

(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2012-135096

(P2012-135096A)

(43) 公開日 平成24年7月12日(2012.7.12)

(51) Int.Cl.		F I				テーマコード (参考)
<b>H02J</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	H02J	1/00	306D	2G088
<b>G01T</b>	<b>1/17</b>	<b>(2006.01)</b>	G01T	1/17	G	5G065

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2010-283648 (P2010-283648)	(71) 出願人	504151365 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 茨城県つくば市大穂1番地1
(22) 出願日	平成22年12月20日(2010.12.20)	(74) 代理人	100100549 弁理士 川口 嘉之
		(74) 代理人	100090516 弁理士 松倉 秀実
		(74) 代理人	100113608 弁理士 平川 明
		(74) 代理人	100138357 弁理士 矢澤 広伸

最終頁に続く

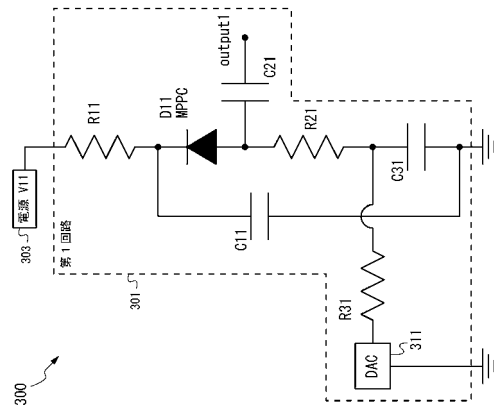
(54) 【発明の名称】 電圧調整装置、電圧調整方法、電圧調整システム

(57) 【要約】

【課題】素子への印加電圧を微調整する装置を提供する。

【解決手段】素子に直流電圧を供給する電圧調整装置であって、前記素子の高電位側端子に、第1電圧を供給する第1供給回路と、前記素子の低電位側端子に、前記第1電圧よりも小さい第2電圧を供給する第2供給回路と、を備える電圧調整装置である。また、複数の素子に直流電圧を供給する電圧調整装置であって、前記複数の素子の各高電位側端子に、第1電圧を供給する第1供給回路と、前記複数の素子の各低電位側端子に、それぞれ、前記第1電圧よりも小さい、前記複数の素子の特性に依存した複数の電圧を供給する第2供給回路と、を備える電圧調整装置である。

【選択図】図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

素子に直流電圧を供給する電圧調整装置であって、  
前記素子の高電位側端子に、第 1 電圧を供給する第 1 供給回路と、  
前記素子の低電位側端子に、前記第 1 電圧よりも小さい第 2 電圧を供給する第 2 供給回路と、  
を備える電圧調整装置。

## 【請求項 2】

複数の素子に直流電圧を供給する電圧調整装置であって、  
前記複数の素子の各高電位側端子に、第 1 電圧を供給する第 1 供給回路と、  
前記複数の素子の各低電位側端子に、それぞれ、前記第 1 電圧よりも小さい、前記複数の素子の特性に依存した複数の電圧を供給する第 2 供給回路と、  
を備える電圧調整装置。

10

## 【請求項 3】

前記第 2 供給回路は、複数の D A C (Digital to Analog Converter) を含む、  
請求項 2 に記載の電圧調整装置。

## 【請求項 4】

前記第 2 供給回路は、複数種類の電圧を出力可能な単一の D A C を含む、  
請求項 2 に記載の電圧調整装置。

## 【請求項 5】

前記第 1 供給回路は、コンデンサ及び抵抗を含む第 1 変動抑制回路を含む、  
前記第 2 供給回路は、コンデンサ及び抵抗を含む第 2 変動抑制回路を含む、  
請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載の電圧調整装置。

20

## 【請求項 6】

複数の素子の各高電位側端子に、第 1 電圧を供給し、  
前記複数の素子の各低電位側端子に、それぞれ、前記第 1 電圧よりも小さい、前記複数の素子の特性に依存した複数の電圧を供給する、  
電圧調整方法。

