

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7270904号
(P7270904)

(45)発行日 令和5年5月11日(2023. 5. 11)

(24)登録日 令和5年4月28日(2023. 4. 28)

(51)Int. Cl.
G 0 1 R 29/24 (2006. 01)

F I
G 0 1 R 29/24 Z

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21)出願番号	特願2021-139566(P2021-139566)	(73)特許権者	000183738
(22)出願日	令和3年8月30日(2021. 8. 30)		春日電機株式会社
(65)公開番号	特開2023-33709(P2023-33709A)		神奈川県川崎市幸区新川崎 2 番 4 号
(43)公開日	令和5年3月13日(2023. 3. 13)	(73)特許権者	504268744
審査請求日	令和4年3月29日(2022. 3. 29)		独立行政法人労働者健康安全機構
			神奈川県川崎市中原区木月住吉町 1 番 1 号
		(74)代理人	110002446
			弁理士法人アイリンク国際特許商標事務所
		(72)発明者	鈴木 輝夫
			神奈川県川崎市幸区新川崎 2 番 4 号 春日電機株式会社内
		(72)発明者	崔 光石
			東京都清瀬市梅園 1 - 4 - 6 独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所内
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】放電電荷量測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

静電気帯電した測定対象物に接触させる検出端子と、
一方の端子が上記検出端子に接続されるとともに他方の端子が接地されたコンデンサと、
上記コンデンサに並列に接続された抵抗体と、
上記コンデンサの端子間電圧を測定する電圧測定手段と、
上記電圧測定手段で測定された電圧値のピーク値を検出するピーク検出手段と、
上記ピーク検出手段で検出された上記ピーク値を電荷量に変換する変換手段と
を備え、
上記ピーク検出手段は、予め設定されたサンプリング時間 Δt ごとに上記電圧測定手段で
測定された端子間電圧をサンプリングし、サンプリングした電圧値の最高値をピーク値と
して特定する機能を備えるとともに、
上記コンデンサの静電容量 C 、上記抵抗体の抵抗値 R 、及び上記サンプリング時間 Δt の
それぞれは、 $C \times R > \Delta t$ を満足する範囲で設定された放電電荷量測定装置。

【請求項 2】

静電気帯電した測定対象物に接触させる検出端子と、
一方の端子が上記検出端子に接続されるとともに他方の端子が接地されたコンデンサと、
上記コンデンサに並列に接続された抵抗体と、
上記コンデンサの端子間電圧を測定する電圧測定手段と、
上記電圧測定手段で測定された電圧値を電荷量に変換する変換手段と

上記変換手段で変換された電荷量のピーク値を検出するピーク検出手段とを備え、

上記ピーク検出手段は、予め設定されたサンプリング時間 Δt ごとに上記変換手段で変換された電荷量をサンプリングし、サンプリングした電荷量の最高値をピーク値として特定する機能を備えるとともに、

上記コンデンサの静電容量 C 、上記抵抗体の抵抗値 R 、及び上記サンプリング時間 Δt のそれぞれは、 $C \cdot R > \Delta t$ を満足する範囲で設定された放電電荷量測定装置。

【請求項 3】

上記静電容量 C と上記抵抗値 R 、及び上記サンプリング時間 Δt は、 $C \cdot R \geq 50 \times \Delta t$ を満足する請求項 1 又は 2 に記載の放電電荷量測定装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、帯電物体が放電したときの、放電電荷量を測定する放電電荷量測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、静電気が帯電した物体から放電が発生したときの電荷量を測定する装置が知られている。

例えば、図 4 に示す放電電荷量測定装置は、帯電物体 1 に接近させる検出端子 2 にコンデンサ 3 を直列に接続するとともに、コンデンサ 3 の端子 3 a、3 b 間の電圧を測定する電圧測定部 4 を備え、この電圧測定部 4 が検出した電圧を図示しない変換手段で電荷量に変換している。このような測定装置では、帯電物体 1 に検出端子 2 の先端 2 a を接近させると、先端 2 a と帯電物体 1 との間の電界が大きくなり、この電界が放電開始電界強度を超えると、帯電物体 1 から検出端子 2 に向かう放電が発生する。

