

(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2010-55965

(P2010-55965A)

(43) 公開日 平成22年3月11日(2010.3.11)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H 0 1 B 7/00 (2006.01)	H 0 1 B 7/00 3 0 3	5 E 0 6 2
H 0 1 B 7/02 (2006.01)	H 0 1 B 7/02 C	5 G 3 0 9
H 0 1 B 13/00 (2006.01)	H 0 1 B 13/00 5 1 7	
H 0 1 F 5/00 (2006.01)	H 0 1 F 5/00 F	
H 0 1 F 41/04 (2006.01)	H 0 1 F 41/04 B	
審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 10 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2008-220514 (P2008-220514)	(71) 出願人	000005290
(22) 出願日	平成20年8月28日 (2008.8.28)		古河電気工業株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
		(74) 代理人	100076439
			弁理士 飯田 敏三
		(74) 代理人	100118131
			弁理士 佐々木 渉
		(74) 代理人	100131288
			弁理士 宮前 尚祐
		(72) 発明者	武藤 大介
			東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古
			河電気工業株式会社内
		(72) 発明者	青井 恒夫
			東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古
			河電気工業株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 巻線用絶縁電線およびコイルの製造方法

(57) 【要約】

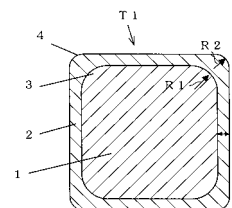
【課題】 コーナー部での電界集中を抑制し、コロナ放電開始電圧や絶縁破壊電圧を向上させることができる高占積用の巻線として好適な巻線用絶縁電線を提供する。

【解決手段】 断面が略四角形の導体1の外周に、樹脂からなる少なくとも1層の絶縁被覆層2を有する巻線用絶縁電線であって、導体1の平坦部に被覆された絶縁被覆層2の厚さt [mm]、導体1のコーナー部3の曲率半径R1 [mm]、および絶縁被覆層2のコーナー部4の曲率半径R2 [mm]が下記関係式

$$0 < R2 < R1 + t / 1.5$$

を満たす巻線用絶縁電線 (T1)。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

断面が略四角形の導体の外周に、樹脂からなる少なくとも 1 層の絶縁被覆層を有する巻線用絶縁電線であって、

前記導体の平坦部に被覆された前記絶縁被覆層の厚さ t [mm]、前記導体のコーナー部の曲率半径 R_1 [mm]、および前記絶縁被覆層のコーナー部の曲率半径 R_2 [mm] が下記関係式、

$$0 < R_2 < R_1 + t / 1.5$$

を満たすことを特徴とする巻線用絶縁電線。

【請求項 2】

前記 R_1 および前記 R_2 が $R_2 \leq R_1$ の関係式を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の巻線用絶縁電線。

【請求項 3】

前記導体と前記絶縁被覆層との間にエナメル絶縁層を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の巻線用絶縁電線。

【請求項 4】

請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の巻線用絶縁電線が巻線加工されたことを特徴とするコイル。

【請求項 5】

断面が略四角形の導体の外周に、樹脂からなる少なくとも 1 層の絶縁被覆層を有する巻線用絶縁電線の製造方法であって、

前記導体の平坦部の絶縁被覆層の厚さ t [mm]、前記導体のコーナー部の曲率半径 R_1 [mm]、および絶縁被覆層のコーナー部の曲率半径 R_2 [mm] が下記関係式、

$$0 < R_2 < R_1 + t / 1.5$$

を満たすように前記絶縁被覆層を押出成形することを特徴とする巻線用絶縁電線の製造方法。

【請求項 6】

断面が略四角形の導体の外周に、樹脂からなる少なくとも 1 層の絶縁被覆層を有する巻線用絶縁電線を用いたコイルの製造方法であって、

前記導体の平坦部の絶縁被覆層の厚さ t [mm]、前記導体のコーナー部の曲率半径 R_1 [mm]、および絶縁被覆層のコーナー部の曲率半径 R_2 [mm] が下記関係式、