## 【請求項 7】

素子に直流電圧を供給する装置であって、  
前記素子の高電位側端子に、第 1 電圧を供給する第 1 供給回路と、  
前記素子の低電位側端子に、前記第 1 電圧よりも小さい第 2 電圧を供給する第 2 供給回路と、を備える複数の装置と、  
前記複数の装置のそれぞれの前記第 2 供給回路に接続され、前記複数の装置のそれぞれの前記第 2 供給回路に、それぞれ、前記素子の特性に依存した前記第 2 電圧を供給するように指示する制御部を有するコンピュータと、  
を備える電圧調整システム。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、素子に印加する電圧を調整する電圧調整方法に関する。

40

## 【背景技術】

## 【0002】

放射線を検出する放射線検出装置として、シンチレータ及び光検出器が使用されるものがある。シンチレータは、シンチレーション現象により、放射線を光に変換する。放射線検出装置は、シンチレータで変換された光を光検出器で検出することにより、入射される放射線を検出する。放射線には、アルファ線、ベータ線、ガンマ線、X線、中性子線、荷電粒子線等が含まれる。光検出器の光検出デバイス(光検出素子)として、例えば、MPPC (Multi-Pixel Photon Counter) といった半導体光検出素子、光電子増倍管が使用されうる。

50

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特開2007-67622号公報

【特許文献2】特開2003-294844号公報

【特許文献3】特開平10-253761号公報

【特許文献4】特開平11-145737号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

10

図1は、従来 of 光検出器の例を示す図である。光検出器100は、入射された光の信号を抽出する信号抽出回路を含む。ここでは、光検出器100の光検出デバイスとして、MPPCが使用される。図1の光検出器100は、抵抗R10、抵抗R20、コンデンサC10、コンデンサC20、及び、MPPC(D10)を含む。光検出器100には、電源電圧V10が印加される。光検出器100は、MPPCに光が入射されることにより光を検出する。コンデンサC20は、信号の直流成分をカットする。図1の光検出器100の出力(OUTPUT)は、ACカップリングで取り出される。

## 【0005】

多くのMPPCの動作電圧は、70V程度である。MPPCは、個体ごとに特性が異なる。例えば、個々のMPPCの動作電圧のばらつきは、±1V程度である。よって、個々のMPPCには、通常、個体ごとの特性を示すデータシートが添付されている。MPPCのデータシートは、例えば、25における動作電圧の情報、動作電圧の温度依存性の情報を含む。

20

## 【0006】

MPPCのような半導体光検出素子は、個体ごとに添付されたデータシートに基づく動作電圧が与えられると、所定の入力に対して所定の出力をする。半導体光検出素子の出力は、動作電圧に大きく依存する。例えば、MPPCに印加される電圧が10mV程度異なるだけで、MPPCの出力は大きく変化する。MPPCで一定の出力を得るには、MPPCに印加される電圧は、10mV以下の精度で調整されることが望ましい。

## 【0007】

30

放射線検出装置では、複数の光検出器100が同時に使用されることが多い。複数の光検出器100を同時に使用する場合、それぞれの光検出器100は、所定の入力に対して、一定の出力をすることが求められる。即ち、それぞれの光検出器100は、出力にばらつきが生じないようにすることを求められる。よって、光検出器100の半導体光検出素子(例えば、MPPC)には、データシートに基づく動作電圧が与えられることが求められる。

## 【0008】

半導体光検出素子への印加電圧を調整するには、半導体光検出素子毎に専用の電源を用意して、それぞれの半導体光検出素子に印加される電圧を調整する方法がある。この方法では、複数の電源を用意し、それぞれの電源を精度よく調整しなければならない。また、半導体光検出素子に印加する70V程度の電圧を10mV程度の精度で調整することは困難である。

40

## 【0009】

また、同一の特性を有する半導体光検出素子のみを用意して、同一の電源電圧を各半導体光検出素子に印加する方法がある。この方法では、様々な特性を有する半導体光検出素子から、同一の特性を有する半導体光検出素子を選別しなければならないため、高コストになる。

