

(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2012-114585

(P2012-114585A)

(43) 公開日 平成24年6月14日(2012.6.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03K 17/56 (2006.01)	H03K 17/56	5H740
H02M 1/08 (2006.01)	H02M 1/08	5J055

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2010-260396 (P2010-260396)	(71) 出願人	000004260
(22) 出願日	平成22年11月22日 (2010.11.22)		株式会社デンソー
		(74) 代理人	110001128
			特許業務法人ゆうあい特許事務所
		(72) 発明者	千田 康隆
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
			社デンソー内
		Fターム(参考)	5H740 AA05 BA11 BC01 BC02 HH07
			JA01 JB01 KK01
			5J055 AX10 BX16 DX09 DX52 EX11
			EY01 EY17 EY21 EZ03 EZ04
			EZ09 FX04 FX12 FX17 GX01
			GX06

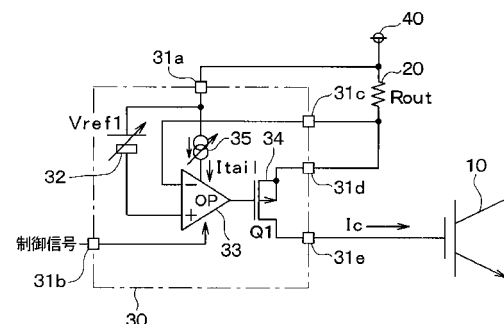
(54) 【発明の名称】 負荷駆動装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 負荷駆動装置において負荷を駆動するためのスルーレートが狙い値となるように負荷駆動装置を製造する。

【解決手段】 まず、半導体基板に第1基準電源32、スイッチング素子34、電流生成部35、およびオペアンプ33を備えた駆動回路30を形成する。この場合、第1基準電源32の第1基準電圧を調整することにより、負荷10に流す定電流の大きさを調整する。続いて、電流生成部35で生成されるテール電流が大きくなるようにテール電流のトリミングを行うことでオペアンプ33のスルーレートを調整する。これにより、オペアンプ33がスイッチング素子34を駆動したときに負荷10に流れる定電流が一定値に達するまでの定電流の立ち上がりの傾きを狙い値に調整することができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

負荷（１０）に接続されるスイッチング素子（３４）と、
テール電流を生成する電流生成部（３５）と、
前記テール電流が前記電流生成部（３５）から流れ込むと共に前記テール電流の大きさに応じたスルーレートにより前記スイッチング素子（３４）を駆動するオペアンプ（３３）と、を備え、

前記オペアンプ（３３）が前記スイッチング素子（３４）を駆動して前記負荷（１０）に定電流を流すことにより前記負荷（１０）を定電流駆動する負荷駆動装置の製造方法であって、

前記スイッチング素子（３４）、前記電流生成部（３５）、および前記オペアンプ（３３）を備えた駆動回路（３０）を形成する形成工程と、

前記形成工程の後、前記電流生成部（３５）で生成される前記テール電流の大きさを補正することにより、前記オペアンプ（３３）のスルーレートを補正して、前記オペアンプ（３３）が前記スイッチング素子（３４）を駆動したときに前記定電流の立ち上がりの傾きを狙い値に調整するトリミング工程と、を含んでいることを特徴とする負荷駆動装置の製造方法。

【請求項 2】

前記電流生成部（３５）は、基準電圧を発生させる基準電源（３５ｆ）を有し、

前記形成工程では、前記定電流の立ち上がりの傾きが前記狙い値よりも小さい値となるように前記駆動回路（３０）を形成し、

前記トリミング工程では、前記基準電源（３５ｆ）の基準電圧を大きくすることで、前記テール電流を大きくすることにより前記定電流の立ち上がりの傾きを前記狙い値に調整することを特徴とする請求項 1 に記載の負荷駆動装置の製造方法。

【請求項 3】

前記電流生成部（３５）は、抵抗値を可変できる可変抵抗（３５ｂ）を有し、

前記形成工程では、前記定電流の立ち上がりの傾きが前記狙い値よりも大きい値となるように前記駆動回路（３０）を形成し、

前記トリミング工程では、前記可変抵抗（３５ｂ）の抵抗値を大きくすることで、前記テール電流を小さくすることにより前記定電流の立ち上がりの傾きを前記狙い値に調整することを特徴とする請求項 1 に記載の負荷駆動装置の製造方法。

【請求項 4】

負荷（１０）に接続されるスイッチング素子（３４）と、

テール電流を生成する電流生成部（３５）と、

前記テール電流が前記電流生成部（３５）から流れ込むと共に前記テール電流の大きさに応じたスルーレートにより前記スイッチング素子（３４）を駆動するオペアンプ（３３）と、を備え、

