

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 7 部門第 1 区分  
 【発行日】平成 17 年 7 月 21 日 (2005.7.21)

【公開番号】特開 2002-190218 (P2002-190218A)  
 【公開日】平成 14 年 7 月 5 日 (2002.7.5)  
 【出願番号】特願 2000-390069 (P2000-390069)  
 【国際特許分類第 7 版】

H 0 1 B 13/00

G 0 1 N 27/92

【F I】

H 0 1 B 13/00 C

G 0 1 N 27/92 B

【手続補正書】

【提出日】平成 16 年 11 月 26 日 (2004.11.26)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】同軸状可撓性圧電体ケーブルの欠陥検出装置、検出方法及び製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】芯電極周囲に同軸状可撓性圧電体を形成した圧電体チューブの外周面と接する検査用電極手段と、前記圧電体チューブを巻き取る巻取手段と、前記検査用電極手段と前記芯電極に接続された電圧印加手段とから成る同軸状可撓性圧電体チューブの欠陥検出装置。

【請求項 2】芯電極周囲に同軸状可撓性圧電体を形成した圧電体チューブと、前記圧電体チューブを巻き取る巻取手段と、検査用電極手段と前記芯電極に接続された電圧印加手段とから成り、前記圧電体チューブは、その外周面と前記検査用電極手段の間で摩擦を生じて移動する同軸状可撓性圧電体チューブの欠陥検出装置。

【請求項 3】検査用電極手段が、導電性フッ素樹脂から成る請求項 1 または 2 記載の同軸状可撓性圧電体チューブの欠陥検出装置。

【請求項 4】検査用電極手段が、フッ素樹脂とカーボン粒子から成る請求項 3 記載の同軸状可撓性圧電体チューブの欠陥検出装置。

【請求項 5】検査用電極手段が、導電性液体から成る請求項 1 または 2 記載の同軸状可撓性圧電体チューブの欠陥検出装置。

【請求項 6】検査用電極手段が、導電性水から成る請求項 5 記載の同軸状可撓性圧電体チューブの欠陥検出装置。

【請求項 7】可撓性圧電体が、ゴム系樹脂とセラミック圧電体粉末とから成る請求項 1 または 2 記載の同軸状可撓性圧電体チューブの欠陥検出装置。

【請求項 8】芯電極に接続された直流電圧印加手段の極をアース電位に保持する請求項 1 または 2 記載の同軸状可撓性圧電体チューブの欠陥検出装置。

【請求項 9】芯電極周囲に同軸状可撓性圧電体を形成した圧電体チューブを巻取手段により検査用電極手段を移動させ、電圧印加手段により前記検査用電極手段と前記芯電極に電圧を印加して欠陥を検出する同軸状可撓性圧電体チューブの欠陥検出方法。

【請求項 10】請求項 9 に記載の同軸状可撓性圧電体チューブの欠陥検出方法を実施するステップと、同軸状可撓性圧電体チューブの外側電極を形成して同軸状可撓性圧電ケーブルとして完成するステップとを備えた同軸状可撓性圧電ケーブルの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は同軸状可撓性圧電ケーブルの欠陥検出装置およびその方法に関するものである。

【0002】

## 【従来の技術】

同軸状可撓性圧電ケーブルは、図4に示すように、芯電極1の周囲に同軸状可撓性圧電体2を形成した圧電体チューブ3の外表面に外側電極4を形成し、更に、その周囲に保護被覆層（図示していない）を形成して構成される。

【0003】

従来、可撓性圧電体ケーブルは、以下のようにして分極されていた。

【0004】

文献1（“圧電セラミック粉末と合成ゴムとから成る圧電複合材料、粉体と工業、22巻、1号、50-56頁、1990）では、芯電極1と外側電極4の間に高電圧を印加して、同軸状可撓性複合圧電体2を分極することが示されている。このことは、USP4、568、851にも明示されている。分極により、セラミック粒子の自発分極の方向が電界方向に揃うので、同軸状可撓性複合圧電体2に圧電性が付与される。この点で、分極は重要な役割を担っている。

