

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5386080号
(P5386080)

(45) 発行日 平成26年1月15日(2014. 1. 15)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013. 10. 11)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 C 7/00 (2006.01)	H O 1 C 7/00 A
H O 1 C 17/24 (2006.01)	H O 1 C 17/24 C

請求項の数 8 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2007-330388 (P2007-330388)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成19年12月21日(2007. 12. 21)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2009-152464 (P2009-152464A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成21年7月9日(2009. 7. 9)	(74) 代理人	110000350
審査請求日	平成22年11月15日(2010. 11. 15)		ポレール特許業務法人
(出願人による申告) 平成19年度、文部科学省、電子ビームの高輝度化・単色化に関する要素技術の開発(高分解能観察と環境要因に関する研究)委託事業、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願		(72) 発明者	原田 研
前置審査			埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会社日立製作所 基礎研究所内
		(72) 発明者	酒巻 稔
			茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 那珂事業所内
		(72) 発明者	松井 功
			埼玉県和光市広沢2番1号 独立行政法人理化学研究所内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 厚膜抵抗体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

絶縁基板と、前記絶縁基板に設けられた一对の電極導体と、前記一对の電極導体間の前記絶縁基板上に配設された屈曲する抵抗体とを有し、

前記屈曲する抵抗体は、所定の膜厚と線幅を有し、前記抵抗体への通電時に生じる配線平面上的電位勾配を均一ならしめるパターン形状を周期的に繰り返してなり、

前記所定のパターン形状は、第1の直線部と第2の直線部と第3の直線部とが連続して接続された1組のパターンからなり、

前記第1の直線部は、前記一对の電極導体間を最短距離にて結ぶ第1の方向と反時計回りの方向に角度 θ をなし、

前記第2の直線部は、前記第1の直線部の一端に接続され前記第1の方向と平行をなし、

前記第3の直線部は、前記第2の直線部の他端に接続され前記第1の方向と反時計回りの方向に角度 $\pi - \theta$ をなし、

前記所定の線幅を t とし、前記第2の直線部の長さを d とする時、下記の式(2)の関係を満たす形状を成すことを特徴とする厚膜抵抗体。

$$\text{式(2)}: t/d = (1 - \cos \theta) \sin \theta$$

【請求項2】

絶縁基板と、前記絶縁基板に設けられた一对の電極導体と、前記一对の電極導体間の前記絶縁基板上に配設された屈曲する抵抗体とを有し、

10

20

前記屈曲する抵抗体は、所定の膜厚と線幅を有し、前記抵抗体への通電時に生じる配線平面上の電位勾配を均一ならしめるパターン形状を周期的に繰り返してなり、

前記所定のパターン形状は、第1の直線部と円弧部と第2の直線部とが連続して接続された1組のパターンからなり、

前記第1の直線部は、前記一对の電極導体間を最短距離にて結ぶ第1の方向と角度 θ をなし、

前記円弧部一端は、前記第1の直線部の一端に接線で接続され、

前記第2の直線部は、前記円弧部の他端に接線で接続され前記第1の方向と反時計周りの方向に角度 $\pi - \theta$ をなし、

前記所定の線幅を t とし、前記円弧部の半径を r とし、前記円弧の一端と他端を結ぶ最短距離を d する時、

下記の式(3)の関係を満たす形状を成すことを特徴とする厚膜抵抗体。

$$\text{式(3)} : t / d = \sin \theta - \theta \cos \theta$$

【請求項3】

前記屈曲する抵抗体の一部に、抵抗値調整のためのトリミング加工を行う抵抗体を備えることを特徴とする請求項1に記載の厚膜抵抗体。

【請求項4】

前記一对の電極導体の間に設けられた別の電極導体を有し、

前記一对の電極導体の一方と前記別の電極導体の片側との間に、前記式(2)を満たす前記所定のパターン形状が配置され、

前記一对の電極導体の他方と前記別の電極導体の他の片側との間に抵抗値調整のためのトリミング加工する抵抗体が設けられていることを特徴とする請求項1に記載の厚膜抵抗体。