20

この放電により帯電物体 1 から検出端子 2 側へ流れ込んだ電荷はコンデンサ 3 に充電される。この充電電荷量をコンデンサ 3 の端子 3 a、3 b 間の電圧 V を測定して検出するようにしている。具体的には、検出された端子間電圧にコンデンサ 3 の静電容量を掛けて、放電電荷量を算出する。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 212208 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記した測定装置は、検出端子 2 の先端 2 a を、帯電物体 1 に接近させる過程で、帯電物体 1 の電荷によってコンデンサ 3 に誘導電圧が発生する。

例えば、帯電物体 1 がプラスに帯電していた場合、先端 2 a が帯電物体 1 に近づくと、検出端子 2 内のマイナス電荷が帯電物体 1 のプラス電荷に引き付けられる。したがって、コンデンサ 3 の一方の端子 3 a 側にプラスの電荷が誘導されることになる。そのため、コンデンサ 3 の端子 3 a、3 b 間にはプラスの誘導電圧が発生する。

40

このように、帯電物体 1 からの放電が発生しなくても、コンデンサ 3 の端子 3 a、3 b 間に誘導電圧が発生してしまう。そのため、実際に放電が発生したときの、放電電荷量によって発生するコンデンサの端子 3 a、3 b 間の電圧が、上記誘導電圧の影響を受け、その結果、放電電荷量を正確に測定できなくなってしまう。

【0005】

この発明の目的は、測定対象物の放電電荷量を正確、簡単に測定できる放電電荷量測定装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 6 】

第 1 の発明は、静電気帯電した測定対象物に接近させる検出端子と、一方の端子が上記検出端子に接続されるとともに他方の端子が接地されたコンデンサと、上記コンデンサに並列に接続された抵抗体と、上記コンデンサの端子間電圧を測定する電圧測定手段と、上記電圧測定手段で測定された電圧値のピーク値を検出するピーク検出手段と、上記ピーク検出手段で検出された上記ピーク値を電荷量に変換する変換手段とを備え、上記ピーク検出手段は、予め設定されたサンプリング時間 Δt ごとに上記電圧測定手段で測定された端子間電圧をサンプリングし、サンプリングした電圧値の最高値をピーク値として特定する機能を備えるとともに、上記コンデンサの静電容量 C 、上記抵抗体の抵抗値 R 、及び上記サンプリング時間 Δt のそれぞれは、 $C \times R > \Delta t$ を満足する範囲で設定されている。

10

【 0 0 0 7 】

第 2 の発明は、静電気帯電した測定対象物に接触させる検出端子と、上記検出端子に接続され、上記測定対象物からの放電電荷を蓄積するコンデンサと、上記コンデンサに並列に接続された抵抗体と、上記コンデンサの端子間電圧を測定する電圧測定手段と、上記電圧測定手段で測定された電圧値を電荷量に変換する変換手段と上記変換手段で変換された電荷量のピーク値を検出するピーク検出手段とを備え、上記ピーク検出手段は、予め設定されたサンプリング時間 Δt ごとに上記変換手段で変換された電荷量をサンプリングし、サンプリングした電荷量の最高値をピーク値として特定する機能を備えるとともに、上記コンデンサの静電容量 C 、上記抵抗体の抵抗値 R 、及び上記サンプリング時間 Δt のそれぞれは、 $C \cdot R > \Delta t$ を満足する範囲で設定されている。

20

【 0 0 0 8 】

第 3 の発明は、上記静電容量 C と上記抵抗値 R 、及び上記サンプリング時間 Δt が、 $C \cdot R \geq 50 \times \Delta t$ を満足する。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

第 1、2 の発明によれば、帯電物体に検出端子を近づける過程で誘導される電荷を、抵抗体を介してアースへ逃がすことができるので、放電によって発生するコンデンサの端子間電圧が誘導電圧の影響を受けることを防止できる。さらに、コンデンサの静電容量 C 及び抵抗体の抵抗値 R を、コンデンサの端子間電圧の減衰時定数が、サンプリング時間 Δt より大きくなるように設定しているので、コンデンサの端子間電圧のピーク値をより正確に特定することができる。その結果、コンデンサに蓄積された電荷量を正確に測定することができる。

30

【 0 0 1 1 】

第 3 の発明によれば、電圧のピーク値をより正確に検出でき、放電電荷量を正確に測定できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】図 1 は、実施形態の放電電荷量測定装置の回路図である。