【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかし、芯電極1と外側電極4の間に高電圧〔（5～10）kV/mm〕を印加したとき、同軸状可撓性複合圧電体2中に微少なクラックや空隙などの欠陥が存在する場合、その欠陥部で微少放電が生じる。この微少放電により、芯電極1や外側電極4を構成する導電材料および可撓性複合圧電体2の構成材料が熱的に蒸発、飛散して、芯電極1と外側電極4間が短絡する。その結果、芯電極1と外側電極4間に高電圧を印加できなくなるので、同軸状可撓性複合圧電体2（通常、数百m以上の長さ）を分極できなくなるという課題があった。このため、分極する前に欠陥の存在位置を特定することが望まれていた。

【0006】

また、芯電極1と外側電極4の間に高電圧を印加するまで、言い換えると、分極することを除いて、同軸状可撓性圧電ケーブルとして完成するまで欠陥の存在を検出できないので、製造が不安定になる、歩留まりが低下するという課題もあった。

【0007】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を解決するために、芯電極周囲に同軸状可撓性圧電体を形成した圧電体チューブの外周面と接する検査用電極手段と、前記圧電体チューブを巻き取る巻取手段と、前記検査用電極手段と前記芯電極に接続された電圧印加手段とから成る欠陥検出装置を提供する。

【0008】

上記発明によれば、同軸状可撓性圧電体の外周面が検査用電極手段と接触しているので、検査用電極手段は外側電極として作用する。従って、検査用電極手段と芯電極間に直流電圧印加手段により、直流電圧を同軸状可撓性圧電体に印加できる。検査用電極手段に接触している部分の同軸状可撓性圧電体（以下、被検査同軸状可撓性圧電体という）に欠陥が存在する場合、その欠陥部で微少放電が生じる。微小放電に伴い、放電電流が流れたり、音や光が発生するので、欠陥の存在を容易に検出できる。従って、欠陥が被検査同軸状可撓性圧電体に存在することを特定できる。

【0009】

## 【発明の実施の形態】

本発明の欠陥検出装置では、同軸状可撓性圧電体の外周面が検査用電極手段と接触しているので、検査用電極手段は外側電極として作用する。従って、検査用電極手段と芯電極

間に直流電圧印加手段により、直流電圧を同軸状可撓性圧電体に印加できる。

【0010】

微少な欠陥が被検査同軸状可撓性圧電体に含まれるとき、その欠陥部で微少放電が生じる。微小放電に伴い、放電電流が流れたり、音や光が発生するので、欠陥部が被検査同軸状可撓性圧電体に存在する検出できる。

【0011】

また検査用電極手段が導電性フッ素樹脂から構成される。この導電性フッ素樹脂の摩擦抵抗は低いので、被検査同軸状可撓性圧電体が検査用電極手段と接触して移動するとき、被検査同軸状可撓性圧電体を滑らかに巻き取ることができる。

【0012】

また検査用電極手段がフッ素樹脂とカーボン粒子から構成される。カーボン粒子は導電性を有すると共に低摩擦性であるので、同軸状可撓性圧電体を滑らかに巻き取ることができる。

【0013】

また検査用電極手段が導電性液体から構成される。従って、被検査同軸状可撓性圧電体の外周面と導電性液体の密着性に優れるのみならず両者の摩擦を最も小さくできる。

【0014】

また検査用電極手段が導電性水から構成される。同軸状可撓性圧電体の外周面に接触した後、導電性水から成る検査用電極手段から離脱した後、同外周面に付着しても、熱的に容易に蒸発するので、簡単に除去できる。

【0015】

また可撓性圧電体がゴム系樹脂とセラミック圧電体粉末とから構成される。ゴム系樹脂は弾性に富むので、可撓性圧電体が検査用電極手段と密着し易い。

【0016】

また芯電極に接続された直流電圧印加手段の極をアース電位に保持している。従って、芯電極に人体が触れても感電することなく安全性を保つことができる。

【0017】

さらに本発明は、芯電極周囲に同軸状可撓性圧電体を形成した圧電体チューブを巻取手段により検査用電極手段を移動させ、電圧印加手段により前記検査用電極手段と前記芯電極に電圧を印加して欠陥を検出する同軸状可撓性圧電体チューブの欠陥検出方法であり、圧電体チューブが検査用電極手段を経て巻取手段により巻き取られているとき、圧電体チューブの芯線と検査用電極手段間に直流電圧を印加する過程を経て欠陥が検出される。圧電体チューブは連続的に巻き取られている過程で、芯線と検査用電極手段間に直流電圧が印加できるので、欠陥が連続的に検出できる。