【請求項5】

前記屈曲する抵抗体に電流が流れたときに発生する前記電位勾配の等電位線に沿うように前記所定のパターン形状の一部に、一端が前記抵抗体に電氣的に接続され他端が前記抵抗体に接続されないでフローティング状態であって前記抵抗体中の電導に寄与しない抵抗体、もしくは電導に寄与しない導電体が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の厚膜抵抗体。

【請求項6】

前記屈曲する抵抗体の一部に、抵抗値調整のためのトリミング加工を行う抵抗体を備えることを特徴とする請求項2に記載の厚膜抵抗体。

【請求項7】

前記一对の電極導体の間に設けられた別の電極導体を有し、

前記一对の電極導体の一方と前記別の電極導体の片側との間に、前記式(3)を満たす前記所定のパターン形状が配置され、

前記一对の電極導体の他方と前記別の電極導体の他の片側との間に抵抗値調整のためのトリミング加工する抵抗体が設けられていることを特徴とする請求項2に記載の厚膜抵抗体。

【請求項8】

前記屈曲する抵抗体に電流が流れたときに発生する前記電位勾配の等電位線に沿うように前記所定のパターン形状の一部に、一端が前記抵抗体に電氣的に接続され他端が前記抵抗体に接続されないでフローティング状態であって前記抵抗体中の電導に寄与しない抵抗体、もしくは電導に寄与しない導電体が形成されていることを特徴とする請求項2に記載の厚膜抵抗体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子部品を形成する厚膜抵抗体、およびその配線パターンに関する。

【背景技術】

【0002】

厚膜抵抗体はチップ抵抗器、抵抗ネットワーク、ハイブリッドICなどの電子部品に広く用いられているだけでなく、電子顕微鏡など荷電粒子線装置の高圧電源、定電流電源などにおいても高電圧の分割抵抗器として一般に用いられている。厚膜抵抗体は外形上大別して丸棒型と平板型の2種であるが、丸棒型では絶縁棒の円柱の表面上、平板型では絶縁基板の片面上に、抵抗ペースト材がある配線パターンを形成している。いずれの抵抗体でも、使用するペースト材の抵抗率と、ペースト材焼成後の線材の厚さ、幅、長さの幾何学的サイズを設計し、焼成後のトリミング加工などにより最終抵抗値をコントロールしている点は同じである。高電圧装置に用いられる厚膜抵抗体では、高電圧印加状態で使用されることが多く、基本的には抵抗線の隣り合う線間距離が絶縁性能を決める。そのため、線間距離は広い方が望ましいが、抵抗体のサイズ、抵抗ペースト材を塗布できる面積には限りがあるため、ペースト材の抵抗率を選択しつつ、抵抗線の幾何学的サイズと共に総合的に判断、設計されている。さらに高電圧印加時に突発的に発生する高パルス電圧に対する耐久性確保のための対策などは、抵抗線のパターン形状を含めて検討されている（特許文献1参照）。

10

【0003】

【特許文献1】特開2007-142240号公報

【特許文献2】特開平06-37252号公報

【特許文献3】特開平09-97707号公報

【特許文献4】特開2002-8902号公報

20

【特許文献5】特開平11-150011号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

実装されている抵抗体は大別して前記丸棒型と平板型の2種であるが、いずれも線材の幾何学的サイズによって抵抗値をコントロールすることと、線材間距離によって絶縁性能を確保すること以外には、抵抗線の配線パターンに関しては大きな注意は払われていない。

【0005】

しかし、最終抵抗値の精度確保、電流ノイズの改善などに関しては、抵抗パターンが焼成された後に実施されるトリミング加工において、いろいろな検討が成されている。例えば、L字型、U字型のトリミング加工（特許文献2、3を参照）や、トリミング加工終端を抵抗パターン外に施す方法（特許文献4を参照）、トリミング加工後のアニールと補助的再トリミングの実施法（特許文献5を参照）などである。これらは皆、最終抵抗値の精度確保、電流ノイズの改善などに関して、トリミング加工の方法について検討が加えられている程度である。