【図 2】図 2 は、コンデンサの端子間電圧の変化を示したグラフである。

【図 3】図 3 は、実施形態の放電電荷量測定装置を用いた電荷量の測定結果を示したグラフである。

40

【図 4】図 4 は、従来 of 電荷量測定装置の回路図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

[実施形態]

この発明の一実施形態を説明する。図 1 は、実施形態の放電電荷量測定装置の回路図、図 2 は実施形態のコンデンサの端子間電圧の変化を示すグラフ、図 3 は、実施形態の放電電荷量測定装置を用いた電荷量の測定結果を示したグラフである。

【 0 0 1 5 】

この実施形態の放電電荷量測定装置は、図 1 に示すように、先端 2 a をコロナ放電が発

50

生しにくい形状にした検出端子 2 を備え、この検出端子 2 に一方の端子 3 a を接続するとともに他方の端子 3 b を接地させたコンデンサ 3 を備えている。そして、従来と同様に、コンデンサ 3 の端子間電圧を測定する電圧測定手段である電圧測定部 4 を備えている。ただし、この実施形態では、コンデンサ 3 に並列に抵抗体 5 が接続されている。

【 0 0 1 6 】

そして、上記コンデンサ 3 の静電容量は C [F]、抵抗体 5 の抵抗値は R [Ω] である。

。なお、上記コロナ放電が発生しにくい形状とは、帯電物体 1 からの放電が尖端などの周りで持続するコロナ放電にならないような形状である。具体的には、直径が 20 [mm] 以上の球形である。このように検出端子 2 の先端 2 a の直径を大きくすることで球表面の曲率が小さくなり、検出端子 2 の先端 2 a を帯電物体 1 に接近させても、帯電物体 1 からの電界が先端 2 a の球形表面の一箇所に集中しなくなる。そのため、検出端子 2 の先端 2 a 付近でコロナ放電が発生しにくくなり、帯電物体 1 からはパルス状の放電が発生する。

【 0 0 1 7 】

もし、検出端子 2 の曲率を大きくすると、帯電物体 1 からの電界が検出端子 2 の球面の一箇所に集中して、パルス状の放電が発生する前にコロナ放電が発生してしまう。このような場合には、帯電物体 1 の帯電電荷をコロナ放電によって逃がした後に発生したパルス状の放電の放電電荷量を測定することになるため、帯電物体 1 が保持していた電荷量に相当する、パルス状の放電の放電電荷量を正確に測定できない。つまり、この実施形態で、検出端子 2 の先端 2 a をコロナ放電が発生し難い形状にしたのは、帯電物体 1 から発生する一つのパルス状の放電の放電電荷量の測定を可能にするためである。したがって、帯電物体 1 と対向する側の面が、曲率が小さい曲面などでとがった部分を持たなければ、検出端子 2 の先端 2 a は球形でなくてもよい。

【 0 0 1 8 】

また、上記電圧測定部 4 には、電圧測定部 4 が測定した電圧値のピーク値を検出して保持するピーク検出手段であるピーク検出部 6 が接続され、このピーク検出部 6 で検出された電圧のピーク値を電荷量に変換する変換部 7 (変換手段) が接続されている。さらに、変換部 7 が変換した電荷量の値を出力する出力部 8 を備えている。

【 0 0 1 9 】

上記電圧測定部 4 は、コンデンサ 3 の端子 3 a , 3 b 間の電圧を連続して検出する機能を備えている。ピーク検出部 6 は、電圧測定部 4 で検出された電圧値をサンプリング時間 Δt で繰り返しサンプリングし、最高値をピーク値 V_p として特定する機能を備えている。具体的には、ピーク検出部 6 は、測定開始時に電圧値 V_1 をサンプリングしてその電圧値 V_1 を保持し、そのサンプリング時間 Δt 後に再度、電圧値 V_2 をサンプリングするとともに、この電圧値 V_2 と V_1 とを比較して、大きい方の値を保持し、他方を消去することを一定時間繰り返し、その間の最大値をピーク値 V_p として特定する。

【 0 0 2 0 】

そして、この実施形態の放電電荷量測定装置においては、 $C \times R$ サンプリング時間 Δt となるようにしている。

上記 $C \times R$ は、放電電荷が充電されることによって上昇したコンデンサ 3 の端子間電圧が、最大電圧 V_0 から減衰する際の時定数 τ [S] に相当する。時定数 τ は、指数関数的に減衰するコンデンサ 3 の端子間電圧が最大電圧 V_0 から、その 36 . 8 % の電圧 V_1 まで減衰する時間である (図 2 参照) 。