前記オペアンプ（３３）が前記スイッチング素子（３４）を駆動して前記負荷（１０）に所定電圧を印加することにより前記負荷（１０）を定電圧駆動する負荷駆動装置の製造方法であって、

前記スイッチング素子（３４）、前記電流生成部（３５）、および前記オペアンプ（３３）を備えた駆動回路（３０）を形成する形成工程と、

前記形成工程の後、前記電流生成部（３５）で生成される前記テール電流の大きさを補正することにより、前記オペアンプ（３３）のスルーレートを補正して、前記オペアンプ（３３）が前記スイッチング素子（３４）を駆動したときに前記所定電圧の立ち上がりの傾きを狙い値に調整するトリミング工程と、を含んでいることを特徴とする負荷駆動装置の製造方法。

【請求項 5】

前記電流生成部（３５）は、基準電圧を発生させる基準電源（３５ｆ）を有し、

前記形成工程では、前記所定電圧の立ち上がりの傾きが前記狙い値よりも小さい値とな

10

20

30

40

50

るように前記駆動回路（３０）を形成し、

前記トリミング工程では、前記基準電源（３５ｆ）の基準電圧を大きくすることで、前記テール電流を大きくすることにより前記所定電圧の立ち上がりの傾きを前記狙い値に調整することを特徴とする請求項４に記載の負荷駆動装置の製造方法。

【請求項６】

前記電流生成部（３５）は、抵抗値を可変できる可変抵抗（３５ｂ）を有し、

前記形成工程では、前記所定電圧の立ち上がりの傾きが前記狙い値よりも大きい値となるように前記駆動回路（３０）を形成し、

前記トリミング工程では、前記可変抵抗（３５ｂ）の抵抗値を大きくすることで、前記テール電流を小さくすることにより前記所定電圧の立ち上がりの傾きを前記狙い値に調整することを特徴とする請求項４に記載の負荷駆動装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、負荷を駆動する負荷駆動装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

従来より、負荷としてＩＧＢＴ等のスイッチング素子のゲートを定電流で駆動するゲート駆動回路が、例えば特許文献１で提案されている。この特許文献１では、スイッチング素子のゲートに定電流パルスゲート駆動回路が接続されたゲート駆動回路が提案されている。このゲート駆動回路では、制御信号に従って定電流パルスゲート駆動回路が動作すると、定電流パルスゲート駆動回路からスイッチング素子のゲートに定電流が供給されることで負荷であるスイッチング素子が駆動される。

【０００３】

また、定電流の特性誤差を補正する技術としてトリミングの手法が一般的に使用されている。例えば、定電流パルスゲート駆動回路内の基準電圧を補正することで、定電流の安定点（一定値）の精度を向上させることができる。

【０００４】

なお、上記では定電流で負荷を駆動することについて説明したが、もちろん定電圧で負荷を駆動しても良い。その場合は定電圧でスイッチング素子を駆動する回路を用いることとなる。また、負荷はＩＧＢＴ等のスイッチング素子に限らず、容量負荷や抵抗負荷でも良い。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２００９－１１０４９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかしながら、上記従来の技術では、トリミングによって基準電圧を補正することにより、定電流の安定点を調整することはできるが、定電流パルスゲート駆動回路のスルーレートを補正することができないという問題がある。この問題は、定電圧で負荷を駆動する駆動回路においても同様に生じる。

【０００７】

例えば、定電流パルスゲート駆動回路の特性ばらつきにより、定電流パルスゲート駆動回路のスルーレートがばらつくと、スイッチング素子のゲート電圧の傾き（ dv/dt ）がばらついてしまう。このため、スイッチング素子のＳＷ損失が増加することや、スイッチング素子がサージによって破壊されてしまうという懸念がある。

【０００８】

本発明は上記点に鑑み、負荷を駆動するための負荷駆動装置においてスルーレートが狙

10

20

30

40

50

い値となるように負荷駆動装置を製造する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】

【0009】

上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明では、負荷(10)に接続されるスイッチング素子(34)と、テール電流を生成する電流生成部(35)と、テール電流が電流生成部(35)から流れ込むと共にテール電流の大きさに応じたスルーレートによりスイッチング素子(34)を駆動するオペアンプ(33)と、を備え、オペアンプ(33)がスイッチング素子(34)を駆動して負荷(10)に定電流を流すことにより負荷(10)を定電流駆動する負荷駆動装置の製造方法であって、以下の点を特徴としている。

【0010】

まず、スイッチング素子(34)、電流生成部(35)、およびオペアンプ(33)を備えた駆動回路(30)を形成する形成工程を行う。形成工程の後、電流生成部(35)で生成されるテール電流の大きさを補正することにより、オペアンプ(33)のスルーレートを補正して、オペアンプ(33)がスイッチング素子(34)を駆動したときに定電流の立ち上がりの傾きを狙い値に調整するトリミング工程を行うことを特徴とする。

