1) 及び (2) を満足するものであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のタイヤ内電力発生装置。

100 < d₃₃ < 1500 · · · (1),

d₃₃ (pm/V) > 12 · · · (2)

【請求項 5】

前記無機圧電体の圧電歪定数 d₃₃ と電圧出力定数 g₃₃ とが下記式 (3) 及び (4) を満足するものであることを特徴とする請求項 4 に記載のタイヤ内電力発生装置。

30

100 < d₃₃ (pm/V) · · · (3),

80 < g₃₃ ($\times 10^{-3}$ V · m/N) · · · (4)

【請求項 6】

前記ペロブスカイト型酸化物が、第 1 の成分として BaTiO₃ を、第 2 の成分として BiFeO₃ を含むことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載のタイヤ内電力発生装置。

【請求項 7】

前記一般式 (P X) で表されるペロブスカイト型酸化物が、許容因子が 1.0 より大きい第 1 の成分と、許容因子が 1.0 より小さい第 2 の成分とを含み、下記式 (5) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 6 に記載のタイヤ内電力発生装置。

40

0.97 TF (P X) 1.02 · · · (5)

(式中、TF (P X) は上記一般式 (P X) で表される酸化物の許容因子である。)

【請求項 8】

A サイト元素の平均原子量 M_A と B サイト元素の平均原子量 M_B との差 | M_A - M_B | が 145 より大きいことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載のタイヤ内電力発生装置。

【請求項 9】

前記圧電部が、有機高分子樹脂からなるマトリックスと、該マトリックス中に含まれる、前記無機圧電体とを含む高分子複合圧電体からなることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のい

50

ずれかに記載のタイヤ内電力発生装置。

【請求項 10】

前記高分子複合圧電体が、1-3型連結性を有するであることを特徴とする請求項1-9のいずれかに記載のタイヤ内電力発生装置。

【請求項 11】

請求項1から10のいずれかに記載のタイヤ内電力発生装置と、

前記タイヤの所定の特性を検出する少なくとも1つのセンサと、

該センサにより検出された前記特性から得られる情報を、遠隔位置でモニタリングできるように該遠隔位置へ送信する無線周波数装置とを備え、

該無線周波数装置及び/又は前記センサが、前記エネルギー蓄積部から給電されるように前記エネルギー蓄積部と接続されていることを特徴とするタイヤモニタリングシステム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転するタイヤの機械的エネルギーから電力を発生させる装置、及びそれを用いてタイヤの物理的パラメータをモニタリングするシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

走行中のタイヤの空気圧をモニタリングしてリアルタイムで運転者にその情報を伝えるタイヤ空気圧モニタリングシステム (TPMS : Tire Pressure Monitoring System) 等のタイヤの物理的パラメータをモニタリングするシステムにおいて、現在実用化されているシステムの電源にはボタン電池が使用されている。しかしながら、ボタン電池はその大きさにより適用可能なホイールの形状が制限される上、電池寿命があるためその交換にあたって手間とコストが毎回発生するという問題がある。電池は化学反応であるため、温度変化の大きいタイヤ内においてはその電力の安定性にも課題がある。

20

【0003】

かかる課題を解決するために、走行中のタイヤに生じる振動を発電を利用してバッテリーレス化をはかったタイヤモニタリングシステム、及びそれに用いる振動発電装置が検討されている。例えば、特許文献1には、圧電材料を用いてタイヤに生じる機械的歪みから電荷を発生させる圧電材料のパッチを備えた自家動力式タイヤ組立体が開示されている。同文献には、圧電材料として石英、チタン酸バリウム、硫化カドミウム、ジルコン酸チタン酸鉛 (PZT)、ポリフッ化ビニリデン、及びポリ塩化ビニル (PVC) が好ましいことが記載されている。また、特許文献2には、タイヤのトレッド領域に結合された圧電素子を含む電源を備えた電気エネルギー生成システムが開示されており、圧電素子の材料としてPZTを用いることが記載されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特表2005-525265号公報

【特許文献2】特許第4205102号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記特許文献に記載された圧電材料のうち、PZT以外の非鉛系圧電材料はいずれも圧電性能が低いため、充分な発電量を得ることができない。一方、PZTは他の材料に比べて格段に圧電性能が優れているが、PZTは毒性の強いPb元素を含んでおり、製造過程での廃棄物や使用中の材料からの流出、そして使用後の廃棄による土壤汚染、大気汚染等の環境問題が避けられない。

【0006】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、高い発電能力を有する非鉛系タイヤ内

50

電力発生装置及び該装置を用いたタイヤモニタリングシステムを提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明のタイヤ内電力発生装置は、タイヤの内側の表面に固定されるタイヤ内電力発生装置であって、下記一般式 (P X) で表されるペロブスカイト型酸化物からなる（不可避不純物を含んでもよい）無機圧電体を含む圧電部と、該圧電部が前記タイヤに加えられる外力により歪むことにより、該圧電部に発生する電荷を取り出す一対の電極と、

取り出した前記電荷を蓄積するエネルギー蓄積部とを備えたことを特徴とするものである。

$$(B_{1-x}, A_{1-x})(B_y, C_{1-y})O_3 \cdots (P X)$$

(式 (P X) 中、 A は P b 以外の平均イオン価数が 2 価の A サイト元素、 B は平均イオン価数が 3 価の B サイト元素、 C は平均イオン価数が 3 価より大きい B サイト元素であり、 A, B および C は各々 1 種又は複数種の金属元素である。 O は酸素。 B 及び C は互いに異なる組成である。 $0.6 \times 1.0, x - 0.2 y \times$ A サイト元素の総モル数及び B サイト元素の総モル数の、酸素原子のモル数に対する比は、それぞれ 1 : 3 が標準であるが、ペロブスカイト構造を取り得る範囲内で 1 : 3 からずれてもよい。)

【0008】

本発明のタイヤ内電力発生装置において、 A サイト元素 A は、 Mg, Ca, Sr, Ba, (Na, Bi), 及び (K, Bi) からなる群より選ばれる少なくとも 1 種の金属元素であることが好ましい。ここで、 (Na, Bi)、 (K, Bi) との記載は、括弧内の 2 種類の元素の組み合わせで平均イオン価数が 2 価となっているものを示している。この場合、イオン価数が 1 価の Na 又は K とイオン価数が 3 価の Bi を等モルずつ配合した組み合わせであるので、いずれも平均イオン価数は 2 価となる。

【0009】

また、 B サイト元素 B は、 Al, Sc, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ga, Y, In, 及び Re (希土類元素) からなる群より選ばれる少なくとも 1 種の金属元素であることが好ましい。

【0010】

また、本発明のタイヤ内電力発生装置において、前記無機圧電体の圧電歪定数 d_{33} (pm/V) と比誘電率 ϵ_{33} とが下記式 (1) 及び (2) を満足するものであることが好ましい。

$$100 < \epsilon_{33} < 1500 \cdots (1),$$

$$d_{33} (\text{pm/V}) > 12 \epsilon_{33} \cdots (2)$$

ここで、 d_{33} 及び ϵ_{33} の添字表記は、直交する 3 つの軸 1, 2, 3 を規定した時、最初の添字が電界の印加方向、 2 番目の添字が歪みの方向を示しており、歪みまたは応力を取り出す方向が、電界を加えた方向に対して平行方向である縦振動モードであることを示している。従って、 d_{33} 及び ϵ_{33} は縦振動モードの圧電歪定数及び誘電率を示している。