30

【0006】

図1は、従来の平板型厚膜抵抗体の配線形状を示す模式図である。絶縁基板（011）上に対向するように形成された一对の電極導体（012）を、抵抗線（021）が九十九折（つづらおり）状に結んでいる。均一な抵抗率を持ち、均一な厚み、均一な線幅にて抵抗線は形成されるため、抵抗線への通電に起因して発生する電圧降下による電位差は測定する2点間の抵抗線の長さに比例し、屈曲部の内側の対向する線間で小さく、外側で大きくなる。そのため、抵抗線の配された平面上に発生する電位勾配は、抵抗線の折り曲げ方向に依存して緩急が交互に入れ替わっている。なお、図1では作図の都合上、配線は直線を折り曲げて描いているが、電子部品である以上、配線はいたずらに頂点を作らぬよう滑らかに製作されている。作図に関するこれと同種の省略は以降の図においても同様である。

40

【0007】

図2に、抵抗線の配された平面上の等電位線を模式的に示す。電位勾配の急峻な抵抗線の屈曲部外側で等電位線（041）の間隔が狭くなっている。絶縁性能はこの部分が最も

50

高くなければならない。このような抵抗体中の電位勾配の不均一は、高い絶縁性能を要求する上、抵抗体周囲の電位分布、浮遊容量の揺らぎなどにも敏感に影響を受ける可能性があり、ノイズ特性などにおいても良い影響を与えるものではない。

【0008】

そこで本発明では、厚膜抵抗体の絶縁性能向上、安定度向上、対ノイズ特性の向上などを可能とする抵抗線の幾何学的形状・配線パターン、およびその厚膜抵抗体を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明においては、絶縁基板上に一定の厚さと均一な抵抗率を持つ線材が、交互に異なる側に屈曲を繰り返し九十九折状の形状を成すとき、その線材の線幅、屈曲の角度、屈曲の頂点部分の間隔を適切に選ぶことによって、線材が配された平面上の電位勾配を一定にする。

10

【0010】

また、絶縁基板上に形成された対向する一对の電極導体間を接続する抵抗線が、前記適切な抵抗線の線幅、屈曲の角度、屈曲の頂点部分の間隔を成すパターンである厚膜抵抗体であるとき、抵抗線が配された平面上の電位勾配に不均一がなく、一定の電位勾配で両電極間の電位が保たれる。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、電位勾配を均一化した配線パターンを設計することが可能となる。これによって、絶縁性能のみならず、抵抗体周囲の電位分布、浮遊容量の揺らぎなどにも良好なる安定性を持ち、ノイズ特性の優れた厚膜抵抗体を形成することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下に、図面を用いて実施例を詳細に説明する。

<配線パターン>

一定の厚さと均一な抵抗率を持つ配線材料で構成され、その配線が両電極導体間を最短距離で結ぶ直線に沿う方向（平均的な電位勾配の方向）と交互に角度（ θ ）を成し、屈曲の頂点部分には長さ（ d ）の前記直線と平行な直線を有し、線幅を（ t ）とし、これらのパラメータが式（1）の関係を満たすとき、線材が配された平面上の電位勾配には不均一がなく、一定の電位勾配で両電極間の電位が保たれる。

30

【0013】

【数1】

$$\frac{t}{d} = (1 - \cos \theta) \sin \theta \quad \cdots \text{式(1)}$$

これらのパラメータの関係を図3に示す。式（1）で表される関係は平面上で幾何学的に一意に定まるものであるから、抵抗率も線材の厚さもパラメータとして現れない。さらに、パターンの周期性が保たれていれば、その周期の大小には依存しない。そのため、一定の厚さを持ち抵抗率が均一な線材であれば、式（1）は抵抗率ゼロの超伝導体を除きどんな材料にでも成立する。