【 0 0 2 1 】

また、上記変換部 7 は、ピーク検出部 6 で特定し保持された電圧のピーク値 V_p を電荷量 Q に変換して出力部 8 に対して出力する。変換部 7 は、上記ピーク値 V_p と上記コンデンサ 3 の静電容量 C とに基づいて、電荷量 $Q = C \times V_p$ を算出する。

出力部 8 は、入力された電荷量 Q の値を表示したり、記録したりする機能を備えている。

。なお、この実施形態では、コンデンサ 3 の静電容量 $C = 1$ [μF]、抵抗体 5 の抵抗値

10

20

30

40

50

$R = 100 [k\Omega]$ 、サンプリング時間 $\Delta t = 2 [mS]$ とする。つまり、この実施形態では、時定数 $\tau = C \times R$ が、サンプリング時間 Δt の 50 倍にしている。

【0022】

[作用・効果等]

上記のように構成されたこの実施形態の放電電荷量測定装置の作用等を説明する。

帯電物体 1 の放電電荷量を測定する際には、帯電物体 1 からの放電が発生する距離まで、検出端子 2 の先端 2 a を帯電物体 1 の表面に近づける。

この過程で、帯電物体 1 の電荷によって、検出端子 2 内において帯電物体 1 と逆極性の電荷が引き付けられ、コンデンサ 3 の一方の端子 3 a には帯電物体 1 と同極性の電荷が誘導される。しかし、この実施形態では、コンデンサ 3 に並列に抵抗体 5 が接続されているので、コンデンサ 3 に蓄積された電荷は抵抗体 5 を介して接地へ流れる。

10

このように誘導電荷は接地へ流れるので、誘導電荷によるコンデンサ 3 の端子 3 a , 3 b 間の電圧はほとんど上昇せず、ほぼゼロに保たれる。

【0023】

上記先端 2 a が一定以上近づくと、帯電物体 1 からパルス状の放電が発生し、瞬間的に放電電荷が検出端子 2 から流れ込んでコンデンサ 3 が充電される。このときコンデンサ 3 に蓄積された電荷は放電によるもので、誘導電荷による誘導電圧の影響をほとんど受けない。したがって、コンデンサ 3 の端子間電圧を測定することで、対応する放電電荷量を特定することができる。

【0024】

また、コンデンサ 3 に一旦蓄積された放電電荷も、時間とともに抵抗体 5 を介して接地へ流れてしまうため、コンデンサ 3 の端子間電圧 V は、図 2 のように減衰してしまう。そこで、ピーク検出部 6 は、次のようにしてコンデンサ 3 の端子間電圧のピーク値 V_p を検出して保持する。

20

ピーク検出部 6 は、上記電圧測定部 4 が測定したコンデンサ 3 の端子間電圧 V を、サンプリング時間 Δt 、ここでは $2 [mS]$ ごとにサンプリングする。そして、サンプリングした端子間電圧 V を対比し、ピーク値 V_p を特定して変換部 7 へ入力する。

【0025】

ピーク検出部 6 が特定して保持したピーク値 V_p が入力された変換部 7 は、上記ピーク値 V_p にコンデンサ 3 の静電容量 C を掛けて電荷量を算出し、出力部 8 に出力させる。上記変換部 7 には、コンデンサ 3 の静電容量 C の値が予め設定されている。

30

この実施形態では、誘導電荷が抵抗体 5 を介して接地へ流れるようにしているので、測定される端子間電圧が、従来のように誘導電荷の影響を受けない。

【0026】

また、ピーク検出部 6 のサンプリング時間 Δt を、コンデンサ 3 の静電容量 C と抵抗体 5 の抵抗値 R との積である時定数 τ の 50 分の 1 にしているので、ピーク値 V_p を正確に検出できる。

その理由を以下に説明する。

図 2 は、コンデンサ 3 の端子間電圧 V の変化のグラフである。帯電物体 1 からの放電が発生した瞬間 t_0 に、放電電荷がコンデンサ 3 に一気に流れ込んで端子間の電圧が V_0 まで上昇する。その後、コンデンサ 3 から抵抗体 5 を介して電荷が接地へ流れて、端子間電圧 V が減衰する。そして、時刻 t_1 で、最大電圧 V_0 の $36.8 [\%]$ まで減衰する。この時刻 t_0 から t_1 までの時間が、上記時定数 τ である。