【0011】

更に、前記無機圧電体の圧電歪定数 d_{33} と電圧出力定数 g_{33} とが下記式 (3) 及び (4) を満足するものであることが好ましい。

$$100 < d_{33} (\text{pm/V}) \cdots (3),$$

$$80 < g_{33} (\times 10^{-3} \text{V} \cdot \text{m/N}) \cdots (4)$$

(式中、 g_{33} は前記圧電体の電圧出力定数である。)

中でも、前記無機圧電体としては、前記ペロブスカイト型酸化物が、第 1 成分として $BaTiO_3$ を、第 2 成分として $BiFeO_3$ を含むものであることが好ましい。

【0012】

更に、前記ペロブスカイト型酸化物が、許容因子が 1.0 より大きい第 1 の成分と、許容因子が 1.0 より小さい第 2 の成分とを含み、一般式 (P X) において、下記式 (5)

10

20

30

40

50

を満足するものであることが好ましい。

0.97 TF (PX) 1.02 . . . (5)

(式中、TF (PX) は上記一般式 (PX) で表される酸化物の許容因子である。)

本明細書において、「許容因子TF」は下記式で表されるファクターである。

$$TF = (r_A + r_O) / 2(r_B + r_O)$$

(式中、 r_A は A サイトの平均イオン半径、 r_B は B サイトの平均イオン半径、 r_O は酸素のイオン半径である。)

本明細書において、「イオン半径」は、いわゆる Shannon のイオン半径を意味している (R. D. Shannon, *Acta Crystallogr* A32, 751 (1976) を参照)。「平均イオン半径」は、格子サイト中のイオンのモル分率を C、イオン半径を R としたときに、 $C_i R_i$ で表される量である。ただし、12 配位の B_i のイオン半径に関しては、前記文献に記載が無く、また共有結合性が強いので、「共有結合半径」を用いる。

10

【0013】

それぞれの許容因子 TF は、各々上記式に基づいて理論的に求める。この際、実際には単独でペロブスカイト型酸化物にならないものでも同様に求める。(TF (BaTiO₃) = 1.062、TF (BiFeO₃) = 0.989)。そして、上記(1)式の関係となるように、上記一般式 (PX) の組成を決定することが好ましい。

【0014】

また、一般式 (PX) において、A サイト元素の平均原子量 M_A と B サイト元素の平均原子量 M_B との差 $|M_A - M_B|$ が 145 より大きいことが好ましい。

20

【0015】

本発明のタイヤ内電力発生装置において、前記圧電部は、有機高分子樹脂からなるマトリックスと、該マトリックス中に含まれる前記無機圧電体とを含む高分子複合圧電体からなることが好ましい。

【0016】

ここで、高分子複合圧電体とは、「背景技術」の項において述べたように、高分子マトリックス樹脂と圧電体との複合体を意味し、一般に「コンポジット圧電体」と称されるものを意味する(社団法人 日本セラミックス協会編、「セラミックコンポジット 第2章 セラミック・プラスチックコンポジット圧電体」, 培風館)。

30

【0017】

前記高分子複合圧電体は、1-3型連結性を有することが好ましい。ここで、高分子複合圧電体の連結性とは、Newnham によって提案された複合体の連結性(コネクティビティ)を意味している (R.E. Newnham et. al, Mater. Res. Bull. 13, 525 (1978))。具体的には、高分子複合圧電体をサイロ状の集合体としてとらえ、XYZ の 3 軸に分解した時に圧電体が 3 軸のうち自己接続している軸の数を m、高分子が 3 軸のうち自己接続している軸の数を n として、m - n 連結性として示している。1-3型連結性とは、圧電体が 1 軸方向にのみ自己接続しており、高分子が 3 軸すべてに自己接続している構造を意味する。

【0018】

本発明のタイヤモニタリングシステムは、上記本発明のタイヤ内電力発生装置と、前記タイヤの所定の特性を検出する少なくとも 1 つのセンサと、該センサにより検出された前記特性から得られる情報を、遠隔位置でモニタリングできるように該遠隔位置へ送信する無線周波数装置とを備え、該無線周波数装置及び/又は前記センサが、前記エネルギー蓄積部から給電されるように前記エネルギー蓄積部と接続されていることを特徴とするものである。

40

【発明の効果】

【0019】

本発明のタイヤ内電力発生装置は、走行中のタイヤに生じる歪みから電荷を発生させる圧電部を備えており、圧電部に上記一般式 (PX) で表される組成を有するペロブスカイト型酸化物からなる(不可避不純物を含んでもよい)無機圧電体を用いている。かかるペ

50

ロブスカイト型酸化物は、本発明者らが非鉛系ペロブスカイト型酸化物において、高い圧電性能（ d 定数）を有するための材料設計手法を発明し、非鉛系ペロブスカイト型酸化物において初めて、鉛系ペロブスカイト型酸化物とほぼ同等の高い圧電性能を有する組成として見出したものである。従って、本発明によれば、高い発電能力を有する非鉛系タイヤ内電力発生装置及び該装置を用いたタイヤモニタリングシステムを提供することができる。

【0020】

また、本発明者は、上記材料設計において、 d 定数及び g 定数双方の大きさ、及びそのバランスの優れた組成を見いだした。電力発生装置の発電能力の性能指標は、 d 定数と g 定数の積で表されることから、 d 定数だけでなく g 定数も高いことが好ましい。従って、かかるペロブスカイト型酸化物からなる無機圧電体（不可避不純物を含んでもよい）を用いることにより、 d 定数及び g 定数の双方の大きさの優れた、これまでにない高性能なタイヤ内電力発生装置を実現することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1A】本発明に係る一実施形態のタイヤ内電力発生装置及びタイヤモニタリングシステムの構成を示す概略断面図

【図1B】図1Aのタイヤ内電力発生装置及びタイヤモニタリングシステムの取り付けられたタイヤの構成を示す概略断面図

20

【図2A】1-3連結性を有する圧電コンポジットからなる圧電部の構成を示す模式図

【図2B】0-3連結性を有する圧電コンポジットからなる圧電部の構成を示す模式図

【図3】本発明の非鉛系圧電体及び既存の鉛系、非鉛系材料を用いた圧電体の誘電率と圧電歪定数との関係を示す図

【図4】本発明の非鉛系圧電体及び既存の鉛系、非鉛系材料を用いた圧電体の圧電歪定数と電圧出力定数との関係を示す図

【図5】種々のペロブスカイト型酸化物について、Aサイト元素のイオン半径と、Bサイト元素のイオン半径と、許容因子TFと、結晶系との関係を示す図

【図6】PZTを用いた場合の1-3コンポジットの誘電率と圧電定数 d_{33} 及び g_{33} の体積分率依存性を示す図

30

【発明を実施するための形態】

【0022】

「タイヤ内電力発生装置、タイヤモニタリングシステム」

図面を参照して、本発明にかかる一実施形態のタイヤ内電力発生装置及びタイヤモニタリングシステムについて説明する。図1Aは、本実施形態のタイヤ内電力発生装置及びタイヤモニタリングシステムの構成を示す概略図である。図1Bは、本実施形態のタイヤモニタリングシステム1の、タイヤ内における位置関係を示した概略図である。視認しやすくするために各部の縮尺は適宜変更して示してある。