40

【0014】

ここで、以下に、図8Aを用いて式（1）の導出を説明する。

【0015】

図3もしくは図8Aのような抵抗線パターンに電流が流れるとき、電圧降下により抵抗線各点での電位が変化する（電流の流れる方向に下がる）。これに伴い空間電位には勾配が生じる。流れる電流量が一定（ I ）の場合、その電圧降下の度合い（ V ）は、2点間の抵抗値（ R ）に比例する。電圧（ V ）、抵抗（ R ）、抵抗線の長さ（ l ）は、式（3）のごとく1次の関係にあるため、図8Aに示すごとく配線中にA、B、Cの3点を定めたとき、空間的な電位勾配は、選んだ2点間の配線パターンに沿った長さ（ l ）と2点間の空

50

間距離（直線距離）（D）との比で定まる。すなわち、下記の条件式（2）が成立するとき、空間的電位勾配が均一となる。なお、上記長さを示す記号 l は、英小文字のエルである。

【0016】

【数2】

$$\frac{l_{AB}}{D_1} = \frac{l_{BC}}{D_2} \quad \dots \text{条件式(2)}$$

【0017】

【数3】

$$V = IR = \frac{\rho l}{S} I \quad \dots \text{式(3)}$$

以下、図8A中に記載のパラメータ（L、aなど）を用いて抵抗線の長さ、空間距離を表すと、

【0018】

【数4】

$$\left. \begin{aligned} l_{AB} &= 2a + d \\ l_{BC} &= 2(L - a) + d \end{aligned} \right\} \quad \dots \text{式(4)}$$

【0019】

【数5】

$$\left. \begin{aligned} D_1 &= 2a \cos \theta + d - \frac{t}{\sin \theta} \\ D_2 &= 2(L - a) \cos \theta + d - \frac{t}{\sin \theta} \end{aligned} \right\} \quad \dots \text{式(5)}$$

上記条件式（2）に式（4）、（5）を代入して、

【0020】

【数6】

$$\frac{2a + d}{2a \cos \theta + d - \frac{t}{\sin \theta}} = \frac{2(L - a) + d}{2(L - a) \cos \theta + d - \frac{t}{\sin \theta}} \quad \dots \text{式(6)}$$

より、式（1）を得る。

【0021】

式（1）は、Lに依存しないため周期性のみを仮定すればよく、aにも依存しないため、空間的にいたるところ（但し、二次元平面上（紙面））で均一であることを意味している）。

【0022】

また、図8Bに示す別の配線パターン形状の説明を以下にする。

【0023】

一定の厚さと均一な抵抗率を持つ配線材料で構成され、その配線が両電極導体間を最短距離で結ぶ直線に沿う方向（平均的な電位勾配の方向）と交互に角度（ θ ）を成し、屈曲の頂点部分は、図8Bに示すように半径 r の円弧をなし、前記直線と前記円弧が接線で接続され、前記円弧の一方の接点と他方の接点を結ぶ最短距離を d とし、線幅を（ t ）とした場合、これらのパラメータが式（7）の関係を満たすとき、線材が配された平面上の電位勾配には不均一がなく、一定の電位勾配で両電極間の電位が保たれる。

【0024】

10

20

30

40

【数 7】

$$\frac{t}{d} = \sin \theta - \theta \cos \theta \quad \cdots \text{式(7)}$$

ここで、以下に、図 8 B を用いて式 (7) の導出を説明する。

【0025】

前述した式 (6) において、分子の d を $\theta / \sin \theta \cdot d$ に置換すれば、式 (7) が得られる。

< 抵抗体としての実施例 1 >

図 4 A に本発明による九十九折の配線パターンを持った厚膜抵抗体の模式図を示す。平板型厚膜抵抗体は、絶縁基板 (011) 上に対向する電極導体 (012) を形成した後、スクリーン印刷によって抵抗線 (021) の配線パターンを焼成するため、スクリーン印刷のためのマスクに対して式 (1) を満足するよう設計しておけば、図 4 A のとき厚膜抵抗体を製作することに全く問題はない。

【0026】

図 4 B に抵抗線の配された平面上の等電位線の様子を示す。図 2 では抵抗線の屈曲部外側で等電位線の間隔が狭くなっていたが、図 4 B では屈曲の角度を適切に選び屈曲部外側の線間隔を広げた結果、等電位線 (041) が平行になる様子を表している。すなわち、絶縁基板面に沿った電位勾配に不均一がなく、抵抗体周囲の電位分布、浮遊容量の揺らぎなどに起因したノイズの影響を回避できることが容易に推定できる。