【0011】

これによると、電流生成部(35)のテール電流の大きさを補正することによりオペアンプ(33)のスルーレートを補正するので、オペアンプ(33)によって駆動されるスイッチング素子(34)に流れる定電流が一定値に達するまでの時間を補正することができる。したがって、負荷(10)を定電流駆動するためのスルーレートが狙い値となるように負荷駆動装置を製造することができる。

【0012】

請求項2に記載の発明では、電流生成部(35)は、基準電圧を発生させる基準電源(35f)を有している。形成工程では、定電流の立ち上がりの傾きが狙い値よりも小さい値となるように駆動回路(30)を形成する。また、トリミング工程では、基準電源(35f)の基準電圧を大きくすることで、テール電流を大きくすることにより定電流の立ち上がりの傾きを狙い値に調整することを特徴とする。

【0013】

このように、電流生成部(35)の基準電源(35f)の基準電圧を大きくすることで定電流の傾きを狙い値に合わせることができる。

【0014】

請求項3に記載の発明では、電流生成部(35)は、抵抗値を可変できる可変抵抗(35b)を有している。そして、形成工程では、定電流の立ち上がりの傾きが狙い値よりも大きい値となるように駆動回路(30)を形成する。また、トリミング工程では、可変抵抗(35b)の抵抗値を大きくすることで、テール電流を小さくすることにより定電流の立ち上がりの傾きを狙い値に調整することを特徴とする。

【0015】

このように、電流生成部(35)の可変抵抗(35b)の抵抗値を大きくすることで定電流の傾きを狙い値に合わせることができる。

【0016】

請求項4に記載の発明では、負荷(10)に接続されるスイッチング素子(34)と、テール電流を生成する電流生成部(35)と、テール電流が電流生成部(35)から流れ込むと共にテール電流の大きさに応じたスルーレートによりスイッチング素子(34)を駆動するオペアンプ(33)と、を備え、オペアンプ(33)がスイッチング素子(34)を駆動して負荷(10)に所定電圧を印加することにより負荷(10)を定電圧駆動する負荷駆動装置の製造方法であって、以下の点を特徴としている。

【0017】

まず、スイッチング素子(34)、電流生成部(35)、およびオペアンプ(33)を備えた駆動回路(30)を形成する形成工程を行う。そして、形成工程の後、電流生成部(35)で生成されるテール電流の大きさを補正することにより、オペアンプ(33)の

10

20

30

40

50

スルーレートを補正して、オペアンプ（３３）がスイッチング素子（３４）を駆動したときに所定電圧の立ち上がりの傾きを狙い値に調整するトリミング工程を行うことを特徴とする。

【００１８】

これによると、電流生成部（３５）のテール電流の大きさを補正することによりオペアンプ（３３）のスルーレートを補正するので、オペアンプ（３３）がスイッチング素子（３４）を駆動することによって負荷（１０）に印加される所定電圧が一定値に達するまでの時間を補正することができる。したがって、負荷（１０）を定電圧駆動するためのスルーレートが狙い値となるように負荷駆動装置を製造することができる。

【００１９】

請求項５に記載の発明では、電流生成部（３５）は、基準電圧を発生させる基準電源（３５ｆ）を有している。そして、形成工程では、所定電圧の立ち上がりの傾きが狙い値よりも小さい値となるように駆動回路（３０）を形成する。また、トリミング工程では、基準電源（３５ｆ）の基準電圧を大きくすることで、テール電流を大きくすることにより所定電圧の立ち上がりの傾きを狙い値に調整することを特徴とする。

【００２０】

このように、電流生成部（３５）の基準電源（３５ｆ）の基準電圧を大きくすることで所定電圧の立ち上がりの傾きを狙い値に合わせることができる。

【００２１】

請求項６に記載の発明では、電流生成部（３５）は、抵抗値を可変できる可変抵抗（３５ｂ）を有している。そして、形成工程では、所定電圧の立ち上がりの傾きが狙い値よりも大きい値となるように駆動回路（３０）を形成する。また、トリミング工程では、可変抵抗（３５ｂ）の抵抗値を大きくすることで、テール電流を小さくすることにより所定電圧の立ち上がりの傾きを狙い値に調整することを特徴とする。

【００２２】

このように、電流生成部（３５）の可変抵抗（３５ｂ）の抵抗値を大きくすることで所定電圧の立ち上がりの傾きを狙い値に合わせることができる。

【００２３】

なお、この欄および特許請求の範囲に記載した各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【図面の簡単な説明】