【0023】

図示されるように、タイヤモニタリングシステム1は、タイヤ100の内側の表面に固定されて使用される。タイヤ100は、外側にトレッド部を有するクラウン部110とサイドウォール部120と、ホイールのリム（図示略）にタイヤ100を取り付けるタイヤビード130aを有するビード部130とにより概略構成されている。タイヤ100の内部には、タイヤ圧下でタイヤ形状を規定し、トラクション力とステアリング力とを伝達するカーカス150がサイドウォール部120とクラウン部110を超えてビード部130まで延びて形成されている。ベルトパッケージ140は、タイヤ100のクラウン部110の内部に設けられている。

40

【0024】

タイヤモニタリングシステム1及びタイヤ内電力発生装置2は、タイヤが外力により歪む力をを利用して動作するものである。従って、タイヤが外力により歪む場所であればその固定場所は制限されないが、より歪みの大きい部分に固定されることが好ましい。図1B

50

では、タイヤのトレッドが形成されているクラウン部 110 の裏面に固定された態様を示しているが、サイドウォール部 120 の裏面に固定されていても効果的である。

【0025】

タイヤモニタリングシステム 1 は、高分子樹脂からなるフレキシブル基板 100 上に、タイヤ内電力発生装置 2 と、所定の特性を検出するセンサ 3 と、センサ 3 により検出された特性から得られる情報を、車内等の遠隔位置でモニタリングできるように該遠隔位置へ送信する無線周波数装置 5 と、これら装置の駆動を制御するコントローラ 4 とを備えている。本実施形態において、センサ 3 及び無線周波数装置 5 は、タイヤ内電力発生装置 2 から給電されるように接続されている。

【0026】

本実施形態において、センサ 3 は、タイヤの歪量を検出する圧電素子であり、タイヤの歪により圧電体が歪むと一対の電極 (31, 32) に電圧が印加され、コントローラ 4 を経由して検出された歪み量を無線周波数装置 5 に出力する。本実施形態では、センサ 3 はタイヤ内電力発生装置 2 と同一基板 100 上に備えられているが、これに限られるものではない。

【0027】

コントローラ 4 は、各給電、及びセンサ 3 からの信号を無線周波数装置 5 に出力するタイミングを制御するマイクロコントローラである。かかるタイミングを制御することができればコントローラ 4 は特に制限されないが、センサ 3 からの信号をデジタル情報に変換する A/D 変換器を備えているものであることが好ましい。

【0028】

無線周波数装置 5 は、センサ 3 からの信号を受信し、該信号を FM 搬送信号で変調して、遠隔位置に配置されている受信機 (図示略) にタイヤ 100 の歪情報を送信するものである。

【0029】

タイヤ内電力発生装置 2 は、無機圧電体を含む圧電部 20 と、圧電部 20 がタイヤに加えられる外力により歪むことにより、圧電部 20 に発生する電荷を取り出す一対の電極 (21, 22) と、取り出した前記電荷を蓄積するエネルギー蓄積部 23 とを備えた構成としている。

【0030】

基板 10 としては、膜厚 200 μm 以下のフィルム状のフレキシブル基板が好ましい。かかる基板としては、ポリイミド、PTFE、ポリエチレンナフタレート、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリサルホン、ポリアリレート、ポリアミド等が挙げられ、タイヤの使用環境に応じて耐熱性及び吸湿性等により選択することができる。また、タイヤの変形による表面からの剥離対策として、タイヤとの剛性が近い、アクリルゴム、アクリロニトリルブタジエンゴム、イソブレンゴム、ウレタンゴム、ブタジエンゴム、シリコーンゴム等の合成ゴムを用いることがより好ましい。

【0031】

電極 21 及び 22 としては特に制限なく、圧電部 20 において発生した電荷を好適に取り出すことができるものであればよい。例えば、Sn, Al, Ni, Pt, Au, Ag, Cu, Cr, Mo 等が挙げられる。電極 21 及び 22 の膜厚は、圧電部 20 の歪みを極力制限しないことが好ましく、電極 21 及び 22 の大きさにもよるが、1 μm 以下であることが好ましい。かかる電極は、真空蒸着法やスパッタリング法等の気相成膜法等により形成することができる。

【0032】

エネルギー蓄積部 23 は、圧電部 20 内で発生した電荷を整流した後蓄積するものである。かかる機能を有していれば、エネルギー蓄積装置 23 は特に制限されないが、例えば、整流器とコンデンサとから構成することができる。

【0033】

タイヤ内電力発生装置 2 は、タイヤに生じる歪みにより圧電部 20 において電荷を発生

10

20

30

40

50

させることにより発電するため、圧電部20の圧電性能が高いほど電力発生性能（発電性能）が高くなる。従って、圧電部20としては、圧電性能に優れる無機圧電体を用いることが好ましい。

【0034】

また、圧電部20には、タイヤに生じる歪みに耐えうるフレキシビリティを有する必要がある。かかるフレキシビリティを有すれば、圧電部20として無機圧電体をそのまま用いてもよいが、無機圧電体は比較的脆いため、無機圧電体を高分子樹脂からなるマトリックス中に含む高分子複合圧電体（圧電コンポジット）を用いることが好ましい。

【0035】

また、圧電コンポジットは、フレキシビリティ性に加え、無機圧電体に比して電力出力定数（圧電g定数）に優れることが知られている。発電性能は圧電d定数と圧電g定数との積がその指標となるため、d定数及びg定数の双方が高い圧電材料が最も好ましい。

以下に、圧電コンポジットの構成及び圧電コンポジットに含まれる無機圧電体について説明する。

【0036】

図2Aは、1-3連結性を有する圧電コンポジット（以下、1-3コンポジットとする。）、図2Bは、0-3連結性を有する圧電コンポジット（以下、0-3コンポジットとする。）を模式的に示した斜視図である。

【0037】

図2Aの1-3コンポジットでは、圧電コンポジット20aは、高分子マトリックス20m中に、柱状（ファイバー状）の圧電体20pが、圧電体20pの長軸方向が図示されるz軸と略平行となるように複数本独立して配された構成としている。1本の柱状圧電体20pはz軸方向にのみ連結性を有しており、柱の周囲は高分子マトリックス20mに覆われている。

【0038】

圧電コンポジット20aは、通常の1-3コンポジットを作製する方法により製造すればよく、例えば、ダイキャスト法やウエハー作製用のマルチブレードウエハリングソーを用いてアレイ状の柱状圧電体20pを作製し、アレイ間の隙間に高分子樹脂を流し込む方法等により作製することができる。