$$0 < R_2 < R_1 + t / 1.5$$

を満たすように前記絶縁被覆層を押出成形して巻線用絶縁電線を製造する工程と

前記巻線用絶縁電線を巻線に加工する工程と

を備えることを特徴とする、コイルの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、巻線用絶縁電線、それを用いたコイルおよびその製造方法に関し、詳しくは導体が断面略四角形の高占積用の巻線用絶縁電線、それを用いたコイルおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電気機器の小型化または高周波化に伴い、占積率が高く、表面積が大きいため高周波域での表皮効果の低減にも効果がある平角エナメル線が注目を浴びている。従来の平角エナメル線は、例えば特許文献 1 に示すように、断面丸型のエナメル線を圧延加工して形成されている。導体は、例えば銅、アルミニウム等の導電性の金属で作られている。

また、近年では、平角エナメル線に更に樹脂層を形成した巻線用絶縁電線によって、モーターやトランスに用いられるコイルを形成することが検討されている。

【0003】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開平05-258614号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の平角巻線では、隣接する巻線同士のコーナー部と平坦部とが隣接した場合、コーナー部頂点付近の電界が大きくなるためコロナ放電開始電圧（以後、PDIVともいう）が低下したり、あるいは絶縁破壊電圧（以後、BDVともいう）が低下したりする。その結果、使用電圧の制限やあるいはコロナ放電や荷電による絶縁劣化で寿命が短くなるという問題点があった。

【0005】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、平角線のコーナー部における電界の増大を抑制し、PDIVやBDVを向上した巻線用絶縁電線およびコイルの製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明者らは、断面が略四角形状の絶縁電線の絶縁被覆層の曲率半径を所定値よりも小さくすることによって、該絶縁電線のコーナー部が、隣接する電線の平坦部と隣接あるいは接触した際に生じる電界の集中を緩和できることを見出した。本発明は、この知見に基づきなすにいたったものである。

【0007】

すなわち、本発明は、

（1）断面が略四角形の導体の外周に、樹脂からなる少なくとも1層の絶縁被覆層を有する巻線用電線であって、

前記導体の平坦部に被覆された前記絶縁被覆層の厚さ t [mm]、前記導体のコーナー部の曲率半径 R_1 [mm]、および絶縁被覆層のコーナー部の曲率半径 R_2 [mm]が下記関係式、

$$0 < R_2 < R_1 + t / 1.5$$

を満たすことを特徴とする巻線用絶縁電線、

（2）前記 R_1 および R_2 が $R_2 \leq R_1$ の関係式を満たすことを特徴とする（1）項に記載の巻線用絶縁電線、

（3）前記導体と前記絶縁被覆層との間にエナメル絶縁層を有することを特徴とする（1）または（2）項に記載の巻線用絶縁電線、

（4）（1）～（3）のいずれか1項に記載の巻線用絶縁電線が巻線加工されたことを特徴とするコイル、

（5）断面が略四角形の導体の外周に、樹脂からなる少なくとも1層の絶縁被覆層を有する巻線用絶縁電線の製造方法であって、

前記導体の平坦部の絶縁被覆層の厚さ t [mm]、前記導体のコーナー部の曲率半径 R_1 [mm]、および絶縁被覆層のコーナー部の曲率半径 R_2 [mm]が下記関係式、

$$0 < R_2 < R_1 + t / 1.5$$

を満たすように前記絶縁被覆層を押出成形することを特徴とする巻線用絶縁電線の製造方法、および

（6）断面が略四角形の導体の外周に、樹脂からなる少なくとも1層の絶縁被覆層を有する巻線用絶縁電線を用いたコイルの製造方法であって、

前記導体の平坦部の絶縁被覆層の厚さ t [mm]、前記導体のコーナー部の曲率半径 R_1 [mm]、および絶縁被覆層のコーナー部の曲率半径 R_2 [mm]が下記関係式、

$$0 < R_2 < R_1 + t / 1.5$$

を満たすように前記絶縁被覆層を押出成形して巻線用絶縁電線を製造する工程と

前記巻線用絶縁電線を巻線に加工する工程と
を備えることを特徴とする、コイルの製造方法
を提供するものである。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0008】