【００２４】

【図１】本発明の第１実施形態に係る負荷駆動装置を示した回路図である。

【図２】図１に示された電流生成部の一例を示した回路図である。

【図３】オペアンプに制御信号が入力されたときの定電流の立ち上がりとその定電流の立ち上がりの傾きを調整する様子を示した図である。

【図４】本発明の第２実施形態に係る電流生成部を示した回路図である。

【図５】第２実施形態において、オペアンプに制御信号が入力されたときの定電流の立ち上がりとその定電流の立ち上がりの傾きを調整する様子を示した図である。

【図６】本発明の第３実施形態に係る負荷駆動装置を示した回路図である。

【図７】第３実施形態において、ゲート電圧の立ち上がりの傾きを調整する様子を示した図である。

【図８】第４実施形態において、ゲート電圧の立ち上がりの傾きを調整する様子を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【００２５】

以下、本発明の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、図中、同一符号を付してある。

【００２６】

（第１実施形態）

10

20

30

40

50

以下、本発明の第1実施形態について図を参照して説明する。本実施形態で示される負荷駆動装置は、例えばIGBT、パワーMOSFET、容量負荷、抵抗負荷等の負荷を定電流で駆動するために用いられる装置である。

【0027】

図1は、本実施形態に係る負荷駆動装置を負荷に接続した回路図である。本実施形態では、負荷10としてIGBTが採用されている。このIGBTにはモータ等のさらなる負荷が接続され、IGBTによって駆動される。

【0028】

負荷駆動装置は、負荷10に定電流（図1の I_c ）を流すことによって負荷10を定電流駆動するものであり、シャント抵抗20（図1の R_{out} ）と駆動回路30とを備えて構成されている。

10

【0029】

シャント抵抗20は、負荷10に流れる定電流に対応する電流が流れるセンシング用の抵抗である。シャント抵抗20の一端側は駆動回路30に接続され、他端側は電源40に接続されている。

【0030】

駆動回路30は、シャント抵抗20に流れる電流に対応する定電流を負荷10に流すことで負荷10を駆動する回路である。駆動回路30は、例えばICチップとして構成されている。

【0031】

そして、駆動回路30は、第1～第5端子31a～31eと、第1基準電源32（図1の V_{ref1} ）と、オペアンプ33（図1のOP）と、スイッチング素子34（図1のQ1）と、電流生成部35と、を備えている。なお、第1～第5端子31a～31eは、ICチップの各端子である。

20

【0032】

第1基準電源32は第1基準電圧を発生させるものである。第1基準電圧は可変になっており、第1基準電圧の調整によって定電流の値を調整できるようになっている。第1基準電圧の調整は負荷駆動装置の製造の際に行われる。

【0033】

また、第1基準電源32の正極側は駆動回路30の第1端子31aに接続されている。この第1端子31aには電源40およびシャント抵抗20の他端側も接続されている。一方、第1基準電源32の負極側はオペアンプ33の非反転入力端子に接続されている。

30

【0034】

オペアンプ33は、第1基準電圧に基づいてシャント抵抗20に流れる電流をフィードバック制御することで、負荷10に流す定電流の大きさを調整する役割を果たすものである。オペアンプ33は、外部から第2端子31bを介して駆動回路30に入力される制御信号に基づいて制御されるようになっている。この制御信号によって負荷10の動作が制御される。

【0035】

また、オペアンプ33の非反転入力端子（+）は第1基準電源32の負極側に接続されている。これにより、オペアンプ33の非反転入力端子には第1基準電圧に対応する第1印加電圧が印加される。この第1印加電圧は、電源40の電源電圧から第1基準電圧が差し引かれた電圧に相当する。一方、オペアンプ33の反転入力端子（-）は第3端子31cに接続されている。この第3端子31cにはシャント抵抗20の一端側も接続されている。これにより、オペアンプ33の反転入力端子にはシャント抵抗20の一端側の第2印加電圧が印加される。この第2印加電圧は、電源40の電源電圧からシャント抵抗20の電圧降下分が差し引かれた電圧に相当する。

40

【0036】

スイッチング素子34は、オペアンプ33の出力によってスイッチングされる素子である。本実施形態では、スイッチング素子34としてPch型のパワーMOSFETが用い

50

られている。そして、スイッチング素子 34 のゲートはオペアンプ 33 の出力端子に接続され、ソースは駆動回路 30 の第 4 端子 31 d に接続されている。この第 4 端子 31 d にはシャント抵抗 20 の一端側も接続されている。さらに、スイッチング素子 34 のドレインは駆動回路 30 の第 5 端子 31 e に接続されている。この第 5 端子 31 e には負荷 10 である IGBT のゲートも接続されている。

【0037】

電流生成部 35 は、一定のテール電流（図 1 の I_{tail} ）を生成する定電流回路である。このテール電流は、制御信号に対するオペアンプ 33 の出力の応答速度を決定する電流である。