【0039】

一般に、1-3圧電コンポジット20aにおいて、電界が印加された時、柱状の圧電体20pは周囲の高分子マトリックスが柔らかいので容易に伸びることができる。図6は、圧電体としてPZTを用いた場合の1-3コンポジットの誘電率 ϵ と圧電定数 d_{33} 及び g_{33} の体積分率依存性を示したものである（社団法人日本セラミックス協会編、「セラミックコンポジット 第2章セラミックプラスチックコンポジット圧電体、図2.14」、培風館）。従って、圧電コンポジット20aの有効 d_{33} 値は、充分な分極処理がなされていれば、圧電体20pのそれとほぼ同様の値が得られる。一方、圧電コンポジット20aにおいて、圧電体20pの体積分率が増すにつれてその誘電率は圧電体20pに近づく。圧電g定数は、誘電率に反比例するため、高分子材料に比して誘電率の高い圧電体20pの体積分率が多くなるほど小さくなる。

【0040】

また、0-3コンポジット20bは、図2Bに示されるように、高分子マトリックス20m中に、x y z方向のいずれにも連結性を持たない、例えば粒子状、ウィスカーラー状、ファイバー状等の圧電体20pが分散した状態で配された構成としている。

【0041】

0-3コンポジットも、通常の0-3コンポジット作製方法や、高分子フィルム作製方法を用いて作製すればよい。例えば、溶融した高分子マトリックス材料中に圧電体粉末を混ぜて混練し、射出成形や押出成形、Tダイ法等の溶融成膜技術により製造する方法や、キャスティング等の溶液成膜等を用いて作製することができる。圧電体20pがウィスカーラー状やファイバー状等の異方性の形状を有している場合は、溶液成膜において、溶液の塗布

10

20

30

40

50

方向を一定にすることにより、粒子の長軸方向を塗布方向と略平行に容易に配向させることができる。

【0042】

0-3コンポジットは1-3コンポジットに比して圧電体20pの連結性がないため、圧電d定数についても体積分率により影響を受ける。従って1-3コンポジットのように圧電体20pとほぼ同等のd定数を得ることは難しいが、圧電体20pに比して優れたg定数を有するものとすることができます。

【0043】

1-3コンポジット、あるいは0-3コンポジットのいずれの態様であっても、圧電コンポジット20a, bは、分極処理を施すことが好ましい。1-3コンポジットの場合には圧電体20pが直接電極に接しているため、成膜後にかかる電極を用いて分極処理することが可能である。0-3コンポジットの場合は、あらかじめ分極処理した圧電体粉末を、上記したように、異方性の圧電体20pが一定方向に配向した構成とすることによって、分極軸を揃えることができるため、より高い圧電性能(d定数)を得ることができ、好ましい。

10

【0044】

圧電コンポジット20a, bの高分子マトリックス20mとしては、タイヤの使用下において耐熱性を有する有機高分子樹脂であれば特に制限されない。例えば、ポリプロピレン、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、アクリル樹脂等の汎用プラスチック、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリエチレンテレフタレート(PET)、熱可塑性ポリイミド等のエンジニアリングプラスチック、アクリルゴム、アクリロニトリルブタジエンゴム、イソブレンゴム、ウレタンゴム、ブタジエンゴム、シリコーンゴム等の合成ゴム、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)、及びその共重合体等の圧電性高分子、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、メラミン樹脂、ポリイミド等の熱硬化性樹脂等が挙げられる。また、圧電体20pと結合性の良好なものであることが好ましい。また、タイヤの歪を効率よく圧電体の歪に伝達するためには、タイヤや、フレキシブル基板と、圧電体の剛性(音響インピーダンス)を合わせることがより好ましい。

20

【0045】

既に、発電用途には、圧電歪み定数(d定数)と電力出力定数(g定数)の積の大きい圧電材料が好ましいことを述べた。従って、圧電体20pとしては圧電d定数が高く、また、誘電率が比較的低く、高分子マトリックスのg定数を低下させにくいものとすることが好ましい。以下に、本実施形態の圧電コンポジット20a, bに用いる圧電体20pについてその材料設計手法を含めて説明する。

30

【0046】

「背景技術」の項において述べたように、本発明では、圧電体20pとして毒性の強いPbを含まない非鉛圧電体を用いる。本発明者らは、高い圧電性能を有する非鉛系ペロブスカイト型酸化物の材料設計について検討を繰り返し、非鉛系ペロブスカイト型酸化物において初めて、鉛系ペロブスカイト型酸化物とほぼ同等の圧電性能を有する組成を見出した。

40

【0047】

圧電歪には、

(i)自発分極軸のベクトル成分と電界印加方向とが一致したときに、電界印加強度の増減によって電界印加方向に伸縮する通常の電界誘起圧電歪(真性圧電歪(intrinsic))、(ii)電界印加強度の増減によって分極軸が可逆的に非180°回転することで生じる圧電歪、

(iii)電界印加強度の増減によって結晶を相転移させ、相転移による体積変化を利用する圧電歪、

(iv)電界印加により相転移する特性を有する材料を用い、自発分極軸方向とは異なる方向に結晶配向性を有する強誘電体相を含む結晶配向構造とすることで、より大きな歪が得られるエンジニアードドメイン効果を利用する圧電歪(エンジニアードドメイン効果を利用

50

する場合には、相転移が起こる条件で駆動してもよいし、相転移が起こらない範囲で駆動してもよい)などが挙げられる。

【0048】

上記(i)の圧電歪は真性 (intrinsic) 圧電歪、(ii)~(iv)はいずれも外因性 (extrinsic) の圧電歪であり、(i)~(iv)はそれぞれの歪発生の原理に応じた組成や結晶配向構造とすることにより大きな圧電歪が得られる。圧電歪(i)~(iv)は単独で又は組み合わせて利用することができる。

【0049】

従来、鉛系のペロブスカイト型酸化物のバルクセラミクスでは、MPB組成において、圧電歪み定数 (d定数) と、Aサイト元素の平均原子量 M_A とBサイト元素の平均原子量 M_B との差 $|M_A - M_B|$ とには相関があり、 $|M_A - M_B|$ が大きいほど電気機械結合係数 k が大きくなり、d定数が大きくなることが報告されている (東芝レビューVol.59, No. 10, p.41 (2004))。本発明者は、非鉛系のペロブスカイト型酸化物においても同様の相関があることを見出している。

10

【0050】

従って、 $|M_A - M_B|$ が大きくなるように、Aサイト元素とBサイト元素とを選択することにより、より優れた圧電歪み定数を有する圧電体を得ることができると考えられる。例えば、Aサイト元素としてできるだけ質量 M_A の大きいものを選択し、Bサイト元素としてできるだけ質量 M_B の小さいものを選択すればよい。上記した文献に記載された鉛系のペロブスカイト型酸化物における $|M_A - M_B|$ の値から判断すると、 $|M_A - M_B|$ は 145 より大きいことが好ましい。

20

【0051】

ペロブスカイト型酸化物において、各サイトに入りうる元素は、イオン半径及びイオン価数によってほぼ限定される。

【0052】

本発明者らは、特開2008-195603において、AサイトがBi (原子量 209.0) を主成分とするペロブスカイト型酸化物において、モルフォトロピック相境界 (MPB) 及びその近傍となるように、組成を設計することにより、高い電気機械結合係数 k_{33} 値及び優れた圧電性能を、非鉛系ペロブスカイト型酸化物において達成したことを報告している。ここで、「MPBの近傍」とは、電界をかけた時に相転移する領域のことである。

