

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4986331号
(P4986331)

(45) 発行日 平成24年7月25日(2012.7.25)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

(51) Int. Cl.	F I	
H01B 9/00 (2006.01)	H01B 9/00	C
B29C 47/02 (2006.01)	B29C 47/02	
C08K 5/00 (2006.01)	C08K 5/00	
C08L 23/06 (2006.01)	C08L 23/06	
C08L 53/02 (2006.01)	C08L 53/02	

請求項の数 6 外国語出願 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-39391 (P2001-39391)
 (22) 出願日 平成13年2月16日 (2001.2.16)
 (65) 公開番号 特開2001-307564 (P2001-307564A)
 (43) 公開日 平成13年11月2日 (2001.11.2)
 審査請求日 平成20年2月12日 (2008.2.12)
 (31) 優先権主張番号 0002324
 (32) 優先日 平成12年2月24日 (2000.2.24)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(73) 特許権者 501044725
 ネクサン
 フランス国、75008・パリ、リュ・ド
 ヴァ・ジェネラル・フォア 8
 (74) 代理人 100062007
 弁理士 川口 義雄
 (74) 代理人 100105393
 弁理士 伏見 直哉
 (74) 代理人 100114188
 弁理士 小野 誠
 (72) 発明者 ロベール・ガドウソー
 フランス国、91120・パレソー、リュ
 ・ガンベッタ、4

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高電圧および超高電圧直流電力ケーブル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導電性コアと、スチレン含有材料製の押出し重合絶縁体とを備えた、高電圧または超高電圧直流ケーブルであって、前記押出し重合絶縁体(4)の前記材料が、ポリエチレンと、スチレンとブタジエンの共重合体およびスチレンとイソプレンの共重合体から選択されるスチレンの水素添加ブロック共重合体と、酸化防止剤とからなる混合物によって構成され、スチレンの質量含有量が11%から18%の範囲内にあり、架橋されていないことを特徴とする高電圧または超高電圧直流ケーブル。

【請求項 2】

前記混合物のスチレン含有量が、11.5%から16%の範囲内にあることを特徴とする請求項1に記載のケーブル。

10

【請求項 3】

前記スチレンの水素添加ブロック共重合体が、ブロックターポリマーであることを特徴とする請求項1または2に記載のケーブル。

【請求項 4】

前記押出し重合絶縁体(4)と前記導電性コア(2)との間の内部半導電性スクリーン(3)と、前記押出し重合絶縁体を囲む外部半導電性スクリーン(5)とを備えており、両スクリーンが、ポリエチレン、スチレンの水素添加ブロック共重合体、および酸化防止剤の混合物によって構成される重合体マトリックスによって構成され、前記重合体マトリックスが導電性充填材を含んでおり、架橋されていないことを特徴とする請求項1から3

20

のいずれか一項に記載のケーブル。

【請求項 5】

前記重合体マトリックスのスチレンの質量含有量が、0.1%から20%の範囲内にあることを特徴とする請求項 4 に記載のケーブル。

【請求項 6】

前記重合体マトリックスのスチレンの質量含有量が、1%から10%の範囲内にあることを特徴とする請求項 5 に記載のケーブル。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、高電圧および超高電圧直流用の電力ケーブルに関する。

【0002】

【従来の技術】

本発明が適用されるケーブルは、直流で動作し、押し出し重合絶縁体を有する60kV～600kV以上のケーブルであり、150kV以上のケーブルであることが好ましい。

【0003】

文献JP-A-2-18811に、導電性コアおよび該コアを囲む押し出し重合絶縁体を備えた直流電力ケーブルが開示されている。絶縁体は、高密度ポリエチレン、低密度ポリエチレン、過酸化物、および好ましくは微粒子状のカーボンブラックの混合物から構成される。高密度ポリエチレンの含有量は2%～20重量%であり、カーボンブラックの含有量は0.5%～1.5重量%であり、架橋されている。上記絶縁体は、一種類のポリエチレン絶縁体しか持たない類似ケーブルの同じ特性と比較した場合に、直流電圧下およびサージ電圧下における破壊特性の改善、特に、ケーブルへの落雷による破壊特性の改善を意図したものである。