【0038】

図 2 は、電流生成部 35 の一例を示した回路図である。この図に示されるように、電流生成部 35 は、抵抗 35 a、35 b およびトランジスタ 35 c、35 d、35 e によって定電流源が構成され、トランジスタ 35 c のゲート入力に第 2 基準電源 35 f（図 2 の V_{ref2} ）およびトランジスタ 35 g によって制御される構成になっている。トランジスタ 35 c は NPN 型のバイポーラトランジスタであり、トランジスタ 35 d、35 e、35 g は PNP 型のバイポーラトランジスタである。第 2 基準電源 35 f は第 2 基準電圧を発生させ、第 2 基準電圧は可変になっている。

【0039】

トランジスタ 35 d、35 e によりカレントミラー回路が構成されており、トランジスタ 35 c および抵抗 35 b に流れる電流がトランジスタ 35 d によってトランジスタ 35 e に移される。PNP 型のトランジスタ 35 g はコレクタ接地になっており、第 2 基準電源 35 f の第 2 基準電圧が抵抗 35 b に印加される。

【0040】

したがって、テール電流を I_{tail} とし、第 2 基準電源 35 f の第 2 基準電圧を V_{ref2} とし、抵抗 35 b の抵抗を R とすると、テール電流は $I_{tail} = V_{ref2} / R$ で表される。このように、テール電流は第 2 基準電源 35 f の第 2 基準電圧に比例するので、第 2 基準電圧が高くなるとテール電流 I_{tail} は大きくなり、第 2 基準電圧が低くなるとテール電流 I_{tail} は小さくなる。上述のように、第 2 基準電圧は可変になっているので、負荷駆動装置の製造の際に第 2 基準電圧が調整される。電流生成部 35 で生成されたテール電流はオペアンプ 33 に供給される。

【0041】

上記のようにして電流生成部 35 で生成されるテール電流により、オペアンプ 33 のスルーレートが決まる。スルーレートとは、オペアンプ 33 が制御信号に従ってスイッチング素子 34 を駆動する際の制御信号に対する応答速度に相当する。オペアンプ 33 のスルーレートを dv/dt とし、位相補償容量を C_p とすると、オペアンプ 33 のスルーレートは一般的に $dv/dt = I_{tail} / C_p$ で表される。したがって、テール電流が大きいほどオペアンプ 33 のスルーレートは高くなり、テール電流が小さいほどオペアンプ 33 のスルーレートは低くなる。

【0042】

そして、オペアンプ 33 はテール電流の大きさで決まるスルーレートに従ってスイッチング素子 34 を駆動するので、負荷 10 にはオペアンプ 33 のスルーレートに応じた定電流が流れる。したがって、スイッチング素子 34 に流れる定電流の立ち上がりの傾きはオペアンプ 33 のスルーレートの大きさによって決まる。この定電流の立ち上がりの傾きは、テール電流の大きさが調整されることで狙い値に設定されている。

【0043】

以上が、本実施形態に係る負荷駆動装置の回路構成である。上記の負荷駆動装置は定電流を負荷 10 である IGBT のゲートに流す動作を行うので、IGBT をオンする装置である。

【0044】

次に、上記構成の負荷駆動装置の製造方法について説明する。まず、半導体プロセスの

10

20

30

40

50

方法により、半導体基板に第1基準電源32、スイッチング素子34、電流生成部35、およびオペアンプ33を備えた駆動回路30を形成する（形成工程）。この場合、第1基準電源32の第1基準電圧を調整することにより、負荷10に流す定電流の大きさを調整する。

【0045】

このように、駆動回路30を形成した段階では、オペアンプ33がスイッチング素子34を駆動すると、定電流の立ち上がりの傾きが狙い値よりも小さい値となるように駆動回路30を形成する。すなわち、テール電流を小さい値に設定して駆動回路30を形成する。

【0046】

この後、電流生成部35で生成されるテール電流の大きさを補正することにより、オペアンプ33のスルーレートを補正する（トリミング工程）。これについて、図3を参照して説明する。図3は、オペアンプ33に制御信号が入力されたときの定電流の立ち上がりとその定電流の立ち上がりの傾きを調整する様子を示した図である。

【0047】

図3に示されるように、テール電流の初期値に対応した定電流の立ち上がりの傾きは狙い値よりも小さくなっている。この状態で図2に示される第2基準電源35fの第2基準電圧を大きくする。テール電流は上述のように $I_{tail} = V_{ref2} / R$ で表されるので、第2基準電圧を大きくすることでテール電流が大きくなる。そして、図3に示されるように、第2基準電圧を大きくしてテール電流の初期値を2倍、3倍というように大きくすることで、定電流の傾きを狙い値に調整する。

【0048】

このように、電流生成部35で生成されるテール電流が大きくなるようにテール電流のトリミングを行うことで、オペアンプ33がスイッチング素子34を駆動したときに定電流が一定値に達するまでの定電流の立ち上がりの傾きを狙い値に調整することができる。