## 【0010】

また、各光検出器100の抵抗R10を可変抵抗にし、コンデンサC10と並列に抵抗R30を取り付けることにより、1つの電源で、各半導体光検出素子に印加する電圧の微

50

調整をする方法がある。このとき、抵抗 R 1 0 の抵抗値と抵抗 R 3 0 の抵抗値との比により、半導体光検出素子に印加される電圧が決まる。しかし、1 つ 1 つの可変抵抗により、それぞれの半導体光検出素子への印加電圧を調整することは、非常に手間がかかる。

【 0 0 1 1 】

また、M P P C のような半導体光検出素子に限らず、素子、電子回路部品では、動作特性を制御するため、印加電圧、バイアス電圧等の調整を求められるものが多い。

【 0 0 1 2 】

本発明は、素子への印加電圧を調整する装置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】

【 0 0 1 3 】

開示の電圧調整装置は、上記課題を解決するために、以下の手段を採用する。

【 0 0 1 4 】

第 1 の形態は、

素子に直流電圧を供給する電圧調整装置であって、

前記素子の高電位側端子に、第 1 電圧を供給する第 1 供給回路と、

前記素子の低電位側端子に、前記第 1 電圧よりも小さい第 2 電圧を供給する第 2 供給回路と、

を備える電圧調整装置である。

【発明の効果】

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、素子への印加電圧を調整する装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 6 】

【図 1】図 1 は、従来の光検出器の例を示す図である。

【図 2】図 2 は、光検出器の例 ( 1 ) を示す図である。

【図 3】図 3 は、多出力 D A C を使用した例を示す図である。

【図 4】図 4 は、光検出器の例 ( 2 ) を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 7 】

以下、図面を参照して実施形態について説明する。実施形態の構成は例示であり、開示の実施形態の構成に限定されない。

【 0 0 1 8 】

ここでは、高電圧を印加する素子として、光検出器の M P P C を例として説明するが、高電圧を印加する素子は、光検出器の M P P C に限定されるものではない。電圧を印加する素子として、光検出器の M P P C の代わりに、フォトダイオード、光電子増倍管等の他のいかなる素子も使用されてもよい。また、素子に電圧を印加する装置として光検出器を例として説明しているが、素子に電圧を印加する装置は、光検出器に限定されるものではない。

【 0 0 1 9 】

〔実施形態〕

図 2 は、本実施形態の光検出器の例 ( 1 ) を示す図である。図 2 の光検出器 2 0 0 は、第 1 回路 2 0 1、第 2 回路 2 0 2、電源 2 0 3 を含む。第 1 回路 2 0 1、第 2 回路 2 0 2 は、それぞれ、入射された光の信号を検出する信号検出回路を含む。光検出器 2 0 0 の第 1 回路 2 0 1 は、抵抗 R 1 1、抵抗 R 2 1、抵抗 R 3 1、コンデンサ C 1 1、コンデンサ C 2 1、コンデンサ C 3 1、及び、M P P C ( D 1 1 )、D A C ( Digital to Analog Converter ) 2 1 1 を含む。また、光検出器 2 0 0 の第 2 回路 2 0 2 は、抵抗 R 1 2、抵抗 R 2 2、抵抗 R 3 2、コンデンサ C 1 2、コンデンサ C 2 2、コンデンサ C 3 2、及び、M P P C ( D 1 2 )、D A C 2 1 2 を含む。例えば、抵抗 R 2 2 の抵抗値は 5 0 、コンデンサ C 2 2 の静電容量は、0 . 1  $\mu$  F とする。

【 0 0 2 0 】

10

20

30

40

50

光検出器200の第1回路201には、電源電圧V11が印加される。電源電圧V11は、例えば、70V程度である。電源203として、定電圧電源が使用される。光検出器200の第1回路201は、MPPC(D11)に光が入射されることにより光を検出する。コンデンサC21は、信号の直流成分をカットする。即ち、信号は、ACカップリングにより取り出される。また、DAC211は、MPPCに印加される電圧を、グランド側(接地側)から調整する。