30

【0053】

本発明者らは、上記Aサイト元素とBサイト元素との質量差の圧電性能への寄与は、MPB組成に限らず、少なからず存在すると考え、 $|M_A - M_B|$ が 145 を超えるように設計可能な質量の大きいAサイト元素をBi (209.0) とし (() 内の数値は原子量)、具体的には下記一般式 (PX) で表される組成を有するペロブスカイト型酸化物からなるもの (不可避不純物を含んでもよい) とすることにより、非鉛圧電体において高いd定数を実現できることを見いたした。



(式 (PX) 中、AはPb以外の平均イオン価数が2価のAサイト元素、Bは平均イオン価数が3価のBサイト元素、Cは平均イオン価数が3価より大きいBサイト元素であり、A, B および C は各々 1 種又は複数種の金属元素である。Oは酸素。B 及び C は互いに異なる組成である。0.6 x 1.0, x - 0.2 y x。Aサイト元素の総モル数及びBサイト元素の総モル数の、酸素原子のモル数に対する比は、それぞれ 1 : 3 が標準であるが、ペロブスカイト構造を取り得る範囲内で 1 : 3 からずれてもよい。)

40

【0054】

式 (PX) に表されるように、Aサイト元素はBiだけであってもよいし、Pb以外の平均イオン価数が2価のAサイト元素Aを含んでもよい。Aサイト元素Aとしては、Aサイト元素Aは、Mg, Ca, Sr, Ba, (Na, Bi), 及び (K, Bi) からなる群より選ばれる少なくとも1種の金属元素であることが好ましい。

【0055】

50

また、Aサイトの主成分(60モル%以上)はイオン価数が3価のB_iであるので、Bサイト元素Bは、平均イオン価数が3価の金属元素となり、質量の小さい元素であることが好ましい。かかるBサイト元素Bとしては、Al, Sc, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ga, Y, In, 及びRe(希土類元素)からなる群より選ばれる少なくとも1種の金属元素が挙げられる。

【0056】

Aサイト元素Aを含む場合、Aは平均イオン価数が2価であるので、Bサイト元素Cとして平均イオン価数が4価の金属元素を同じモル数含んでいることが好ましい。同じモル数よりも多い場合、Bサイト元素Cはドナー・ドーパントとして機能するが、20%以下まで含まれていてもよい。Bサイト元素Cには、平均イオン価数が4価より大きいものも含んでいてもよい。この場合、平均イオン価数が4価より大きい元素Cは、元素Aと同じモル数であってもドナー・ドーパントとして機能する。ドーパントとしてのBサイト元素Cは、20%以下まで含まれていてもよい。Aサイト元素Aを含まない場合は、Bサイト元素Cは平均イオン価数が4価以上の場合にドナー・ドーパントとして機能する。ドーパントとしてのBサイト元素CとしてはNb, Mn等が好ましい。

10

【0057】

また、上記一般式(PX)で表されるペロブスカイト型酸化物は、圧電体20pの圧電歪定数d₃₃(pm/V)と比誘電率₃₃とが下記式(1)及び(2)を満足する組成とすることが好ましい。

$$100 < d_{33} < 1500 \quad \dots \quad (1),$$

$$d_{33} (pm/V) > 12 \quad \dots \quad (2)$$

20

【0058】

一般に、既に述べた(i)の通常の電界誘起圧電歪(intrinsicな圧電歪:真性圧電歪)の縦振動モードの圧電歪定数d₃₃(pm/V)と比誘電率₃₃とはd₃₃ = k₃₃s₀³₃₃の関係にあり、電力出力定数g₃₃は、g₃₃ = d₃₃ / s₀³₃₃で算出されることが知られている。つまり、intrinsicな圧電歪において、s = k₃₃s₀とした時、d₃₃は₃₃に比例し、g₃₃は反比例する(k₃₃は電気機械結合係数、s₀は真空の誘電率(N/V²)、sは弾性コンプライアンス(m²/N))。

30

【0059】

また、これまで開発されている公知材料、及び本発明者らが発明し開示してきた高いintrinsicな圧電歪が得られる材料は、鉛系(Pb系)、非鉛系材料共に、₃₃に対してd₃₃はほぼ比例することが確認されている(図3を参照)。

30

【0060】

しかしながら、本発明者らが上記目的を達成するために組成及びその製造方法、配向性等を検討した結果、図3に示される直線上から大きくはずれる、同じ誘電率₃₃を有しながらd₃₃値がこれまでの材料に比して大きい圧電体、即ち、上記式(1)及び(2)を満足する圧電体20pとすることにより、下記式(3)及び(4)を満足する、d₃₃値及びg₃₃が共に優れる、すなわち、発信能および受信能が共に優れる圧電体とすることに成功した(図4を参照)。組成は図中に記載。詳細は特願2009-162423を参照のこと。)。

40

$$100 < d_{33} (pm/V) \quad \dots \quad (4)$$

$$80 < g_{33} (\times 10^{-3} V \cdot m/N) \quad \dots \quad (5)$$

(式中、g₃₃は前記圧電体の電圧出力定数(圧電感度定数)である。)

【0061】

既に述べたように、ペロブスカイト型酸化物において、AサイトイオンとBサイトイオンの質量差|M_A - M_B|が大きいほど電気機械結合係数が大きくなり、d定数が高くなる。一方、sはヤング率の逆数であるため、比較的低いヤング率も材料を選定することによりある程度特性を高めることは可能であるが、ある程度材料によって範囲が固定される値である。従って、比誘電率を高くすることなくd₃₃値を高くするには、k₃₃値を高くすることが好ましい。

50

【0062】

例えば、上記一般式(P_X)において、第1成分として $BaTiO_3$ を、第2成分として $BiFeO_3$ を含むものとすることにより比誘電率を大きく高めることなく、d定数を高くすることが可能となる。 $BiFeO_3$ の結晶系は菱面体晶であり、 $BaTiO_3$ の結晶系は正方晶であることから、この2成分を含むペロブスカイト型酸化物は、MPB組成を形成することができる。従って、上記したiii) やiv) の圧電歪を利用して、より高いd定数を実現することができる。

【0063】

MPB組成とする場合は、下記式(5)を満足するような組成とすればよい。また、下記式(6)を満足する第3成分Dを含んでいることがより好ましい。第3成分Dは下記式(7)を満足していることが更に好ましい。第3成分Dは、一般式(P_X)において $BiBO_3$ 又は ACO_3 のいずれかの酸化物である。

10

【0064】

$$0.97 \quad TF(P_X) \quad 1.02 \dots (5), \\ TF(BiFeO_3) < TF(D) < TF(BaTiO_3) \dots (6), \\ 0.97 \quad TF(D) \quad 1.02 \dots (7)$$

(式中、 $TF(P_X)$ は上記一般式(P_X)で表される酸化物の許容因子、 $TF(BiFeO_3)$ 、 $TF(D)$ 、及び $TF(BaTiO_3)$ はそれぞれ()内に記載の酸化物の許容因子である。)