【0049】

上記のようにしてテール電流のトリミングを行った後、駆動回路30をICチップ化し、ICチップやシャント抵抗20等を基板に組み付けることで負荷駆動装置が完成する。もちろん、この基板に負荷10を実装しても良い。また、駆動回路30をICチップ化した後にICチップの外部からテール電流の調整を行っても良い。

【0050】

次に、上記のようにして製造した負荷駆動装置の作動について説明する。まず、外部から制御信号が駆動回路30に入力されると、オペアンプ33がスイッチング素子34をオンする。この場合、オペアンプ33は電流生成部35から流れ込むテール電流の大きさに応じたスルーレートによりスイッチング素子34を駆動する。

【0051】

これにより、電源40、シャント抵抗20、スイッチング素子34、負荷10という経路が形成される。そして、負荷10のゲートに定電流 I_c が流れる。この場合、図3に示されるように、制御信号の立ち上がりに対して定電流が所定の傾きで立ち上がる。この後、定電流は一定値となる。

【0052】

そして、負荷10に定電流 I_c が流れると、この I_c の大きさに応じた傾きで負荷10のゲート電圧が上昇する。そして、ゲート電圧が負荷10の閾値電圧 (V_t) に達すると、負荷10がオンする。

【0053】

上記のようにオペアンプ33がスイッチング素子34を駆動して負荷10に定電流を流す際、定電流が立ち上がって一定値に達した後、駆動回路30のオペアンプ33は第1印加電圧と第2印加電圧とが等しくなるようにスイッチング素子34を駆動する。これにより、オペアンプ33はシャント抵抗20に流れる電流の大きさを一定に制御している。

【0054】

これは、第1基準電源32の第1基準電圧の値を V_{ref1} とし、シャント抵抗20の抵抗値を R_{out} とし、定電流の値を I_c とすると、 $I_c = V_{ref1} / R_{out}$ として表されるので、 $V_{ref1} = R_{out} \times I_c$ となるようにオペアンプ33がスイッチング素子34のゲートを制御することを意味している。

【0055】

このように、シャント抵抗20に流れる電流の大きさをフィードバック制御して、定電流 I_c の大きさを一定に維持しているので、IGBTのゲート電圧の立ち上がりの傾きを一定にすることができる。このため、負荷10を安定して制御することができる。

【0056】

以上説明したように、本実施形態では、負荷駆動装置を製造するに際し、電流生成部35で生成されるテール電流の大きさを変化させることでオペアンプ33のスルーレートを補正することが特徴となっている。これにより、負荷10に流す定電流が一定値に達するまでの定電流の立ち上がりの傾きを狙い値に調整することができる。特に、本実施形態では、電流生成部35の第2基準電源35fの第2基準電圧を大きくすることで、定電流の傾きを大きくしながら狙い値に合わせることができる。このような調整方法は、定電流の立ち上がりの傾きを大きくする場合に有効である。したがって、定電流で負荷10を駆動するためのオペアンプ33のスルーレートが狙い値となるように負荷駆動装置を製造することができる。

【0057】

なお、本実施形態の記載と特許請求の範囲の記載との対応関係については、第2基準電源35fが特許請求の範囲の「基準電源」に対応し、第2基準電圧が特許請求の範囲の「基準電圧」に対応する。

【0058】

(第2実施形態)

本実施形態では、第1実施形態と異なる部分について説明する。第1実施形態では、電流生成部35の第2基準電源35fの第2基準電圧を大きくすることでテール電流をトリミングしていたが、本実施形態では、電流生成部35の抵抗35bの抵抗値を調整することでテール電流をトリミングすることが特徴となっている。

【0059】

図4は、本実施形態に係る電流生成部35を示した回路図である。この図に示されるように、回路構成は図2に示された回路と同じであるが、第2基準電源35fの第2基準電圧は固定値とされている。また、本実施形態では、抵抗35b(図4中の R_{trim})の抵抗値は可変になっている。本実施形態では、この抵抗35bの抵抗値を調整する。

【0060】

具体的には、上述の形成工程において、定電流の立ち上がりの傾きが狙い値よりも大きい値となるように駆動回路30を形成する。すなわち、テール電流を大きい値に設定して駆動回路30を形成する。

【0061】

この後、電流生成部35で生成されるテール電流の大きさを補正することにより、オペアンプ33のスルーレートを補正する。これについて、図5を参照して説明する。図5は、オペアンプ33に制御信号が入力されたときの定電流の立ち上がりとその定電流の立ち上がりの傾きを調整する様子を示した図である。