#### 【0021】

DAC211は、コンピュータ等からの制御信号に基づく電圧を出力する。DAC211は、例えば、0.00Vから2.00V程度の電圧を出力することができる。また、高周波特性を良くし、DAC211を保護するために、コンデンサC31と、抵抗R31を使用する。

10

#### 【0022】

抵抗R11の抵抗値が10k、コンデンサC11の静電容量が0.1μFであるとすると、抵抗R11とコンデンサC11とによる時定数は、1msである。これに対し、抵抗R31の抵抗値が100、コンデンサC31の静電容量が1μFであるとすると、抵抗R31とコンデンサC31とによる時定数は、0.1msである。抵抗R31とコンデンサC31とによる時定数は、抵抗R11とコンデンサC11とによる時定数より十分小さいので、出力信号に対する、抵抗R31及びコンデンサC31の影響は、ほとんどない。

#### 【0023】

また、MPPCには、通常、高抵抗のクエンチング抵抗が付いている。このため、コンデンサC31を充電してグランドからの電圧を上げることはできない。また、仮に、MPPC(D11)のクエンチング抵抗がショートしたとしても、DAC211は、10mA程度の電流を処理できればよい。抵抗R11が10kであるので、電源電圧が100Vであったとしても、第1回路201には、10mA程度しか流れないからである。よって、DAC211は、耐圧性を求められない。中高圧電圧の漏電のおそれがある環境では、コンデンサC31と並列にツェナーダイオード等の電圧制限素子をつなぐことで、DAC211は保護される。

20

#### 【0024】

光検出器200の第2回路202は、第1回路201と同様の構成を有し、同様の動作をする。

30

#### 【0025】

多くのMPPCの動作電圧は、70V程度である。MPPCは、個体ごとに特性が異なる。例えば、個々のMPPCの動作電圧のばらつきは、±1V程度である。よって、個々のMPPCには、通常、個体ごとの特性を示すデータシートが添付されている。MPPCのデータシートは、例えば、25における動作電圧の情報、動作電圧の温度依存性の情報を含む。MPPCに印加される電圧は、添付されるデータシートにおける動作電圧に基づいて、決定される。MPPCの特性は温度に依存するので、動作電圧は温度に応じて決定されてもよい。

#### 【0026】

電源203は、第1回路201及び第2回路202に、同一の所定の電圧V11を印加する。第1回路201のDAC211は、MPPC(D11)に印加される電圧が、MPPC(D11)の動作電圧になるように、出力電圧を調整する。また、同様に、第2回路202のDAC212は、MPPC(D12)に印加される電圧が、MPPC(D12)の動作電圧になるように、出力電圧を調整する。DACの出力の精度で、MPPCに印加される電圧が調整される。MPPCの個々の特性に基づいて、動作電圧が印加されることで、第1回路201及び第2回路202は、所定の入力(光)に対し、所定の出力をすることができる。DAC211及びDAC212は、1つのコンピュータに接続されて制御されてもよい。また、DAC211及びDAC212の代わりに、多チャンネルのDACが使用されて、第1回路201及び第2回路202に、電圧が供給されてもよい。多チ

40

50

チャンネルのDACが使用されることで、光検出器200の部品点数を減らすことができる。

#### 【0027】

ここでは、光検出器200は2つの光を検出する回路(第1回路201及び第2回路202)を有するとしたが、光検出器200は2以上の光を検出する回路(電圧を印加される素子(例えば、MPPCのような素子)を含む回路)を有してもよい。即ち、光検出器200は、第1回路201及び第2回路202と同様の、第3回路、第4回路等を有してもよい。ここでは、MPPCを用いる光検出器としているが、電圧を印加される素子は、MPPCに限定されず他の素子であってもよい。光検出器200の構成は、複数の素子を含み、それぞれの素子に対して異なる電圧を印加する装置において、有効である。光検出器200は、例えば、素子に印加される電圧に対して、非常に小さい値(例えば、0.01%程度から1%程度)で電圧の微調整が求められる場合でも、印加電圧の調整をできる。また、光検出器200は、所定の電圧を印加される1以上の素子を含む装置であって、光検出器以外の装置に適用されてもよい。光検出器200は、DACの出力範囲で、MPPCに印加される電圧を変化させることができる。