【0004】

知られている上記ケーブルの絶縁体中に含まれている少量のカーボンブラックは、絶縁体の欠陥による破壊の危険を最小にしている。絶縁体中の少量のカーボンブラックは、直流ケーブルの絶縁体の誘電損を増加させる。絶縁体に欠陥がなく、電界が弱い場合、この誘電損は問題ではないが、絶縁体に欠陥があり、電界が強い場合は、この誘電損が過剰になり、容認できなくなる。

【0005】

文献EP-A-0539905に、絶縁体材料が、エストマ相および熱可塑性相を有する、熱可塑性ゴムの高電圧直流ケーブルが開示されている。そのケーブルの第1の実施形態では、熱可塑性ゴムはオレフィンタイプである。この場合、エストマ相はエチレンプロピレンのゴムによって構成され、熱可塑性相は、ポリエチレンおよびポリプロピレンから選択される。第2の実施形態では、熱可塑性ゴムはスチレンタイプである。この場合、エラストマ相は、ポリブタジエンおよびポリイソプレンから選択される水素添加物であり、熱可塑性相はポリスチレンによって構成される。この知られているケーブルの絶縁体が、直流高電圧下における空間電荷の蓄積現象を低減することを可能にしている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、極めて信頼性の高いケーブルを提供するために、直流電圧下における絶縁体の誘電損を回避すると共に最適化された耐破壊特性を示し、サージインパルス電圧下における破壊を回避する、直流高電圧下における空間電荷が最小の高電圧動作の高電圧直流ケーブルおよび超高電圧直流ケーブルを製作することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は、導電性コアと、スチレン含有材料製の押し出し重合絶縁体とを備えており、前記材料が、ポリエチレンと、スチレンとブタジエンの共重合体およびスチレンとイソプレンの共重合体から選択されるスチレンの水素添加ブロック共重合体との混合物によって構成

10

20

30

40

50

され、前記スチレンの質量含有量が11%から18%の範囲内にあり、架橋されていないことを特徴とする高電圧または超高電圧直流ケーブルを提供する。

【0008】

この絶縁体により、安定状態下における動作電圧を極めて高くすると共に、破壊の危険を著しく低減することができ、したがってケーブルの信頼性を向上させることができる。

【0009】

前記混合物中のスチレンの質量濃度は、11.5%から16%の範囲内で有利に選択される。

【0010】

追加の特徴によれば、前記ケーブルは、前記導電性コアと前記絶縁体との間の内部半導電性スクリーンと、前記絶縁体周囲の外部半導電性スクリーンとを含んでいる。前記スクリーンはいずれも、前記絶縁体と同じ性質になるように選択される導電性充填材を含んでいる、架橋されていない重合体マトリックスによって構成されている。

10

【0011】

本発明の特徴および利点は、添付の図面に示す、制限されることのない本発明のケーブルの実施形態についての以下の説明、および、ケーブルの絶縁材料の特性についての説明から、さらに明らかになる。

【0012】

【発明の実施の形態】

図1に示す高電圧または超高電圧直流電力ケーブル1は、中心部の導電性コア2と、前記コアの周囲に同軸方向に、順に、内部半導電性スクリーン3、絶縁体4、外部半導電性スクリーン5、金属保護スクリーン6、および外部保護シース7を備えている。

20

【0013】

スクリーン3、5および6が存在することが好ましい。絶縁体4は、本発明に従って製作されている。半導電性スクリーン3および5も、本発明に従って有利に製作されている。

【0014】

金属スクリーン6および外部シース7を備えた保護構造に、他の保護要素を持たせることもできる。特に、水で膨張し、任意に半導電性である保護ストリップ（図示せず）を持たせることができる。このような保護ストリップを、外部半導電性スクリーンと金属スクリーンとの間に挿入することが好ましい。保護ストリップ自体の導電性により、あるいは導電性手段との結合により、保護ストリップは、外部半導電性スクリーンと金属スクリーンとの間に、電気的連続性を生じる。ケーブルの保護構造は従来タイプのものであり、本発明の対象外である。

30

【0015】

本発明では、ケーブル1の絶縁体4は、ポリエチレン、スチレンの水素添加ブロック共重合体、および酸化防止剤からなる混合物でできており、スチレン質量含有量は、11%から18%の範囲内にあり、架橋されていない。