40

【0027】

このように端子間電圧 V が減衰する過程で、ピーク検出部 6 がサンプリング時間 $\Delta t = 2 [mS]$ ごとに端子間電圧 V をサンプリングする。

一方、コンデンサ 3 の端子間電圧が減衰する時定数は、 $\tau = 100 [mS]$ である。これに対し、ピーク検出部 6 は、上記サンプリング時間 $\Delta t = 2 [mS]$ でサンプリングを実行するため、時定数 τ の時間内に 50 回のサンプリングに基づいてピーク値 V_p が特定され保持されることになる。

50

このように、最大電圧 V_0 が V_1 まで減衰するまでの間に 50 回のサンプリングを行なってピーク検出部 6 がピーク値 V_p を検出することになるので、検出された V_p は最大電圧 V_0 に近いものとなる。

【0028】

以下に、この実施形態の放電電荷量測定装置を用いた電荷量測定結果を説明する。

この実験では、上記帯電物体 1 の代わりに、市販のフィルムコンデンサに既知の値の電荷量を充電して用いた。実験で用いた電荷量は $-10000\text{ [nC]} \sim +10000\text{ [nC]}$ で、フィルムコンデンサには、 $\pm 500\text{ [nC]}$ と、 $\pm 1000\text{ [nC]}$ から 1000 [nC] ずつを与えた。

そして、充電したフィルムコンデンサに検出端子 2 の先端 2a を接触させて放電させ、その時の放電電荷量を測定した。

【0029】

この測定結果は、図 3 のグラフに示すとおりである。このグラフは、横軸をフィルムコンデンサの充電電荷量 Q_i とし、縦軸を測定値 Q_m としている。

図 3 に示すように、実施形態の放電電荷量測定装置による測定値 Q_m とフィルムコンデンサの充電電荷量 Q_i とは一致し、この放電電荷量測定装置の信頼性が確認できた。

【0030】

実施形態の放電電荷測定装置では、コンデンサ 3 と並列に、接地に接続された抵抗体 5 を設けるとともに、時定数 τ に比べてサンプリング時間 Δt を小さくしているため、放電電荷量を精度よく測定できるようになった。

サンプリング時間 Δt は、小さければ小さいほどより最大電圧 V_0 に近い値、つまり正確なピーク値 V_p を特定できることになる。ただし、サンプリング時間 Δt が時定数 τ 未満であれば、少なくとも 1 回は時定数 τ 内でのサンプリングが実行され、十分な検出精度が得られると考えられるが、上記のように 50 分の 1 ならば、さらに精度が上がる。

また、時定数 τ は、静電容量 C 及び抵抗値 R によって設定できるので、ピーク検出部 6 のサンプリング時間 $\Delta \tau$ に応じて時定数 τ を調整することもできる。

【0031】

ただし、繰り返し電荷量を測定する際には、コンデンサ 3 に蓄積された電荷をその都度すべて接地へ流さなければならない。したがって、時定数 τ が大きすぎて、上記端子間電圧の減衰時間を長く設定された測定装置は、繰り返しの電荷量測定には適さない。

上記端子間電圧 V が最大電圧 V_0 からほぼゼロになるまでの時間は、時定数 τ の約 5 倍であるので、例えば、上記のように時定数 $\tau = 100\text{ [mS]}$ ならば、約 500 [mS] でコンデンサ 3 が空になる。また、時定数 $\tau = 200\text{ [mS]}$ でも、約 1 [S] で、コンデンサ 3 が空になるので、 1 [S] 間隔での測定も可能になる。

【0032】

さらに、大きな放電電荷量を測定するためには、コンデンサ 3 の静電容量 C を大きくしなければならない。しかし、静電容量 C が放電電荷量と比べて大きすぎる場合には、端子間電圧が小さすぎて、検出精度が落ちてしまうこともある。また、コンデンサ 3 の端子間電圧の絶対値の大きさによって、対応する能力を有するピーク検出部 6 や変換部 7、出力部 8 が必要になる。