20

【0065】

図5は、1個又は2個の元素によりAサイトが構成され、1個又は2個の元素によりBサイト元素が構成された種々のペロブスカイト型酸化物について、Aサイト元素の平均イオン半径と、Bサイト元素の平均イオン半径と、許容因子TFと、結晶系との関係を示す図である。図中、結晶系を示す符号は各々、C：立方晶(cubic crystal)、M：单斜晶(monoclinic crystal)、PC：疑立方晶(pseudocubic crystal)、R：菱面体晶(rhombohedral crystal)、T：正方晶(tetragonal crystal)、Tr：三方晶(trigonal crystal)である。図5中にMnが2つ記載されているが、0.64は3価のMnのイオン半径であり、0.67は2価のMnのイオン半径である。

【0066】

$TF = 1.0$ のとき、ペロブスカイト構造の結晶格子は最密充填となる。この条件では、Bサイト元素は結晶格子内でほとんど動かず安定した構造を取りやすい。この組成では、立方晶又は疑立方晶などの結晶構造を取りやすく、強誘電性を示さない、あるいは強誘電性を示してもそのレベルは極めて小さい。

30

【0067】

$TF > 1.0$ のとき、Aサイト元素に対してBサイト元素が小さい。この条件では、結晶格子が歪まなくてもBサイト元素は結晶格子内に入りやすく、かつBサイト元素は結晶格子内で動きやすい。この組成では、正方晶(自発分極軸<001>方向)などの結晶構造を取りやすく、強誘電性を有する。TFの値が1.0から離れる程、強誘電性は高くなる傾向がある。

40

【0068】

$TF < 1.0$ のとき、Aサイト元素に対してBサイト元素が大きい。この条件では、結晶格子が歪まなければBサイト元素が結晶格子内に入らない。この組成では、斜方晶(自発分極軸<110>方向)又は菱面体晶(自発分極軸<111>方向)などの結晶構造を取りやすく、強誘電性を有する。TFの値が1.0から離れる程、強誘電性は高くなる傾向がある。

【0069】

表1は、 $TF > 1.0$ の第1成分と $TF < 1.0$ の第2成分との既存の種々の混晶について、各成分単独の結晶系/Aサイトイオン半径/Bサイトイオン半径/TF、モルフォトロピック相境界(MPB)となる第1成分と第2成分との割合(モル比)、及びMPB組成の第1成分と第2成分との混晶のAサイト平均イオン半径/Bサイト平均イオン半径

50

/ T F をまとめたものである。表 1 中、結晶系を示す符号は各々、T : 正方晶 (tetragonal crystal) 、O : 斜方晶 (orthorhombic crystal) 、R : 菱面体晶 (rhombohedral crystal) である。

【0 0 7 0】

表 1 から分かるように、M P B 組成の T F は 0 . 9 7 ~ 1 . 0 2 に収まっている。従つて、0 . 9 7 T F (P X) 1 . 0 2 . . . (5) を満足する組成とすることにより、圧電体 2 0 p は、M P B 又はその近傍の組成を有するものとすることができる。

【0 0 7 1】

【表1】

	TF>1						TF<1						MPB				
	結晶系		Aイオン 半径		Bイオン 半径		割合		結晶系		Aイオン 半径		Bイオン 半径		割合	Aイオン 半径	Bイオン 半径
PT-PZ	PbTiO ₃	T	1.49	0.605	1.019	0.48	PbZrO ₃	R	1.49	0.72	0.964	0.52	1.49	0.66	0.66	0.990	
PT-PS	PbTiO ₃	T	1.49	0.605	1.019	0.45	PbSnO ₃	R	1.49	0.69	0.978	0.55	1.49	0.65	0.65	0.996	
PT-BiS	PbTiO ₃	T	1.49	0.605	1.019	0.65	BiScO ₃	R	1.46	0.745	0.943	0.35	1.48	0.65	0.65	0.991	
BT-BiNT	BT	T	1.61	0.605	1.062	0.15	(Bi,Na)TiO ₃	R	1.425	0.605	0.996	0.85	1.45	0.61	0.61	1.006	
BT-BiNT	BT	T	1.61	0.605	1.062	0.07	(Bi,Na)TiO ₃	R	1.425	0.605	0.996	0.93	1.44	0.61	0.61	1.001	
BT-BiNT	(Bi,K)TiO ₃	T	1.55	0.605	1.041	0.20	(Bi,Na)TiO ₃	R	1.425	0.605	0.996	0.80	1.45	0.61	0.61	1.005	
KN-NN	KNbO ₃	O	1.64	0.64	1.054	0.49	NaNbO ₃	O	1.39	0.64	0.967	0.51	1.51	0.64	0.64	1.010	

上記第1成分 $BaTiO_3$ のTF値は $TF = 1.059$ 、第2成分 $BiFeO_3$ のTF値は $TF = 0.989$ であるので、 $TF > 1.0$ の第1成分と $TF < 1.0$ の第2成分を含んでおり、このことからもこの2成分を含む系ではMPBを構成できることがわかる。従って、一般式(PX)において、全体のTFが $0.97 \sim 1.02$ となるように、第1成分と第2成分の組成比を調整する、あるいは、更に第3成分Dを加えて組成比を調整することで、MPB組成のペロブスカイト型酸化物とすることができる。

【0073】

第3成分としては、具体的には、Aサイト元素は、La, Ca, Sb, Bi, Si, Sr等が挙げられ、Bサイト元素は、Nd, Nb, Ta, Cr, Fe, Sc等が挙げられる。

10

【0074】

例えば、第三成分としては $SrTiO_3$ が挙げられる。 $SrTiO_3$ は $TF = 1.002$ でほぼ 1.0 ($0.97 \sim 1.01$ の範囲内) にあるので、 $BaTiO_3$ と $BiFeO_3$ とに $SrTiO_3$ を添加することで、添加後の全体のTFを $0.97 \sim 1.01$ とすることができる。第三成分の好ましいものとしては、 $SrTiO_3$ 以外に $CaTiO_3$ が挙げられる。

【0075】

Aサイト及びBサイトにドーパントを添加することにより、電気特性が良好になることが知られている。ドーパントとして好ましい元素としては、既に述べたNbやMnの他、Mg, Ca, Sr, Ta, W, 及びLn (=ランタニド元素(La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, 及びLu))等の金属イオンが挙げられる。また、第3成分を構成する元素に一部が各サイトのドーパントとして機能してもよい。

20

【0076】

また、 $BiFeO_3$ はキュリー温度の高い材料として知られている。従って、一般式(PX)において、 $BiFeO_3$ の組成が多くなるほど、圧電体20pのキュリー温度は高くなる。従って、高温雰囲気下での使用の可能性も高くなり、タイヤ内の使用環境においても熱安定性に優れるものとなる。

【0077】

上記ペロブスカイト型酸化物の相構造は、 $BaTiO_3$ 、 $BiFeO_3$ 、第3成分の3成分が共存した3相混晶構造になる場合もあるし、 $BaTiO_3$ 、 $BiFeO_3$ 、及び第3成分が完全固溶して1つの相になる場合もあるし、その他の構造もあり得る。