【0062】

図5に示されるように、テール電流の初期値に対応した定電流の立ち上がりの傾きは狙い値よりも大きくなっている。この状態で図4に示される抵抗35bに対して例えばレーザトリミングを行うことにより抵抗値を大きくする。そして、テール電流は上述のように $I_{tail} = V_{ref2} / R$ で表されるので、抵抗35bの抵抗値である R を大きくすることでテール電流を小さくする。そして、図5に示されるように、テール電流の初期値を $1/2$ 、 $1/4$ というように小さくすることで、定電流の立ち上がりの傾きを狙い値に調整する。

【0063】

以上説明したように、電流生成部35を構成する抵抗35bの抵抗値を大きくしてテール電流を小さくすることにより、定電流の立ち上がりの傾きを狙い値に合わせることができる。このような調整方法は、定電流の立ち上がりの傾きを小さくする場合に有効である。したがって、定電流で負荷10を駆動するためのオペアンプ33のスルーレートが狙い値となるように負荷駆動装置を製造することができる。

【0064】

なお、本実施形態の記載と特許請求の範囲の記載との対応関係については、抵抗35bが特許請求の範囲の「可変抵抗」に対応する。

【0065】

10

(第3実施形態)

本実施形態では、第1、第2実施形態と異なる部分について説明する。上記各実施形態では、負荷駆動装置は定電流で負荷10を駆動するように構成されていたが、本実施形態では負荷駆動装置は負荷10に所定電圧を印加することにより負荷10を定電圧駆動するように構成されていることが特徴となっている。

【0066】

図6は、本実施形態に係る負荷駆動装置を負荷10に接続した回路図である。この図に示されるように、負荷駆動装置は駆動回路30のみを備えた構成になっている。

【0067】

電源40は駆動回路30の第1端子31aに接続されている。これにより、駆動回路30の各部は電源電圧に基づいて動作する。

20

【0068】

駆動回路30は、図1に示される第1～第5端子31a～31e、第1基準電源32、オペアンプ33、スイッチング素子34、電流生成部35の他、第1帰還抵抗36(図6のR1)および第2帰還抵抗37(図6のR2)を備えている。

【0069】

第1帰還抵抗36および第2帰還抵抗37は、負荷10であるIGBTのゲート電圧をオペアンプ33にフィードバックさせるための抵抗である。第1帰還抵抗36は第3端子31cに接続され、第2帰還抵抗37は第1帰還抵抗36とグランドとの間に接続されている。第3端子31cはIGBTのゲートに接続されている。また、第1帰還抵抗36と第2帰還抵抗37との接続点がオペアンプ33の非反転入力端子に接続されている。つまり、第1帰還抵抗36および第2帰還抵抗37はオペアンプ33のゲインを決める抵抗である。

30

【0070】

第1基準電源32は一定の第1基準電圧を発生させるようになっている。第1基準電源32の正極側はオペアンプ33の非反転入力端子に接続され、第1基準電源32の負極側はグランドに接続されている。

【0071】

オペアンプ33は、負荷10のゲート電圧をフィードバック制御することで、負荷10に印加する定電圧の大きさを調整する役割を果たす。第1実施形態と同様に、オペアンプ33は外部から第2端子31bを介して駆動回路30に入力される制御信号に基づいて制御される。

40

【0072】

また、オペアンプ33の非反転入力端子には第1帰還抵抗36および第2帰還抵抗37によるゲート電圧の分圧が第1印加電圧として印加される。一方、オペアンプ33の反転入力端子には第1基準電源32の第1基準電圧が第2印加電圧として印加される。これにより、オペアンプ33は第1印加電圧と第2印加電圧とが等しくなるようにスイッチング素子34を駆動する。

【0073】

スイッチング素子34は、第1実施形態と同様に、オペアンプ33の出力によってスイ

50

ッティングされる Pch 型のパワー MOSFET である。スイッチング素子 34 のゲートはオペアンプ 33 の出力端子に接続され、ソースは駆動回路 30 の第 4 端子 31d に接続されている。この第 4 端子 31d は電源 40 にも接続されている。さらに、スイッチング素子 34 のドレインは駆動回路 30 の第 5 端子 31e に接続されている。この第 5 端子 31e には負荷 10 である IGBT のゲートが接続されている。

【0074】

電流生成部 35 は、第 1 端子 31a とオペアンプ 33 との間に接続されている。電流生成部 35 は、例えば図 2 に示された構成になっている。すなわち、第 2 基準電源 35f の第 2 基準電圧を調整することでテール電流の大きさを調整する構成である。

【0075】

以上の構成により、オペアンプ 33 によってスイッチング素子 34 が駆動されると、電源 40、スイッチング素子 34、負荷 10 という経路が形成され、負荷 10 である IGBT のゲートに所定電圧が印加される。これにより、負荷 10 のゲートが一定の定電圧で駆動される。この定電圧は電源電圧に相当する。