【0018】

【実施例】

以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。

【0019】

(実施例1)

図1(a)は本発明の実施例1の同軸状可撓性圧電体欠陥検出装置の構成を示す外観見取図である。芯電極1に対して同軸状に可撓性圧電体2を形成して、圧電体チューブ3が構成される。芯電極1として、コイル状金属線や金属細線を束ねた線などが用いられる。可撓性圧電体2として、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、クロロブレン樹脂、塩素化ポリエチレン樹脂などの高分子母材に、チタン酸ジルコン酸鉛などのセラミック圧電体粉末を添加した複合圧電体やPVD Fなどの高分子圧電体を用いられる。

【0020】

圧電体チューブ3は、検査用電極手段5を経て、回転ドラム6から成る巻取手段に巻付けられる。このとき、同軸状可撓性圧電体2の外周面は検査用電極手段5に接触している。検査用電極手段5はリード線7を介して直流電圧発生手段8の一方の極に、また、芯電極1はリード線7'を介して直流電圧発生手段8の他の極に、それぞれ接続される。なお

、図 1 では、回転ドラム 6 に巻き付けられた圧電体チューブ 3 は、黒太線で示してあり、また、その巻付け方向を矢印で示している。

【 0 0 2 1 】

検査用電極手段 5 と芯電極 1 間に直流電圧印加手段 8 により、直流電圧が被検査同軸状可撓性圧電体に印加される。このとき、被検査同軸状可撓性圧電体に欠陥が存在する場合、その欠陥部で微小放電が生じる。微小放電に伴い、放電電流が流れたり、音や光が発生するので、欠陥の存在を容易に検出できる。従って、欠陥が被検査同軸状可撓性圧電体中存在することを特定できる。また、圧電体チューブ 3 が検査用電極手段 5 を経て回転ドラム 6 により巻きとられているときに、直流電圧を被検査同軸状可撓性圧電体に印加できるので、連続的に欠陥を検出できる。

【 0 0 2 2 】

同軸状可撓性圧電体 2 の外周面は検査用電極手段 5 に密着して接触ながら、一方では回転ドラム 6 により巻き取られている。従って、この外周面は検査用電極手段 5 と摩擦しつつ、巻き取られる方向に移動するので、検査用電極手段 5 として、摩擦抵抗の小さな導電性フッ素樹脂であることが好ましい。同軸状可撓性圧電体 2 の外周面が滑らかに巻き取られることができるからである。導電性フッ素樹脂は、例えば、4 フッ化エチレンにカーボン粒子や銀粒子を添加することにより形成できるが、カーボン粒子を添加することが好ましい。カーボン粒子は導電性を有するのみならず、摩擦抵抗も小さいからである。

【 0 0 2 3 】

また、検査用電極手段 5 として、導電性液体もまた好ましい。液体であるので、同軸状可撓性圧電体 2 の外周面は検査用電極手段 5 に密着し易く、また、両者の間の摩擦抵抗も最小にできるからである。導電性液体として、ガリウム、インジウムなどの低融点金属溶液あるいは水道水のような導電性水がある。しかし、低融点金属溶液は同軸状可撓性圧電体 2 の外周面に付着し易く、いったん付着すると物理的に剥離する以外に有効な除去手段が無い点で不利である。他方、導電性水は、たとえ同軸状可撓性圧電体 2 の外周面に付着しても、熱的に容易に蒸発するので、簡単に除去できる点で優れている。

【 0 0 2 4 】

欠陥検出作業の安全性を確保するために、検査用電極手段 5 を直流電圧印加手段 8 の正極または負極に接続し、芯電極 1 をアースに接続することが望ましい。直流電圧部は検査用電極手段 5 およびリード線 7 などに限定されるので、これらの部分のみを外界から分離することにより、人体が直流電圧部に接触する可能性を容易に低減できる。他方、芯電極 1 を直流電圧印加手段 10 の正極または負極に接続した場合、芯電極 1 が高電圧に保持されるので、欠陥検出装置全体に直流電圧部が存在する。従って、人体が高電圧部に接触する可能性が大きくなる。

【 0 0 2 5 】

( 実施例 2 )