【0027】

また、図 2 の配線パターンにおいて、最も高い絶縁性能を必要とする屈曲部外側の線間隔が実現可能であるならば、屈曲部外側から内側へ向けて、角度 $(\pi - 2\theta)$ で線間隔を狭めて行けばよいことを意味している。このとき屈曲の内側では両側より抵抗線が互いに接近してくるため、予め屈曲外側を広く設計しておいた方が線材長を長く取ることが出来る。また、対抗する両電極導体間の電位勾配が均一になることから、局所的な電界集中を避けることができ、結果として線間の最高電界強度が下がることから、耐電圧性能が高く、突発的な高電圧の変動現象 (放電現象) などに強い抵抗体とできる。

< 抵抗体としての実施例 2 >

厚膜抵抗体においては、抵抗線に用いるペースト材料の配合、焼成温度などによって抵抗率が微妙に変化する。そのため、抵抗線の幾何学的形状の設計だけでは、最終抵抗値を高精度に所定の値に合わせることは困難であり、それを調整する方法として線材の一部の形状を機械的に修正するトリミング加工が必須の作業として存在する。トリミング加工には、一般的にレーザー照射、もしくはサンドブラストが用いられるが、いずれも抵抗体の一部を切削・除去する点に変わりはない。

【0028】

本発明による厚膜抵抗体においても、トリミング加工は実用上必須と考えられる。トリミング加工も、本発明の意図した平面上の電位分布の均一化を実現するために式 (1) を満足する形状を保持したトリミングであることが望ましいが、抵抗ペースト材の選択、焼成温度の選択、配線パターンの基本設計にて最終抵抗値におおよそ合わせておけば、トリミング加工は調整程度で済むので、従来型のトリミング法を採用しても抵抗体全体の絶縁性能やノイズ特性などに大きな影響を与えるものではない。図 5 に本発明による抵抗線パターンと従来型トリミングの領域 (031) を直列接続させた例を示す。従来型トリミングの方法は、この例に限るものではないことは言うまでも無い。

< 抵抗体としての実施例 3 >

図 6 に本発明による抵抗体とトリミングによる抵抗値の調整を目的とする抵抗体とを同一絶縁基板上に形成した例を示す。この例では、前記 2 つの抵抗体を直列接続するため、1 つの電極を両抵抗体で共有するように描いている。本発明による抵抗体と抵抗値調整のための抵抗体は、電極を分けて改めて接続しても良いし、両抵抗体を全く別の部品として製造し、合成抵抗値が所定の抵抗値になる様に複数の抵抗体を接続してもよい。このとき

、抵抗値の主たる部分は本発明による抵抗体が受け持ち、他の抵抗体は最終抵抗値への調整程度を受け持つものである。

＜抵抗体としての実施例４＞

絶縁基板面に沿った電位勾配に不均一が生じない配線パターンを維持しつつ、抵抗線に容量成分を付加することによって、ノイズへの対策を施した厚膜抵抗体の例を図７Ａおよび図７Ｂに示す。このとき、付加する配線（０２２）は前記電位勾配の均一性を損なわない様に、等電位線に沿って直線状に設計されている。そのため、この直線パターンの存在は、等電位線の揺らぎや回り込みを抑制する効果が期待され、これらの点からも安定度や対ノイズ性能の向上において有効なものと推定される。図７Ｂは、付加する配線を平行な２つの線材とした時の例で、付加する配線が容量成分を有することを明確に示すためのものである。図７Ａおよび図７Ｂでは、付加する配線として最も単純な直線を例示したが、他の形状であってもかまわない。

10

【００２９】

この図７Ａにおいて付加された配線（０２２）は、直接通電に寄与しないため構成する線材は、抵抗体と同種の抵抗材であってもかまわないし、導体であってもかまわない。また、この付加された直線配線の線幅は、電位分布に影響を与えるが、配線パターンの程度の幅であれば電位勾配に大きな影響はない。従って、条件式を変更する場合も式（１）中の線幅を与えるパラメータ（ d ）を（ $d+t$ ）へ変更した式（８）とすればよい。