【0016】

使用するポリエチレンは、低密度および/または中間密度および/または高密度ポリエチレンから選択される。水素添加ブロック共重合体は、スチレンとブタジエンの共重合体、およびスチレンとイソプレンの共重合体から選択される。水素添加ブロック共重合体は、水素添加ブロックターポリマーであることが好ましい。

40

【0017】

本出願人により見出され、以下に記述する比較試験の結果が示すように、混合物中の11%~18%のスチレン含有量により、高動作電圧の使用を可能にするように最適化された、直流電圧下における耐破壊特性、および、ケーブルに接続されている変電所への落雷、あるいはケーブルの一端への落雷による電圧サージ下における耐破壊特性が驚くほど得られることを可能にする。同時に、このスチレン含有量により、直流電圧下におけるケーブル絶縁体の空間電荷量が少なくなり、それにより、破壊の危険が著しく低減されている。

【0018】

50

混合物中のスチレンのこの質量含有量は、11.5%から16%の範囲内にあることが好ましい。

【0019】

結果を以下に示すが、本出願人が実施した試験を参照すると、使用された種々のサンプルが、低密度ポリエチレンと、スチレン-ブタジエンスチレンの水素添加ブロックターポリマーからなる混合物によって構成されていることが記述されている。スチレン質量含有量は、サンプルによって様々である。サンプルの厚さは全て同じである。混合物は架橋されていないため、架橋副産物の存在による空間電荷密度の増加が回避されている。

【0020】

【表1】

スチレン 重量%	V _{imp} kV/mm	V _{cc} kV/mm	V _o (r=1.4) kV/mm	V _o (r=1.1) kV/mm
0	223	146	146	146
1	218	178	156	178
5	203	225	145	185
10	137	336	98	125
12	231	323	165	210
15	219	295	156	199

表1において、V_{imp}は、サージ状態下における破壊電圧であり、V_{cc}は、温度70℃のサンプルの安定状態下における破壊電圧であり、V_oは、安定状態下における容認できる動作電圧勾配である。各サンプルのスチレン質量含有量に対して、KV/mmの単位で示されている。

【0021】

図2は、スチレン含有量に応じたV_{imp}およびV_{cc}の変化の様子を示したものである。安定破壊電圧V_{cc}は、スチレン含有量0%では比較的小さく、スチレン含有量10%まで急激に増加し、スチレン含有量10%から15%の範囲、および、容易に混合することができる最大量によって設定される含有量の限界まで、極めて高いV_{cc}を維持しつつ非常に緩やかに減少していることが分かる。一方、サージ破壊電圧V_{imp}は、スチレン0%で比較的高く、スチレン含有量の増加に伴い、10%まで非常に速く減少している。その後、10%を越え、容易に混合することができる最大含有量まで、急激かつ驚くべき態様で増加している。

【0022】

この混合の容易さによって決定される含有量の限界は、現時点では、混合物中に約18%~20%のスチレンである。この限界含有量に対しては、幾つかの試験の継続期間に関連する理由だけから、完全な試験が実施されていない。したがって、これらのサンプルの特性については省略する。

【0023】

この2つの破壊特性V_{imp}およびV_{cc}から、サンプルが耐えることができる、安定状態下における動作電圧勾配を求めることができ、直流ケーブル用として、前記混合物によって構成される絶縁システムを寸法決定するための特性を構成することができる。

【0024】

動作電圧勾配V_oは、第一に、破壊電圧V_{imp}およびV_{cc}の結果であり、かつ、直流ケーブルが、安定直流電圧負荷より大きい雷サージ負荷を受けることがあるということに対する結果である。現時点では、直流ケーブルが耐えることができなければならないサージ負荷は、安定直流電圧の約1.4倍が容認されているが、これは、現在使用されている酸化亜鉛バリスタを含むサージ制限器回路などの利用可能なサージ制限器回路の改善を考慮に入れたものである。このようなサージ制限器を、絶縁体自体により提供される耐破壊性の信頼性向上に関連する改善の観点から、rで表されているこの比率を1.1に下げることができる。この場合における耐破壊性の信頼性向上については、以下で詳細に説明