【0033】

したがって、上記コンデンサ 3 の静電容量 C 、上記抵抗体 5 の抵抗値 R 、及び上記サンプリング時間 Δt のそれぞれは、使用目的などに応じ、 $C \times R > \Delta t$ を満足する範囲で設定すればよい。

なお、上記実施形態では、ピーク検出部 6 が、端子間電圧のピーク値 V_p を特定して保持した後に、その値を電荷量に変換するようにしているが、電圧測定部 4 の測定値をそのまま電荷量に変換し、その後、電荷量のピーク値を検出して保持するようにしてもよい。

この場合には、図 1 に示す電圧測定部 4 とピーク検出部 6 との間に変換部 7 が接続される。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 3 4 】

帯電物体からの放電電荷量を、簡単かつ正確に測定することができる。

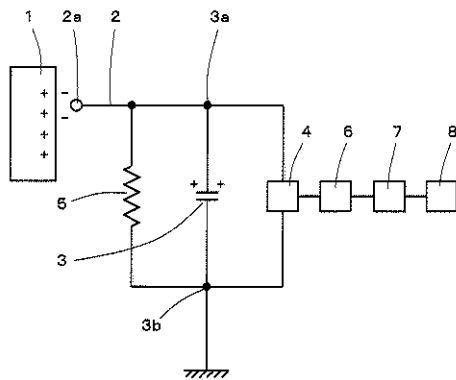
【 符号の説明 】

【 0 0 3 5 】

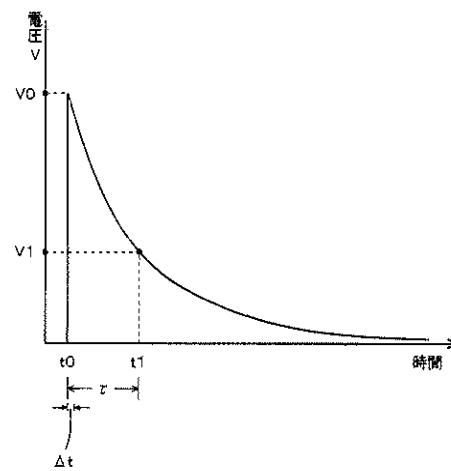
- 1 測定対象物
- 2 検出端子
- 2 a (検出端子の) 先端
- 3 コンデンサ
- 3 a , 3 b (コンデンサの) 端子
- 4 (電圧測定手段) 電圧測定部
- 5 抵抗体
- 6 (ピーク検出手段) ピーク検出部
- 7 変換部

10

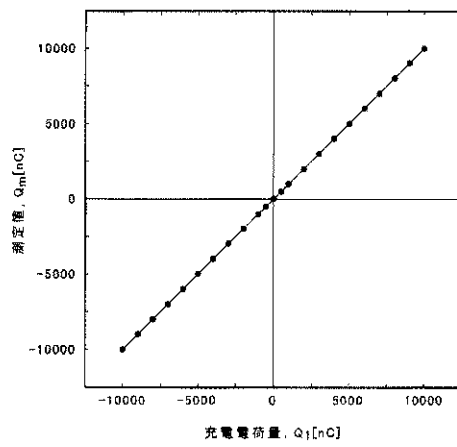
【 図 1 】



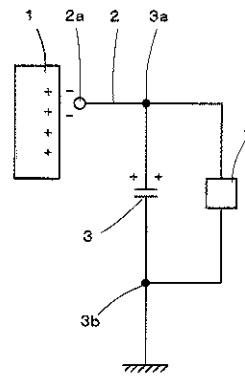
【 図 2 】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 長田 裕生
神奈川県川崎市幸区新川崎 2 番 4 号 春日電機株式会社内

(72)発明者 宮林 善也
神奈川県川崎市幸区新川崎 2 番 4 号 春日電機株式会社内

審査官 島▲崎▼ 純一

(56)参考文献 特開 2 0 1 6 - 0 1 7 8 7 3 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 0 4 2 6 4 4 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 2 1 2 2 0 8 (J P , A)
特開平 0 8 - 3 0 4 5 0 0 (J P , A)
特開平 1 0 - 1 9 7 4 8 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 0 8 1 4 6 8 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 0 7 6 2 1 3 (J P , A)
米国特許第 0 5 7 5 4 0 5 6 (U S , A)
中国特許出願公開第 1 1 1 7 6 6 4 5 8 (C N , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 R 2 9 / 2 4