請求項1に係る発明によれば、 $0 < R_2 < R_1 + t / 1.5$ の関係があるため、コーナ一部頂点付近の電界を小さくできる。その結果、PDIVやBDVの低下を抑制し絶縁性能を良好に保つことができる。

請求項2に係る発明によれば、コーナ部における電界低下の効果がさらに向上することができる。

請求項3に係る発明によれば、導体と押出被覆層との間にエナメル絶縁層を有するため、耐熱性を更に向上させることができる

請求項4に係る発明によれば、上記効果を奏するコイルを提供することができる。

請求項5および6に係る発明によれば、導体の外周に被覆される絶縁被覆層を押出成形によって形成するため、絶縁被覆層のコーナ形状を正確に、かつ小さい曲率半径に成形することができる。

本発明の巻線用絶縁電線からなる巻線は、高占積率のコイルを作製できるため、高性能なモーターやトランスに好適に用いることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

図1は、本発明の第1の実施態様の絶縁電線を示す断面図である。

図1の絶縁電線(T1)は、断面が略四角形の導体1の外周に1層の絶縁被覆層2を有するものある。

【0010】

導体1は、例えば導電性の金属、好ましくは、銅、アルミニウム、またはこれらの合金からなる。

導体1のコーナ部3の曲率半径 R_1 は概ね $0.2 \sim 0.3$ mmの範囲である。

導体の径(幅)は、特に限定はないが、 $1 \sim 3$ mmが好ましい。

また、本発明におけるコーナ部における曲率半径は、断面観察によって測定することができる。

【0011】

絶縁被覆層2は、例えば、ポリイミド(PI)、ポリアミドイミド(PAI)、ポリエステルイミド、ポリエーテルイミド(PEI)、ポリイミドヒダントイン変性ポリエステル、ポリエーテルサルホン(PES)、ポリサルホン(PSU)、ポリフェニルサルホン(PPSU)ポリアリレート(PAR)、ポリフェニレンサルファイド(PPS)、ポリメチルペンテン(PMP)、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、テトラフルオロエチレンーヘキサフルオロプロピレン共重合体(FEP)、テトラフルオロエチレンーエチレン共重合体(ETFE)、テトラフルオロエチレン・パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体(PFA)、ポリアミド6、66、11、12、610、46を含む脂肪族ポリアミド、ポリアミド6T、9T、MXD6、ポリフタルアミドを含む芳香族ポリアミド、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリブチレンテレフタレート(PBT)、ポリエチレンナフタレート(PEN)、ポリブチレンナフタレート(PBT)、ポリブチレンナフタレート(PBN)、ポリフェニレンエーテル(PPE)、ポリフェニレンオキサート(PPO)、ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)、液晶ポリマー(LCP)を含む芳香族ポリエステル、シンジオタクチックポリスチレン(PPS)、ポリアセタール(POM)を用いることができる。また、これら複数のコポリマー、複数のポリマーアロイも含まれる。特に好ましくは、PPS、ETFE、PETである。

【0012】

絶縁被覆層2は1層でも複数の層からなるものでも良いが、導体の平坦部に被覆された絶縁被覆層2の厚さ t は、概ね $40 \sim 200 \mu\text{m}$ 、好ましくは $100 \sim 180 \mu\text{m}$ の範囲である。

絶縁被覆層2のコーナ部4の曲率半径 R_2 は概ね $0.2 \sim 0.4$ mm、好ましくは 0

． 2 ～ 0.3 mm の範囲である。

絶縁被覆層 2 のコーナー部における曲率半径は、断面観察によって測定することができる。

【0013】

本発明の第 1 の実施態様の絶縁電線によれば、図 1 に示すように、導体 1 の平坦部の絶縁被覆層 2 の厚さ t [mm]、導体 1 のコーナー部の曲率半径 R_1 [mm]、絶縁被覆層 2 のコーナー部の曲率半径 R_2 [mm] の関係が、

$$0 < R_2 < R_1 + t / 1.5 \quad (\text{式 } 1)$$

であるため、コーナー部の電界を小さくできる結果、PDIV や BDV の低下を抑制し絶縁性能を良好に保つことができ、高占積用の巻線として好適に用いることができる。