10

20

30

40

50

する。

【0025】

2つの値 V_{imp}/r と V_{cc} の小さい方を、考察した各サンプルに対する容認できる動作電圧勾配 V_o として決定した。スチレン含有量に応じた $r = 1.4$ の場合、および $r = 1.1$ の場合を、表1に示す。また、同じくスチレン含有量に応じた $r = 1.4$ のグラフを図3に、および $r = 1.1$ のグラフを図4に示す。

【0026】

使用された混合物中のスチレン含有量に対するこれらの容認できる動作電圧勾配値 V_o から、11%から18%、好ましくは11.5%から16%の範囲のスチレン含有量が、改善された極めて高い値の動作電圧勾配を生じることが分かる。

10

【0027】

この点に関して、スチレン含有量11%~18%に対する動作電圧勾配の限界が、サージ性能によるものであることが観察されるが、本発明は、スチレン含有量11%から18%の範囲内で、突然、優れた性能になるこのサージ性能 (V_{imp}) を、特に利用している。

【0028】

使用される混合物中におけるこのようなスチレン含有量の利点については、本出願人が他の方法で立証している。安定直流電圧下でサンプル中に生成され、トラップされる空間電荷量、および/または温度勾配は、スチレン含有量の増加と共に減少することが分かっている。

20

【0029】

また、混合物中におけるこのようなスチレン含有量に対して、公称動作状態下、すなわち、ケーブルに直流電流が流れている場合の最大電界が減少し、小さくなる。そのため、ケーブルに印加される負荷が小さくなる。

【0030】

さらに、このようなスチレン含有量では、トラップ空間電荷による悪影響が小さくなり、そのために、直流電圧下で破壊を引き起こす、トラッピングによる突然の協働の破壊を、ほとんど無いものにしていく。

【0031】

これらの特徴により、破壊の危険が減少し、ケーブルの信頼性および期待される寿命が著しく向上している。また、この方法で製作された絶縁体の特に優れた誘電特性が、長期間に渡って維持される。

30

【0032】

比較すると、空間電荷の影響がより大きいスチレン含有量10%未満では、このような誘電特性を得ることはできず、また、常に低下しており、より頻繁に破壊を引き起す。

【0033】

本発明の絶縁体を用いることによって得られる性能は、前記絶縁体と同じ性質を有する重合体マトリックスを使用して作られた、内部および外部半導電性スクリーンを用いることにより、さらに改善される。

【0034】

半導電性スクリーンのためのこのマトリックスは、ポリエチレン、スチレンの水素添加ブロック共重合体、および酸化防止剤の混合物によって構成されており、該混合物には、所望の電気抵抗および機械的、流動学的特性を得るために、導電性充填材が組み込まれている。これにより、絶縁材料と半導電性スクリーンとの界面において、絶縁材料と半導電性スクリーンとの間を、化学的および電氣的に両立させている。また、これにより、直流電圧下および雷サージ下におけるケーブルの作用が改善され、絶縁体中の空間電荷がさらに減少し、界面における電界強度がさらに弱くなる。半導電性スクリーンのマトリックスは、絶縁体に関して既に説明した同じ理由で、架橋されていない。

40

【0035】

上記導電性充填材はカーボンブラックであり、あるいはアセチレンブラックであることが

50

好ましい。

【0036】

半導電性スクリーンの重合体マトリックスのスチレン含有量は、重合体マトリックス中に組み込まれている導電性充填材の存在により、絶縁体中のスチレン含有量ほど厳密ではない。これらのマトリックスは、0.1%～20%のスチレンを含有することができる。好ましい含有量は、1%から10%の範囲内にある。

【0037】

図5、6および図7に示す空間電荷の測定値は、それ自体は従来方式である、パルス電気音響学(PEA)方式を用いて得られたものである。測定値は、厚さ0.5mmの絶縁体層と、該絶縁体層の両面に設けられた、厚さ0.2mm～0.3mmの2つの半導電性層によって構成された対象絶縁システムの面状サンプルに対して、半導電性層間に電位差を印加して得られたものである。

10

【0038】

したがって、半導電性層間に印加される5kV、10kV、...30kV等の電位差は、絶縁システムに10kV/mm、20kV/mm、...60kV/mm等の平均電位勾配を生じさせることになり、局部的電位勾配は、材料中の空間電荷量による。