10

#### 【0028】

図3は、多出力DACを使用した例を示す図である。図3の例では、8個のMPPC(MPPCを有する第1回路等と同様の回路を含む)が、多出力DACにより接地側から電圧の供給を受けている。また、これらのMPPCは、図示しない電源から所定の電圧の電力供給を受けている。多出力DACは、各MPPCに対して、異なる電圧を出力することができる。多出力DACは、各MPPCの特性に応じた電圧を、それぞれのMPPCに対して、出力する。多出力DACは、コンピュータ(PC)によって制御される。即ち、コンピュータ(PC)は、多出力DACの各出力電圧を、MPPCの特性に応じて、多出力DACに対して指示する。コンピュータは、あらかじめ、DACに接続されるMPPCの特性の情報を保持している。コンピュータが保持するMPPCの特性の情報は、例えば、データシートに記載されるような、25における動作電圧の情報、動作電圧の温度依存性の情報等である。MPPCの特性は、温度に依存するので、動作電圧は、温度に応じて変更されてもよい。多出力DACは、コンピュータからの指示を含むデジタル信号を、出力するアナログ信号、即ち、電圧値に変換し、各MPPCに対して出力する。多チャンネルのDAC(多出力DAC)が使用されることで、光検出器200の部品点数を減らすことができる。また、複数の多出力DACのそれぞれが、PCとシリアル通信で接続されてもよい。ただし、コンピュータと多出力DACとの接続は、シリアル通信による接続に限定されず、多出力DACのインタフェース仕様により、例えば、パラレル通信による接続、ネットワークを介した接続でもよい。なお、図3の例では、一部省略しているが、各多出力DACには、それぞれ、右端の多出力DACと同様に、複数のMPPCが接続される。

20

30

#### 【0029】

図4は、光検出器の例(2)を示す図である。図4の光検出器300は、光を検出する回路が1つのみの例である。図4の光検出器300は、第1回路301、電源303を含む。光検出器300の第1回路301は、光検出器200の第1回路201と同様の構成を有する。第1回路301に含まれるDAC311は、光検出器200のDAC211と同様に動作する。光検出器300は、DAC311で、電圧を調整できることで、気温が変化した場合等に、電源303の電圧を変化させることなく、MPPCに印加される電圧を調整することができる。また、光検出器300は、MPPCを交換する場合においても、電源303の電圧を変化させることなく、DAC311によりMPPCに印加される電圧を調整することができる。

40

#### 【0030】

##### 変形例

高電圧を印加する素子として、光検出器のMPPCを例として挙げたが、高電圧を印加する素子は、光検出器のMPPCに限定されるものではない。電圧を印加する素子として

50

、光検出器のMPPCの代わりに、バイアス調整を求められる素子を使用されうる。バイアス調整を求められる素子として、例えば、感度調整が求められる、フォトダイオード、光電子増倍管、増幅回路素子、MOS (Metal Oxide Semiconductor)、大電力半導体増幅素子等の素子が挙げられる。また、素子に電圧を印加する装置として光検出器を例として説明しているが、素子に電圧を印加する装置は、光検出器に限定されるものではなく、例えば、増幅器、放射線検出器、粒子線検出器等であってもよい。即ち、光検出器200または光検出器300は、電圧が印加される素子を有するいかなる装置にも適用可能である。

#### 【0031】

(実施形態の作用効果)

光検出器200は、MPPCに対し、電源により高電圧側から所定の電圧を印加する。また、光検出器200は、MPPCに対し、MPPCに印加される電圧が所定の動作電圧になるように、DACにより低電圧側(接地側)から電圧を印加する。光検出器200は、MPPCの特性に応じた電圧を、MPPCに印加することができる。また、DACは低電圧側(接地側)からMPPCに電圧を印加するため、DACに高電圧がかかる恐れが少なく、DACは、耐圧性についての設計自由度を高めることができる。