R_2 と R_1 は、 $R_2 \leq R_1$ の関係にあることがさらに好ましい。

上記のような関係式を有する絶縁電線は、例えば、単軸押出機を用いて押出成形することにより作製することができる。

【0014】

また、導体の外周に被覆される押出被覆層のさらに外周にエナメル層を有してもよい。

エナメル層を形成する材料としては、例えばポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリエーテルイミド、ポリイミドヒダントイン変性ポリエステル、ポリアミド、ホルマール、ポリウレタン、ポリエステル、ポリビニルホルマール、エポキシ、ポリヒダントインが挙げられ、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリエーテルイミド、ポリイミドヒダントイン変性ポリエステルが特に好ましい。

この場合、押出被覆層の厚さは 30 ～ 150 μm が好ましく、エナメル層の厚さは 10 ～ 50 μm が好ましい

【0015】

図 2 は、従来の巻線用絶縁電線の 1 例 (T2) を示す断面図である。図中の符号で、図 1 と同じものは、図 1 におけるものと同じ意味である。また、 R_1' は導体 1 のコーナー部の曲率半径、 R_2' は絶縁被覆層 2 のコーナー部の曲率半径、 t' は導体 1 の平坦部に被覆された絶縁被覆層 2 の厚さである。図 2 に示す絶縁電線では、平坦部とコーナー部の絶縁被覆層の厚さが同じであり、コーナー部の形状には、 $R_1' = R_2' + t'$ の関係がある。

【0016】

図 3 は、2 本の平角線の巻線用絶縁電線 11, 12 が隣接した状態を断面図により示す説明図であり、(A) は平坦部同士が隣接した場合、(B) はコーナー部と平坦部とが隣接した場合を示す。また、図中、11a、12a は導体、11b、12b は絶縁被覆層を示す。なお、本明細書中では、断面が略四角形の線材を平角線と表記し、断面が略正方形の角線が含まれるものとする。

【0017】

図 4 は、従来の平角線が図 3 のように隣接した場合に、空隙や絶縁被覆層に作用する電界分布を示したグラフである。図 4 の縦軸は、2 つの平角線の導体間の空隙や絶縁被覆層にかかる電界の大きさ (V/cm) を示し、横軸は、一方の平角線のコーナー部が他方の平角線の平坦部に接する位置 (横軸中央が平坦部の中央) を示している。

図 4 から、コーナー部と平坦部が隣接した場合、平坦部同士が隣接した場合より空隙や絶縁被覆層に作用する電界の最大値が大きくなることがわかる。

【0018】

本発明は、上記実施の形態に限定されることはなく、特許請求の範囲に記載された技術的事項の範囲内において、種々の変更が可能である。例えば、導体と第 1 の樹脂層 (絶縁被覆層) との間に、金属酸化を防止するために金属酸化物又はコーティング層等からなる金属酸化防止層が形成されていてもよい。

また、絶縁被覆層は、1 層以上であればよく、絶縁被覆層を 2 層または 3 層積層したものであってもよい。この場合、最外層の絶縁被覆層におけるコーナー部が式 1 を満たしていればよいが、全ての絶縁被覆層におけるコーナー部が式 1 を満たしていることが最も望

ましい。

【0019】

また、絶縁電線の構成としては、導体上に直接、樹脂からなる絶縁被覆層を形成してもよく、図5の断面図に示すように導体1上にまずエナメル絶縁層6を焼き付けた後に、押出成形によって絶縁被覆層5を形成してもよい。

【実施例】

【0020】

以下、本発明を実施例に基づき、本発明をさらに詳細に説明するが本発明はこれに限定されるものではない。

【0021】

実施例1～2、比較例1、参考例1

無酸素銅からなり、幅2.2mm、コーナーの曲率半径R1が0.3mmの角線の銅線に、ポリフェニレンスルファイド（PPS）からなる絶縁被覆層を押出成形により、表1に示す厚さとコーナー半径R2を有するように被覆し、実施例1～2および比較例1の絶縁電線を作製した。