【0039】

図5において、参照符号3'および5'は、2つの半導電性層を示し、参照符号4'は、従来の絶縁システムの絶縁層を示している。図6では、本発明の絶縁システムが、本発明の絶縁層4および従来の半導電性層3'、5'を有している。図7では、本発明の好ましい絶縁システムが、全て本発明による絶縁層4および半導電性層3、5を有している。

20

【0040】

この3つの図では、印加される電位差が、絶縁システムの種々の層間の界面の符号+および-で表されている。ゼロの両側の符号+および-は、1立方メートル当たりのクーロン(C/m^3)で測定した正の空間電荷および負の空間電荷を表すのに用いられている。対応するスケールが特定されていないため、絶対値に関しては不明であるが、示されている曲線は全て類似している。

【0041】

図5の曲線は、従来の絶縁システムの絶縁層4'が、その全厚さに渡って大量の空間電荷を含んでいることを示している。空間電荷量は、電圧勾配の増加と共に増加している。

30

【0042】

比較すると、図6の曲線は、本発明の絶縁システムを使用した絶縁層4中の空間電荷が、従来の半導電性層3'および5'との界面付近に制限され、実際には、他の部分には空間電荷が存在しないことを示している。したがって、絶縁システムの作用が、先行する従来の絶縁システムの作用と比較して改善されている。

【0043】

また、比較してみると図7の曲線は、本発明の好ましい絶縁システムの絶縁層4中の空間電荷が、同様に、本発明の半導電性層との界面付近に制限されているが、さらに、空間電荷が著しく減少しており、かつ、界面の半導電性層中に含まれている空間電荷の符号と同じ符号を有していることを示している。この低レベルの空間電荷と、どちらの界面においても空間電荷の符号が同じであることにより、電界が最小化され、そのため、この好ましい絶縁システムが、最適であると思われる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による高電圧または超高電圧直流ケーブルの破断斜視図である。

【図2】ケーブルの絶縁システムに応じた、雷サージ電圧および直流電圧に対する破壊特性を示すグラフである。

【図3】前記絶縁システムに応じた、容認できる動作電圧勾配を示す棒グラフである。

【図4】前記絶縁システムに応じた、容認できる動作電圧勾配を示す他の棒グラフである。

【図5】システムに種々の値の電位勾配を印加した場合の、従来の絶縁システム中の空間

50

電荷量を示すグラフである。

【図6】図5と同じ値の電位勾配を印加した場合の、本発明の絶縁システム中の空間電荷量を示すグラフである。

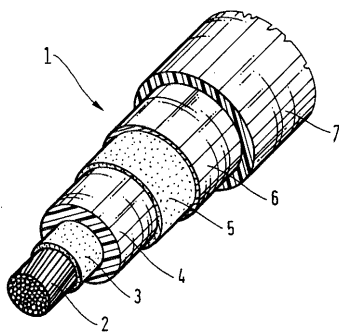
【図7】図5と同じ値の電位勾配を印加した場合の、本発明の絶縁システム中の空間電荷量を示す他のグラフである。

【符号の説明】

- 1 高電圧または超高電圧直流電力ケーブル
- 2 導電性コア
- 3、5 半導電性スクリーン
- 3'、5' 半導電性層
- 4、4' 絶縁体
- 6 金属保護スクリーン
- 7 保護シース