30

【0078】

また、第3成分の結晶系は立方晶系又は疑立方晶系である態様が好ましい。圧電体20pが、上記第1～第3成分の3相混晶構造であるペロブスカイト型酸化物は、発明者が特開2007-116091号にて提案している電界誘起相転移の系に有効な材料であり、高い圧電性能が得られることを見出している。

【0079】

上記 $BaTiO_3$ 、 $BiFeO_3$ を含みMPB組成近傍の組成とすることにより、圧電体20pは、上記式(3)及び式(4)を満足する、d定数及びg定数の双方が高い圧電体とすることができます。

40

【0080】

以上述べたように、圧電体20pはd定数及びg定数の双方が高い圧電体である。従つて、圧電体20pを含む圧電コンポジット20a, bはd定数及びg定数のいずれも高く、発電性能に優れた材料となる。

【0081】

タイヤ内電力発生装置2は、走行中のタイヤに生じる歪みから電荷を発生させる圧電部を備えており、圧電部に、上記一般式(PX)で表される組成を有するペロブスカイト型酸化物からなる(不可避不純物を含んでもよい)無機圧電体を用いている。かかるペロブスカイト型酸化物は、本発明者らが非鉛系ペロブスカイト型酸化物において、高い圧電性

50

能 (d 定数) を有するための材料設計手法を発明し、非鉛系ペロブスカイト型酸化物において初めて、鉛系ペロブスカイト型酸化物とほぼ同等の高い圧電性能を有する組成として見出したものである。従って、本発明によれば、高い発電能力を有する非鉛系タイヤ内電力発生装置 2 及び該装置を用いたタイヤモニタリングシステム 1 を提供することができる。

【0082】

また、本発明らは、上記材料設計において、d 定数及び g 定数双方の大きさ、及びそのバランスの優れた組成を見いだした。電力発生装置の発電能力の性能指標は、d 定数と g 定数の積で表されることから、d 定数だけでなく g 定数も高いことが好ましい。従って、かかるペロブスカイト型酸化物からなる無機圧電体（不可避不純物を含んでもよい）を用いることにより、d 定数及び g 定数の双方の大きさの優れた、これまでにない高性能なタイヤ内電力発生装置 2 とすることができる。

【0083】

上記した圧電体 20 p, 及び圧電コンポジット 20 a, b は、センサ 3 の圧電部 30 としても好適である。センサ 3 は歪センサとして機能することから、より g 定数の高い組成とすることが好ましい。また、上記圧電体 20 p 及び圧電コンポジット 20 a, b は、d 定数、g 定数ともに優れた組成とすることができます。従って、電極及び圧電部を、タイヤ内電力発生装置 2 とセンサ 3 とを同一のものとすることも可能であり、製造上の簡易性の点でも好ましい。

【0084】

「設計変更」

上記実施形態において、センサ 3 はタイヤの歪をセンシングするものについて述べたが、感知する特性はこれに制限されない。例えば、温度、タイヤの回転数、車両速度等の特性が上げられる。

【0085】

また、タイヤ内電力発生装置 2 が基板上に備えられた態様について説明したが、それに限られるものではない。

【0086】

また、1 - 3 連結性及び 0 - 3 連結性の圧電コンポジットについて説明したが、その連結性は、求められる性能に応じて適した連結性を選べばよい。連結性による性能の違いについては上記した日本セラミックス協会編の文献をはじめとする圧電コンポジットに関する文献に記載されている。