実施例1は $R2 < R1 + t / 1.5$ とした場合、実施例2は $R2 = R1$ とした場合、比較例1は $R2 = R1 + t$ とした場合である。これらの絶縁電線のコーナー部と平坦部を隣接させ、下記方法により、空気ギャップの最大電界、絶縁被覆層の最大電界、コロナ放電開始電圧（PDIV）を測定した。また、参考例1として、は実施例1の絶縁電線を平坦部同士を隣接させて、同様に電界およびPDIVを測定した。

表1に、その結果を示す。

【0022】

・空気ギャップの最大電界および絶縁被覆の最大電界

実施例1、実施例2および比較例1はコーナー部頂点、参考例1は平坦部において、印加電圧が1kVの電界の最大値を表面電荷法による電界シミュレーションを用いてPPSと空気の比誘電率が各々3.3、1.0の条件により測定した。また、空気ギャップの大きさは1μmである。

・放電開始電圧

部分放電検出器を用いて、常温、常湿の条件下で測定した。

【0023】

【表1】

表1

項目	単位	実施例1	実施例2	比較例1	参考例1
絶縁被覆厚さ t	mm	0.125	0.125	0.125	0.125
コーナー R1	mm	0.3	0.3	0.3	—
コーナー R2	mm	0.38	0.30	0.425	—
(R1 + t / 1.5)	mm	0.383	0.383	0.383	—
		$R2 < R1 + t / 1.5$	$R2 = R1$	$R2 = R1 + t$	
空気ギャップの最大電界	kV/mm	11.5	10.4	12.5	11.9
放電開始電圧 (PDIV)	kVp	1650	1800	1600	1650
絶縁被覆層の最大電界	kV/mm	4.3	3.8	4.7	4.0

【0024】

表 1 に示すように、実施例 1 では $R_2 = 0.38$ [mm]、実施例 2 では $R_2 = 0.30$ [mm]、比較例 1 では $R_2 = 0.425$ [mm] を用い、いずれも $R_1 = 0.3$ [mm]、 $t = 0.125$ [mm] である。

表 1 から、実施例 1 では、比較例 1 に比べ、空気ギャップや絶縁被覆層の最大電界が約 10% 低減していることがわかる。また、実施例 2 では、比較例 1 に比べ、空気ギャップや絶縁被覆層の最大電界が 15% 以上低減していることがわかる。放電開始電圧も向上している。さらに、実施例 2 では、参考例 1 に比べ、絶縁被覆層の最大電界も小さくなっている。

【0025】

実施例 3～4、比較例 2、参考例 2

絶縁被覆層の厚さ t を $50\text{ }\mu\text{m}$ に薄くした以外は、実施例 1～2、比較例 1 と同様に、 $R_2 < R_1 + t / 1.5$ とした場合（実施例 3）、 $R_2 = R_1$ とした場合（実施例 4）、 $R_2 = R_1 + t$ とした場合（比較例 3）の絶縁電線を作製した。これらの絶縁電線のコーナー部と平坦部を隣接させ、実施例 1 と同様に電界を測定した。また、参考例 2 として実施例 3 の絶縁電線を平坦部同士を隣接させて同様に電界を測定した。

表 2 に、その結果を示す。

【0026】

【表 2】

表 2

項目	単位	実施例 3	実施例 4	比較例 2	参考例 2
絶縁被覆厚さ t	mm	0.05	0.05	0.05	0.05
コーナー R_1	mm	0.3	0.3	0.3	—
コーナー R_2	mm	0.32	0.30	0.35	—
$(R_1 + t / 1.5)$	mm	0.325	0.325	0.325	—
		$R_2 < R_1 + t / 1.5$	$R_2 = R_1$	$R_2 = R_1 + t$	
空気ギャップ の最大電界	kV/mm	28	25	30	29
絶縁被覆層 の最大電界	kV/mm	9.7	8.7	10.5	9.7

【0027】

表 2 からわかるように、絶縁被覆層の厚さを薄くしても、実施例 1～2 と同様に電界を低減する効果を奏する。

【0028】

実施例 5～6、比較例 3、参考例 3

導体コーナー R_1 を 0.2 mm に小さくした以外は、実施例 1～2、比較例 1 と同様に、 $R_2 < R_1 + t / 1.5$ とした場合（実施例 5）、 $R_2 = R_1$ とした場合（実施例 6）、 $R_2 = R_1 + t$ とした場合（比較例 3）の絶縁電線を作製した。これらの絶縁電線のコーナー部と平坦部を隣接させ、実施例 1 と同様に電界を測定した。また、参考例 3 として実施例 5 の絶縁電線を平坦部同士を隣接させて同様に電界を測定した。