#### 【0032】

光検出器200は、複数のMPPCに対し、高電圧側から所定の電圧を印加する。また、光検出器200は、各MPPCに対し、各MPPCに印加される電圧が、各MPPCの特性に応じた動作電圧になるように、各DACにより低電圧側(接地側)から電圧を印加する。光検出器200は、それぞれのMPPCの特性に応じた電圧を、電源電圧を変化させることなく、各MPPCに印加することができる。光検出器200は、個々のMPPCに、適切な電圧を印加することができる。また、光検出器200は、電源203の電圧に依存することなく、DACの出力の精度で、素子(MPPC)に印加される電圧を調整できる。例えば、DACの出力が1mV単位で変更されうるのであれば、素子に印加される電圧は1mV単位で調整されうる。

#### 【0033】

また、光検出器200では、コンピュータが1または複数のDACに接続されることで、コンピュータから容易に、各MPPCに印加される電圧を、DACの出力範囲内で調整することができる。

#### 【0034】

印加電圧の微調整用回路としてのDACは、信号源の接地側に直列に入れられる。DACが信号源の接地側に直列に入れられることにより、DACは耐圧性を有しなくてもよい。

#### 【0035】

光検出器200の出力は、ACカップリングであるため、直流成分はカットされる。そのため、光検出器200は、DACにより接地側で電圧を調整しても、出力に影響を及ぼさない。また、光検出器200は、微調整用回路(DAC)の回りに時定数調整用の抵抗及びコンデンサを入れることで、出力信号への影響を抑えられる。

#### 【0036】

光検出器200は、異なる動作電圧を有するMPPCであっても、DACによりMPPCへの印加電圧をMPPCの特性に応じて調整することで、均質の出力特性、感度特性に制御することができる。

#### 【0037】

光検出器300は、光検出器200とほぼ同様の作用効果を有する。

#### 【符号の説明】

#### 【0038】

100	光検出器
200	光検出器
201	第1回路

10

20

30

40

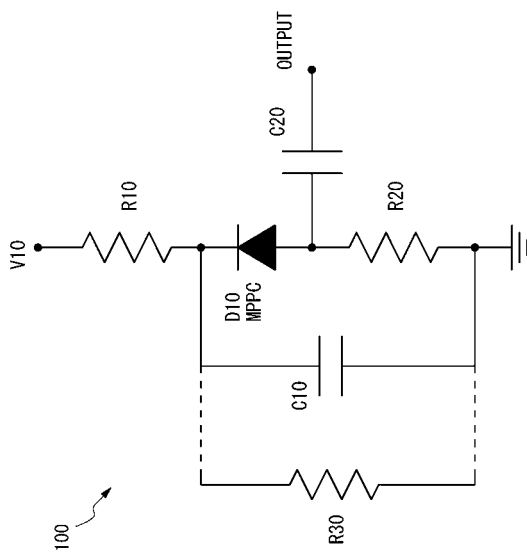
50

2 0 2	第 2 回路
2 0 3	電 源
2 1 1	D A C
2 1 2	D A C
3 0 0	光 検 出 器
3 0 1	第 1 回路
3 0 3	電 源
3 1 1	D A C
C 1 1	コ ン デ ン サ
C 1 2	コ ン デ ン サ
C 2 1	コ ン デ ン サ
C 2 2	コ ン デ ン サ
C 3 1	コ ン デ ン サ
C 3 2	コ ン デ ン サ
D 1 1	M P P C
D 1 2	M P P C
R 1 1	抵 抗
R 1 2	抵 抗
R 2 1	抵 抗
R 2 2	抵 抗
R 3 1	抵 抗
R 3 2	抵 抗