【００３０】

【数８】

20

$$\frac{t}{d+t} = (1 - \cos \theta) \sin \theta \quad \cdots \text{式(8)}$$

図７Ｃは、図７Ａの抵抗体配線パターンの等価回路を模式的に表したものである。九十九折の各直線部の抵抗体に対応した抵抗（０２５）とそれに並列にコンデンサ（０２６）が配された形となる。このコンデンサの容量は、図７Ａの実施例ではかなり小さな値と推定されるが、前記電位勾配の均一性に反さない形状であれば図７Ａの限りではなく、容量を含めて別途の設計を検討することが可能である。各々のコンデンサの部分がノイズに対してフィルター作用を持つと期待されるため、対ノイズ性能の向上と、突発的な高電圧変動（放電現象）などから、抵抗体そのものを保護する効果が期待される。

30

【図面の簡単な説明】

【００３１】

【図１】従来の平板型厚膜抵抗体の模式図。

【図２】従来の平板型厚膜抵抗体への通電時の電界分布図。

【図３】通電時の電位勾配が均一となる配線パターンの説明図。

【図４Ａ】本発明の実施例１を説明する模式図。

【図４Ｂ】本発明の実施例１における通電時の電界分布図。

【図５】本発明の実施例２を説明する模式図。

【図６】本発明の実施例３を説明する模式図。

【図７Ａ】本発明の実施例４を説明する模式図。

40

【図７Ｂ】本発明の実施例４を説明する別の模式図。

【図７Ｃ】本発明の実施例４もしくは５における配線パターンの等価回路図。

【図８Ａ】実施例１で示す配線パターンの式を導出するための説明図。

【図８Ｂ】実施例１で示す別の配線パターンの式を導出するための説明図。

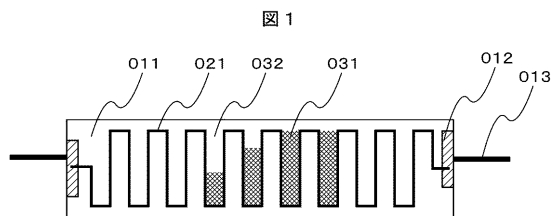
【符号の説明】

【００３２】

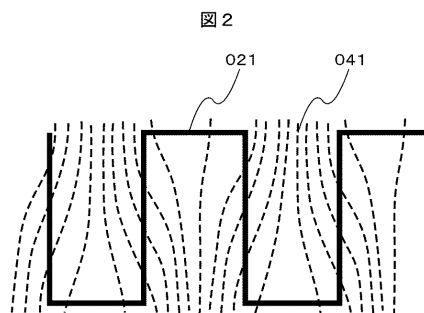
０１１…絶縁基板、０１２…導体電極、０１３…抵抗体リード線、０２１…抵抗体、０２２…直線状の付加配線、０２５…等価な部分抵抗、０２６…付加された直線配線に等価なコンデンサ、０３１…トリミング部の抵抗体、０３２…トリミング加工後の領域、０４１…等電位線。