表 3 に、その結果を示す。

【0029】

【表 3】

表 3

項目	単位	実施例 5	実施例 6	比較例 3	参考例 3
絶縁被覆厚さ t	mm	0.125	0.125	0.125	0.125
コーナー R 1	mm	0.2	0.2	0.2	-
コーナー R 2	mm	0.26	0.2	0.325	-
(R 1 + t / 1.5)	mm	0.263	0.263	0.263	-
		$R2 < R1 + t / 1.5$	$R2 = R1$	$R2 = R1 + t$	
空気ギャップ の最大電界	kV/mm	11.6	11.0	12.6	11.9
絶縁被覆層 の最大電界	kV/mm	4.5	4.0	5.0	4.0

10

表 3 からわかるように、導体コーナー R 1 を小さくしても実施例 1 ～ 2 と同様に電界を低減する効果を奏する。

【0030】

20

以上のことから、 $R2 < R1 + t / 1.5$ の関係にあると、コーナー部の電界集中を抑制でき、PDIV の向上を図ることができる。さらに $R2 \leq R1$ の関係にあると、絶縁被覆層の電界を小さくできるため BDV の向上ができる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図 1】本発明の第 1 の実施態様の巻線用絶縁電線を示す断面図である。

【図 2】従来の巻線用絶縁電線の 1 例を示す断面図である。

【図 3】2 本の巻線用絶縁電線の隣接状態を断面図により示す説明図であり、(A) は平坦部同士、(B) はコーナー部と平坦部の場合を示す。

【図 4】コーナー部の電界分布を示すグラフである。

30

【図 5】本発明の巻線用絶縁電線の別の実施態様を示す断面図である。

【符号の説明】

【0032】

T 1, T 2 巻線用絶縁電線

1 導体

2 絶縁被覆層

3 導体コーナー部

4 絶縁被覆層コーナー部

5 絶縁被覆層

6 エナメル絶縁層

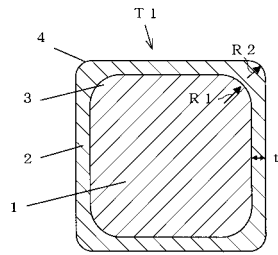
40

11, 12 巻線用絶縁電線

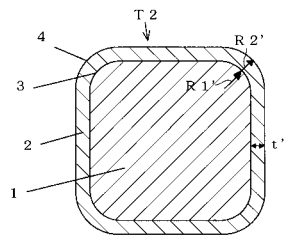
11a、12a 導体

11b、12b 絶縁被覆層

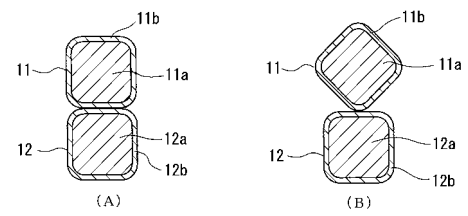
【図 1】



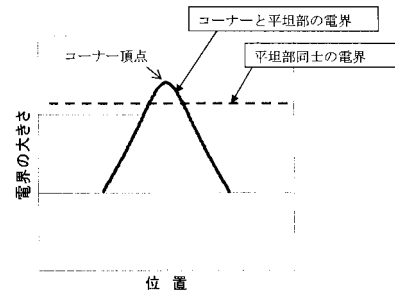
【図 2】



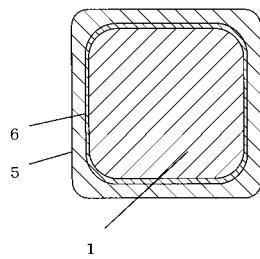
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
H01F	5/06		(2006.01)	H01B 7/02	A
				H01F 5/06	J

Fターム(参考) 5E062 FF01
5G309 CA08 CA15