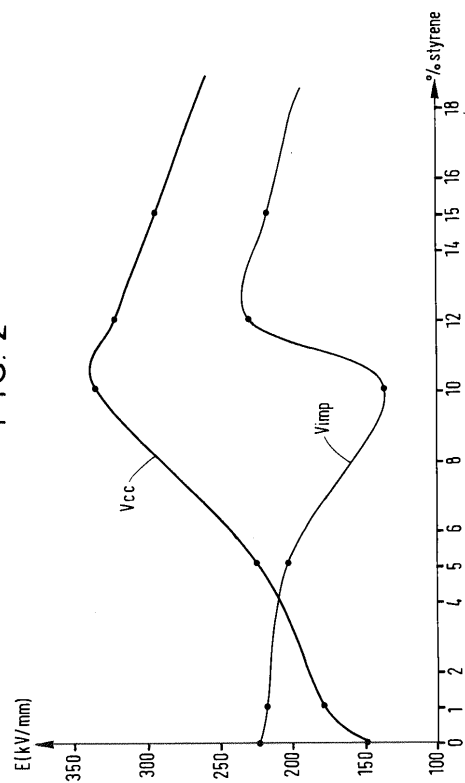
【図1】

FIG. 1

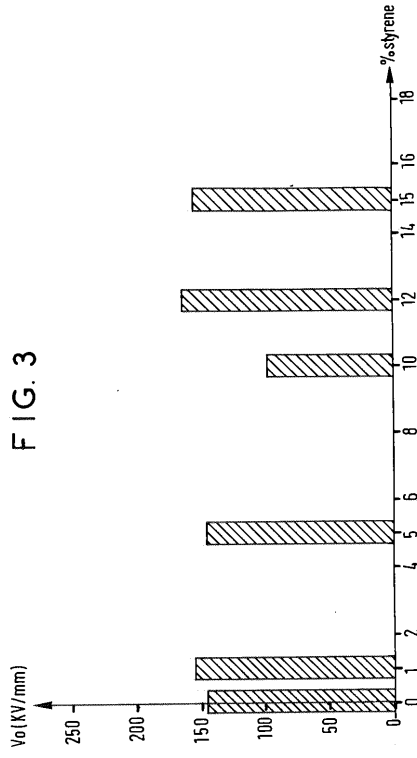


【図2】

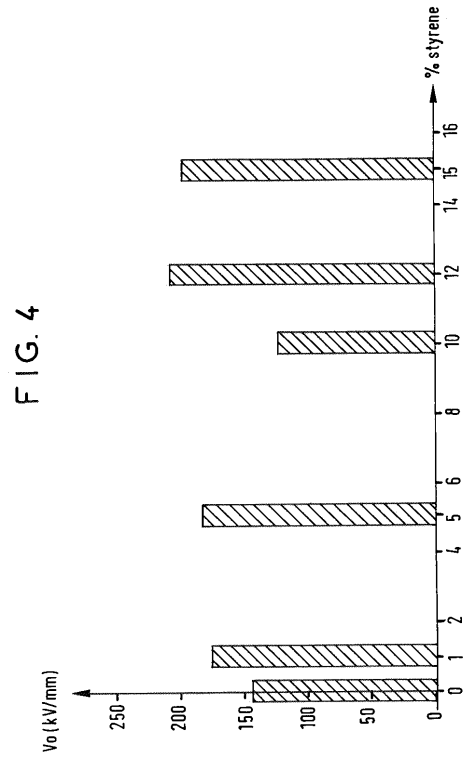
FIG. 2



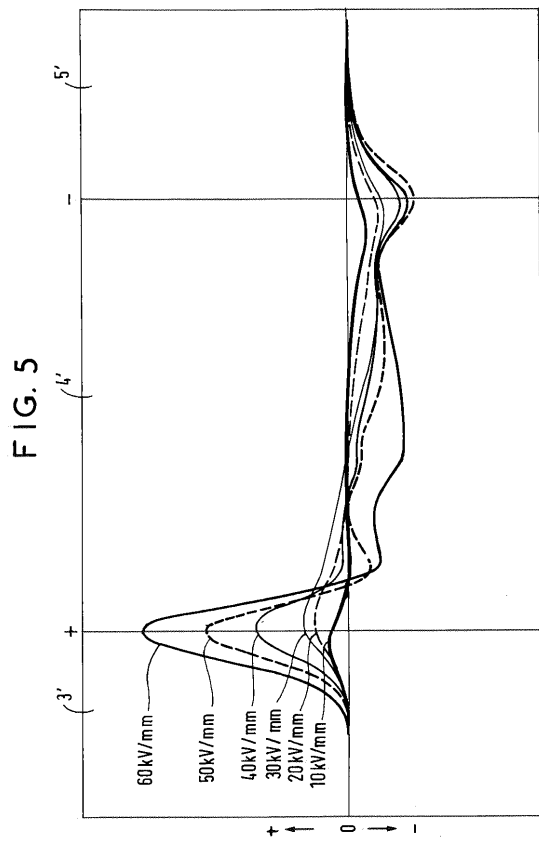
【 図 3 】



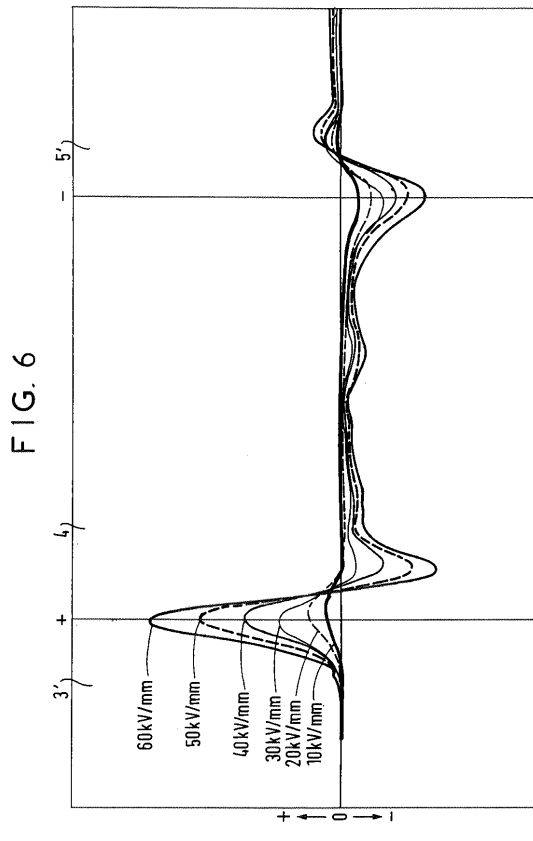
【 図 4 】



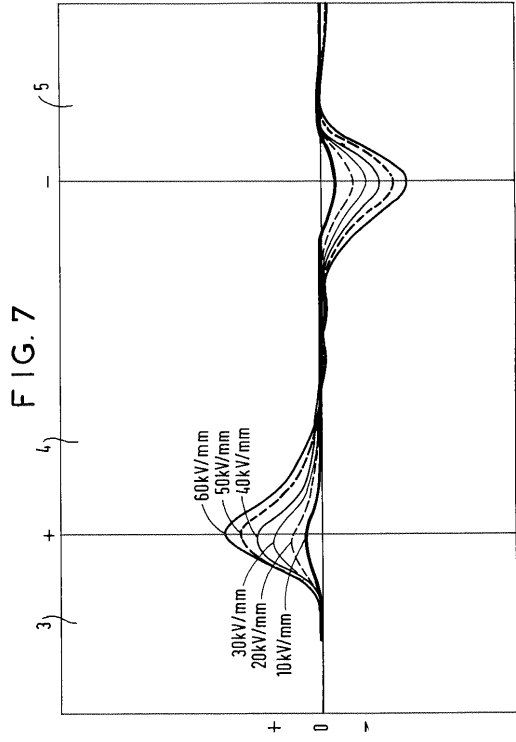
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
H 0 1 B	9/02	(2006.01)	H 0 1 B	9/02	B
H 0 1 B	3/28	(2006.01)	H 0 1 B	3/28	

- (72)発明者 ベルナル・アラドウニーズ
フランス国、9 1 3 6 0・エピネ・シユール・オルジユ、リュ・ダテイス、7
- (72)発明者 パトリス・トラン
フランス国、9 3 3 0 0・オーベルピリエール、リュ・ドウ・ラ・モット、6 7
- (72)発明者 アカン・ジヤナ
フランス国、6 2 1 3 7・クローニユ、リュ・アルテユール・パール、2 1 9
- (72)発明者 ピエール・ミルポー
フランス国、9 1 1 4 0・ビルボン・シユール・イベット、リュ・ジャン・パテイスト・コロ、2
1
- (72)発明者 ダニエル・アクルート
フランス国、6 2 1 0 0・カレ、リュ・ペ・ランジュバン、1 4 7

審査官 油科 壮一

- (56)参考文献 特開平06-203637(JP,A)
特開平08-012823(JP,A)
特開平09-245521(JP,A)
特開平11-176250(JP,A)
特開平10-003823(JP,A)
特開平11-086636(JP,A)
特開平10-182748(JP,A)
特開昭62-223908(JP,A)
特開平02-145633(JP,A)
特開2000-294037(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01B 9/00