【符号の説明】

【0087】

1 タイヤモニタリングシステム

2 タイヤ内電力発生装置

3 センサ

4 コントローラ

5 無線周波数装置

20, 30 圧電部（高分子複合圧電体、圧電コンポジット）

20 p 圧電体

20 m 高分子マトリックス

21, 22, 31, 32 電極

23 エネルギー蓄積部

100 タイヤ

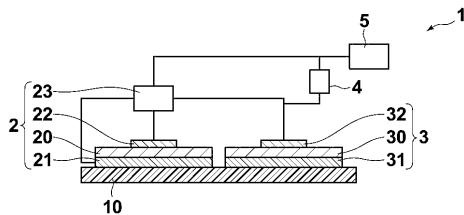
10

20

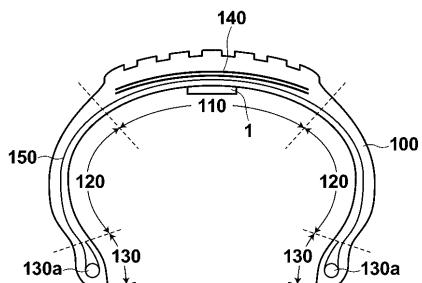
30

40

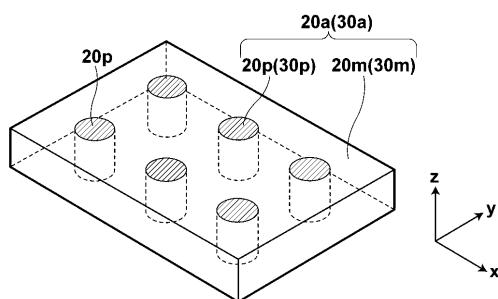
【図1A】



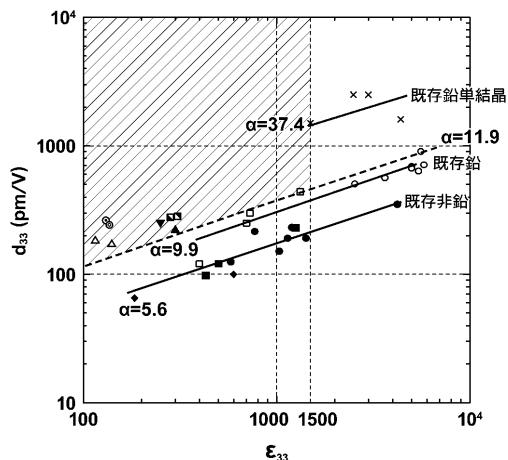
【図1B】



【図2A】

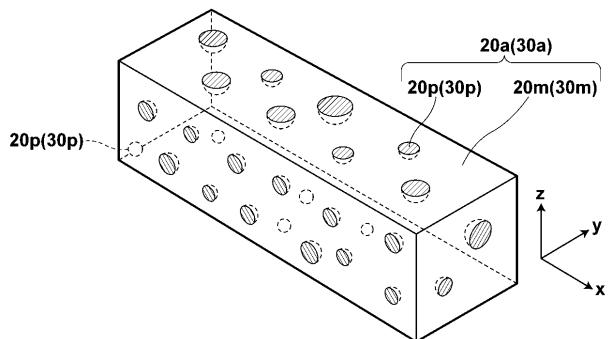


【図3】

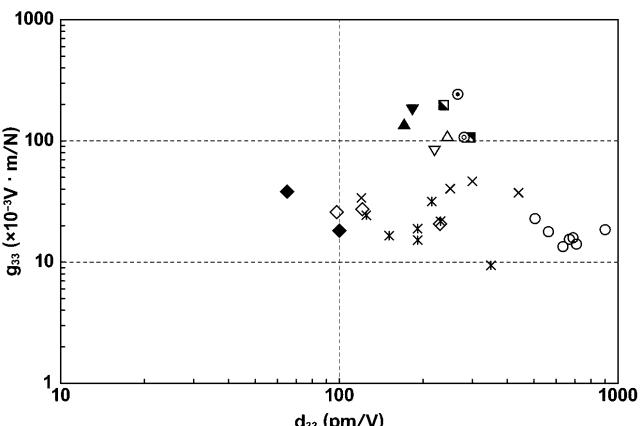


- ▲ $(\text{Ba}_{0.22}\text{Bi}_{0.78})(\text{Ti}_{0.17}\text{Fe}_{0.79}\text{Mn}_{0.04})\text{O}_3$ (STO基板)
- △ $(\text{Ba}_{0.22}\text{Bi}_{0.78})(\text{Ti}_{0.17}\text{Fe}_{0.79}\text{Mn}_{0.04})\text{O}_3$ (Si基板)
- ▼ $(\text{Ba}_{0.3}\text{Bi}_{0.7})(\text{Ti}_{0.29}\text{Fe}_{0.66}\text{Mn}_{0.05})\text{O}_3$ (STO基板)
- ▽ $(\text{Ba}_{0.3}\text{Bi}_{0.7})(\text{Ti}_{0.29}\text{Fe}_{0.66}\text{Mn}_{0.05})\text{O}_3$ (Si基板)
- ◎ $(\text{Ba}_{0.15}\text{Bi}_{0.8}\text{Sr}_{0.05})(\text{Ti}_{0.19}\text{Fe}_{0.76}\text{Mn}_{0.05})\text{O}_3$ (STO基板)
- ◎ $(\text{Ba}_{0.15}\text{Bi}_{0.8}\text{Sr}_{0.05})(\text{Ti}_{0.19}\text{Fe}_{0.76}\text{Mn}_{0.05})\text{O}_3$ (Si基板)
- $(\text{Ba}_{0.2}\text{Bi}_{0.8})(\text{Ti}_{0.15}\text{Fe}_{0.75}\text{Nb}_{0.05}\text{Mn}_{0.05})\text{O}_3$ (STO基板)
- $(\text{Ba}_{0.2}\text{Bi}_{0.8})(\text{Ti}_{0.15}\text{Fe}_{0.75}\text{Nb}_{0.05}\text{Mn}_{0.05})\text{O}_3$ (Si基板)

【図2B】

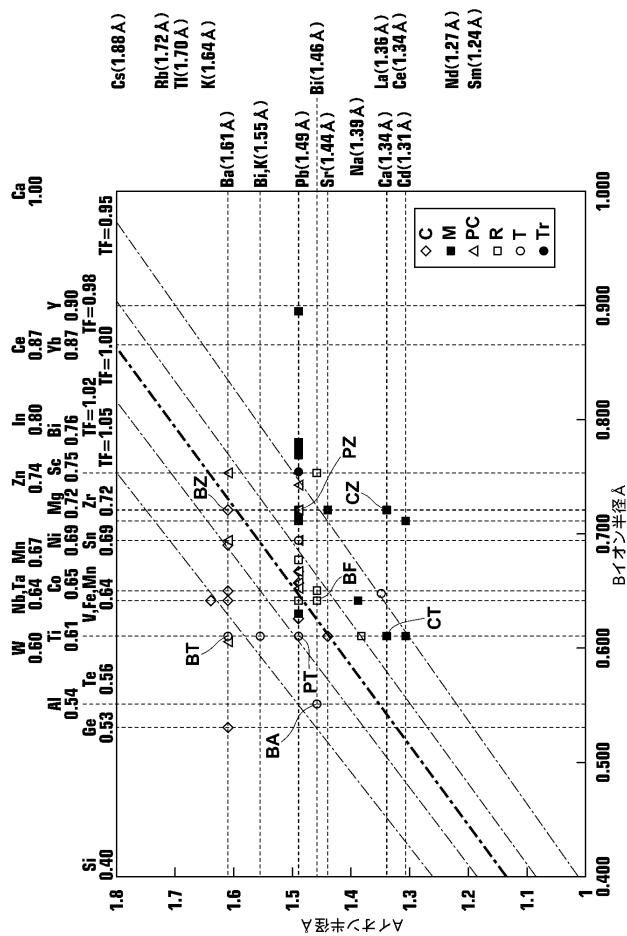


【図4】

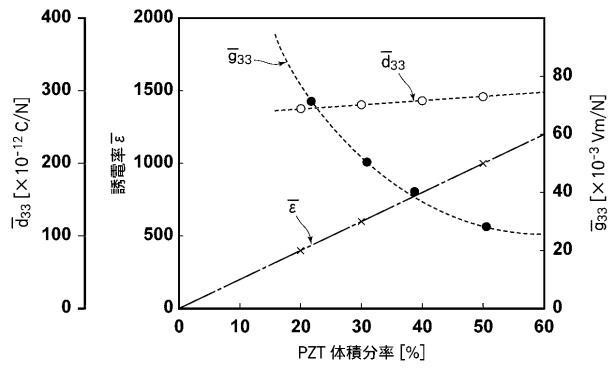


- * 非鉛セラミクス2-4系
- ◇ 非鉛セラミクス1-5系
- ◆ 非鉛膜
- 鉛系セラミクス
- × 鉛系膜
- ▲ $(\text{Ba}_{0.22}\text{Bi}_{0.78})(\text{Ti}_{0.17}\text{Fe}_{0.79}\text{Mn}_{0.04})\text{O}_3$ (STO基板)
- △ $(\text{Ba}_{0.22}\text{Bi}_{0.78})(\text{Ti}_{0.17}\text{Fe}_{0.79}\text{Mn}_{0.04})\text{O}_3$ (Si基板)
- ▼ $(\text{Ba}_{0.3}\text{Bi}_{0.7})(\text{Ti}_{0.29}\text{Fe}_{0.66}\text{Mn}_{0.05})\text{O}_3$ (STO基板)
- ▽ $(\text{Ba}_{0.3}\text{Bi}_{0.7})(\text{Ti}_{0.29}\text{Fe}_{0.66}\text{Mn}_{0.05})\text{O}_3$ (Si基板)
- ◎ $(\text{Ba}_{0.15}\text{Bi}_{0.8}\text{Sr}_{0.05})(\text{Ti}_{0.19}\text{Fe}_{0.76}\text{Mn}_{0.05})\text{O}_3$ (STO基板)
- ◎ $(\text{Ba}_{0.15}\text{Bi}_{0.8}\text{Sr}_{0.05})(\text{Ti}_{0.19}\text{Fe}_{0.76}\text{Mn}_{0.05})\text{O}_3$ (Si基板)
- $(\text{Ba}_{0.2}\text{Bi}_{0.8})(\text{Ti}_{0.15}\text{Fe}_{0.75}\text{Nb}_{0.05}\text{Mn}_{0.05})\text{O}_3$ (STO基板)
- $(\text{Ba}_{0.2}\text{Bi}_{0.8})(\text{Ti}_{0.15}\text{Fe}_{0.75}\text{Nb}_{0.05}\text{Mn}_{0.05})\text{O}_3$ (Si基板)

【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
B 6 0 C 23/04 (2006.01)	B 6 0 C 23/04	H
	B 6 0 C 23/04	N