図 2 は本発明の実施例 2 の同軸状可撓性圧電体欠陥検出装置の構成を示す外観見取図である。

【 0 0 2 6 】

第 1 着色手段 9 が検査用電極手段 5 の前に配置され、また、第 2 着色手段 10 が検査用電極手段 5 の後ろに配置されている。欠陥部で発生する微小放電に伴う放電電流または音や光により、欠陥が検出されたとき、第 1 着色手段 9 と第 2 着色手段 10 を動作させて、被検査同軸状可撓性圧電体の前後の部分着色できる。従って、欠陥の存在する部分を視覚的に明確に特定できる。

【 0 0 2 7 】

( 実施例 3 )

図 3 は本発明の実施例 3 の同軸状可撓性圧電体欠陥検出装置の構成を示す外観見取図である。

【 0 0 2 8 】

電流検出手段 11 が芯電極 1 と直流電圧印加手段 8 間に設けられ、電流判定手段 12 が

電流検出手段 11 に接続される。また、第 1 着色手段 9、第 2 着色手段 10 および電流スイッチ手段 13 が電流判定手段 12 に接続される。第 1 着色手段 9、第 2 着色手段 10 および電流スイッチ手段 13 は、電流判定手段 12 の電流判定信号に応じて、それぞれ、オン・オフする。

【0029】

前述したように、同軸状可撓性圧電体 2 中に微少な欠陥が含まれ、その部分が検査用電極手段 5 と接触しているとき、欠陥部で微少な放電生じる。このとき、放電電流が、芯電極 1 と検査用電極手段 5 と間に流れる。欠陥が含まれていない場合でも僅かな定常電流は、常時、流れるが、この放電電流は、定常電流よりも一桁以上大きい。従って、電流値によって、欠陥に起因する放電が生じたかどうかを判定できる。

【0030】

電流判定手段 12 は、電流検出手段 11 により検出された電流値が所定の値以上であるかどうかを判定して、例えば、所定値以上の場合にのみ、一定の電流判定信号を出力する。このように、一定の電流判定信号を放電発生に対応できる。出力された一定の電流判定信号が第 1 着色手段 9、第 2 着色手段 10 および電流スイッチ手段 13 に入力されたとき、第 1 着色手段 9、第 2 着色手段 10 およびスイッチ 13 を、それぞれ、駆動する。従って、放電が発生したとき、可撓性圧電体 2 の表面を第 1 着色手段 9 と第 2 着色手段 10 により着色できると共に電流スイッチ手段 13 をオフできる。これにより、欠陥の存在する範囲を自動的に特定できると共に過電流による直流電圧印加手段 8 の破損も自動的に防止できる。

【0031】

また、電流スイッチ手段 13 がオフになって以後に、第 1 着色手段 9 により着色された圧電体チューブ表面が検査用電極手段 5 を離脱したとき、電流スイッチ手段 13 をオンにすることにより、欠陥検査を再び開始できる。このとき、被検査同軸状可撓性圧電体に欠陥が存在しなければ、電流判定手段 12 からの一定の電流判定信号は出力されないの、オフ状態にあった電流スイッチ手段 13 をオン状態に復帰させることは、コイルの電磁力の利用により容易にできる。

【0032】

なお、可撓性圧電体 2 として、前述したように種々の材料が用いられるが、ゴム系樹脂にチタン酸ジルコン酸鉛などのセラミック圧電体粉末を添加した複合圧電体が優れている。ゴム系樹脂として、塩素化ポリエチレン樹脂やクロロプレン樹脂が用いられる。この種複合圧電体は、弾性に富むので、可撓性圧電体 2 が検査用電極手段 5 に密着し易いからである。

【0033】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、検査用電極手段に接触する可撓性圧電体部に微少な欠陥が含まれる場合、欠陥の存在する範囲を検出できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施例 1 における欠陥検出装置の構成を示す外観見取図

【図 2】

本発明の実施例 2 における欠陥検出装置の構成を示す外観見取図

【図 3】

本発明の実施例 3 における欠陥検出装置の構成を示す外観見取図

【図 4】

従来の同軸状可撓性圧電素子の構成を示す外観斜視図

【符号の説明】

- 1 芯電極
- 2 同軸状可撓性圧電体
- 3 圧電体チューブ

- 5 検査用電極手段
- 6 回転ドラム
- 7 リード線
- 7' リード線
- 8 直流電圧印加手段
- 9 第1着色手段
- 10 第2着色手段
- 11 電流検出手段
- 12 電流判定手段
- 13 電流スイッチ手段