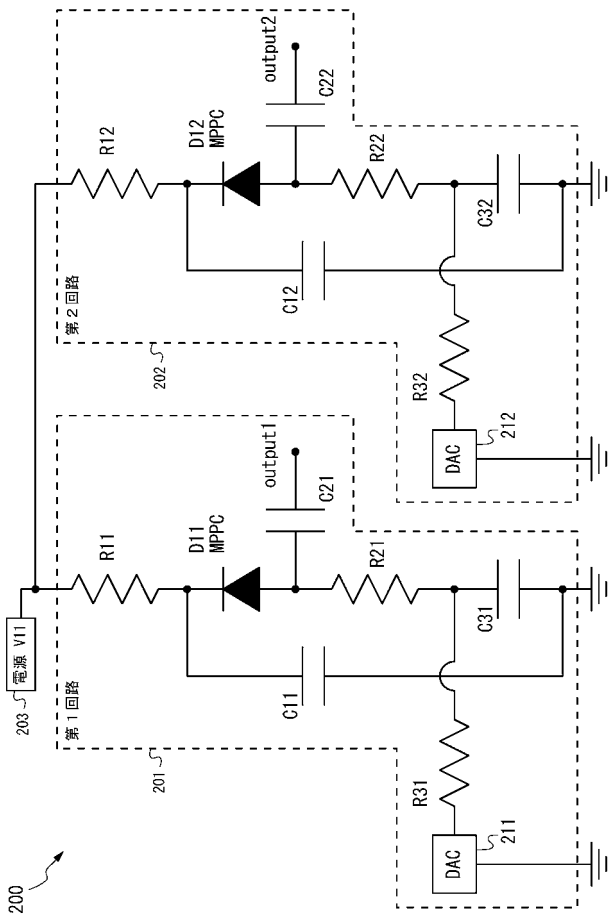
10

20

【 図 1 】

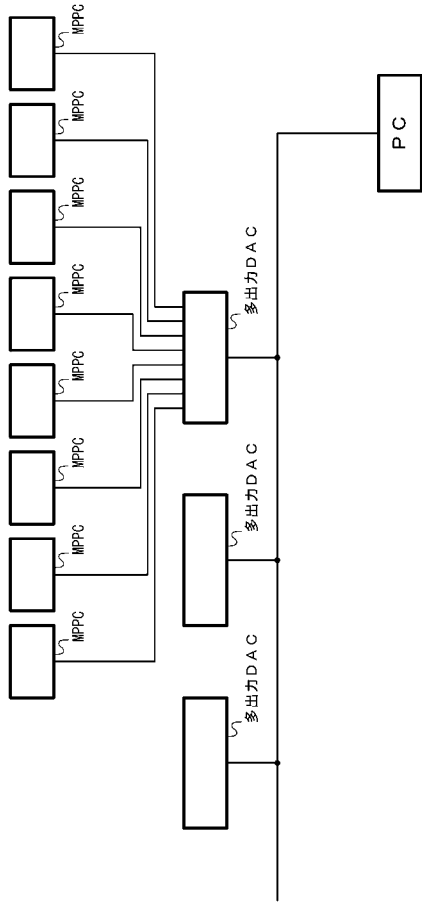


【 図 2 】

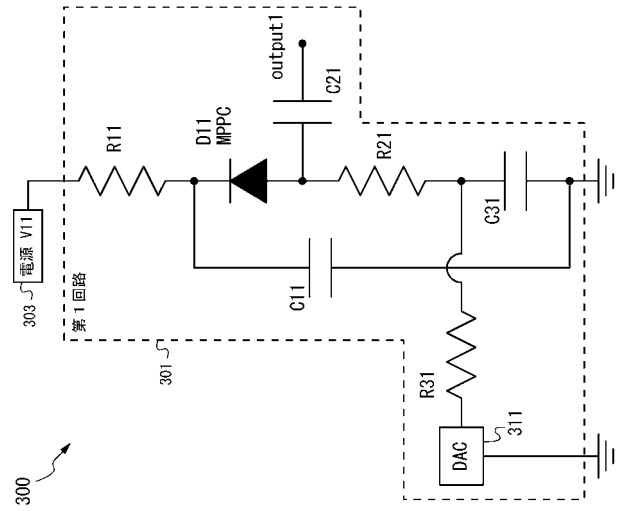




【 図 3 】



【 図 4 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 節夫

茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構内

Fターム(参考) 2G088 GG03 GG18 GG19 GG21 JJ05 JJ33

5G065 CA01 CA05 DA01 DA07 FA02 HA01 LA01 NA01 NA02 NA06