50

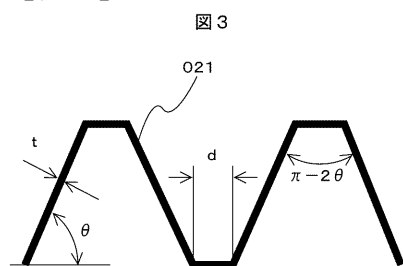
【図 1】



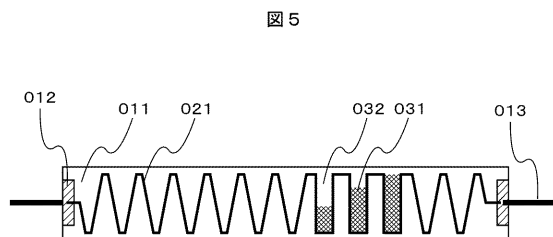
【図 2】



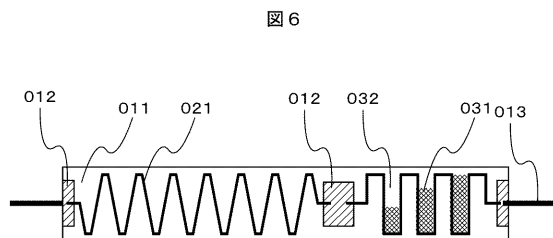
【図 3】



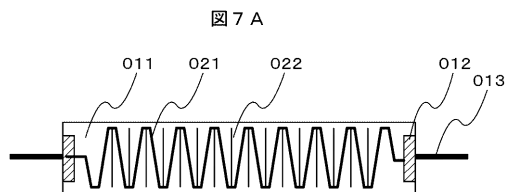
【図 5】



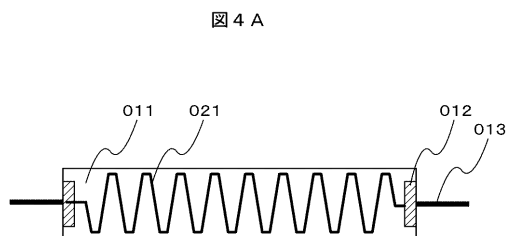
【図 6】



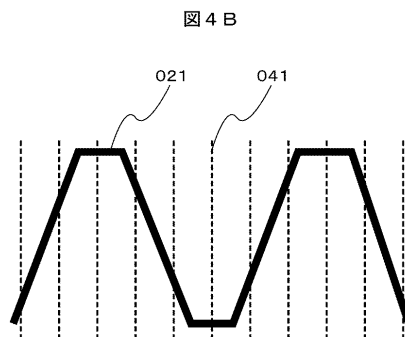
【図 7 A】



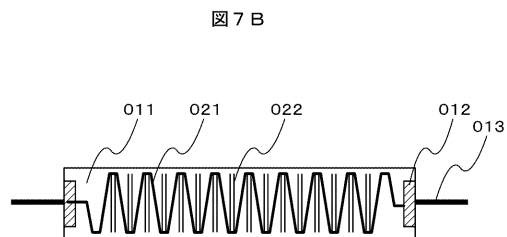
【図 4 A】



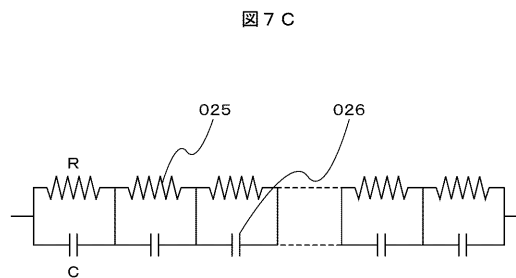
【図 4 B】



【図 7 B】

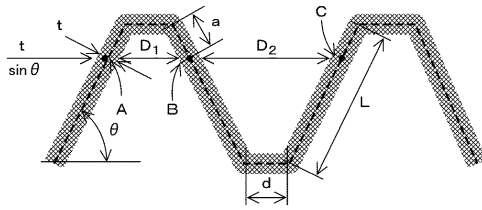


【図 7 C】



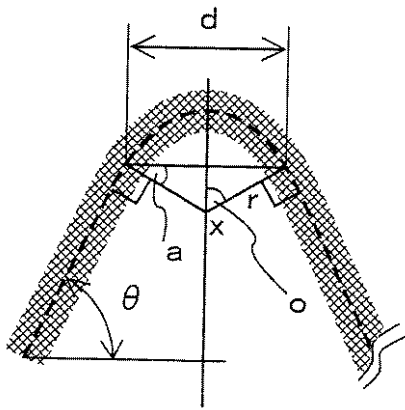
【図 8 A】

図 8 A



【図 8 B】

図 8 B



フロントページの続き

審査官 田中 純一

- (56)参考文献 特開平11-191503 (JP, A)
実開昭52-034925 (JP, U)
特開2003-007504 (JP, A)
特開平01-130501 (JP, A)
特開平11-233321 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01C 7/00