【0076】

なお、上記の負荷駆動装置は所定電圧を負荷 10 である IGBT のゲートに印加する動作を行うので、IGBT をオンする装置である。

【0077】

また、上記の構成において、第 1 実施形態と同様にオペアンプ 33 のスルーレートの調整を行うことができる。このため、駆動回路 30 を形成する際には、負荷 10 に印加する所定電圧の立ち上がりの傾きが狙い値よりも小さい値となるように駆動回路 30 を形成しておく。すなわち、テール電流を小さい値に設定しておく。

【0078】

図 7 は、オペアンプ 33 に制御信号が入力されたときの所定電圧の立ち上がり（つまりゲート電圧の立ち上がり）とこの所定電圧の立ち上がりの傾きを調整する様子を示した図である。本実施形態では、図 2 に示される電流生成部 35 を採用しているため、第 2 基準電源 35f の第 2 基準電圧を大きくすることでテール電流を大きくする。これにより、図 7 に示されるように、所定電圧（ゲート電圧）の立ち上がりの傾きを狙い値に合わせることができる。このためゲート電圧の傾きが大きすぎてオーバーシュートになることや、ゲート電圧の傾きが小さすぎて SW 損失が増加することを回避できる。

【0079】

なお、本実施形態の記載と特許請求の範囲の記載との対応関係については、第 2 基準電源 35f が特許請求の範囲の「基準電源」に対応し、第 2 基準電圧が特許請求の範囲の「基準電圧」に対応する。

【0080】

（第 4 実施形態）

本実施形態では、第 3 実施形態と異なる部分について説明する。上記第 3 実施形態では、電流生成部 35 の第 2 基準電源 35f の第 2 基準電圧を調整していたが、本実施形態では第 2 実施形態と同様に、電流生成部 35 の抵抗 35b の抵抗値を調整することが特徴となっている。

【0081】

図 8 は、電流生成部 35 の抵抗 35b の抵抗値を調整することにより、オペアンプ 33 に制御信号が入力されたときの所定電圧の立ち上がり（つまりゲート電圧の立ち上がり）とこの所定電圧の立ち上がりの傾きを調整する様子を示している。そして、抵抗 35b の抵抗値を大きくすることでテール電流を小さくする。これにより、オペアンプ 33 のスルーレートを狙い値に調整できるので、図 8 に示されるように所定電圧の立ち上がりの傾きを狙い値に調整することができる。

【0082】

なお、本実施形態の記載と特許請求の範囲の記載との対応関係については、抵抗 35b が特許請求の範囲の「可変抵抗」に対応する。

【0083】

（他の実施形態）

上記各実施形態で示された負荷駆動装置の構成は一例であり、上記で示した構成に限定されることなく、本発明の特徴を含んだ他の構成とすることもできる。例えば、スイッチング素子34はパワーMOSFETではなくPNP型のバイポーラトランジスタでも良い。

【0084】

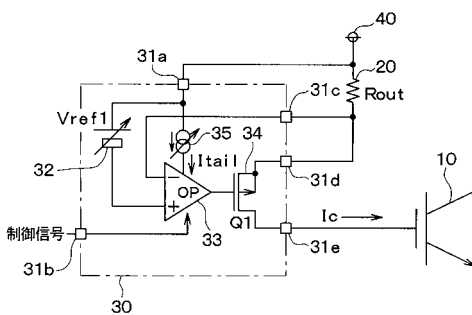
第1、第2実施形態では、負荷駆動装置は負荷10をオンする装置として構成されていたが、負荷10をオフするように負荷駆動装置を構成しても良い。この場合、オペアンプ33の論理を反転させる必要があるが、スイッチング素子34にNch型のMOSFETやNPN型のバイポーラトランジスタを用いることで駆動回路30を構成しても良い。そして、負荷10をオフ駆動する負荷駆動装置においても、オペアンプ33に供給するテール電流の大きさを調整することにより、オペアンプ33のスルーレートを調整できるので、負荷10をオフするための定電流の立ち下りの傾きを狙い値に合わせることができる。

【符号の説明】

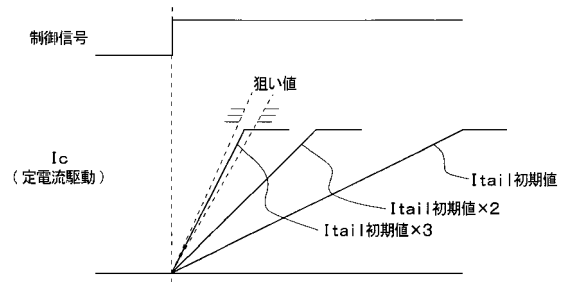
【0085】

- 10 負荷
- 30 駆動回路
- 33 オペアンプ
- 34 スwitching素子
- 35 電流生成部
- 35b 抵抗
- 35f 第2基準電源

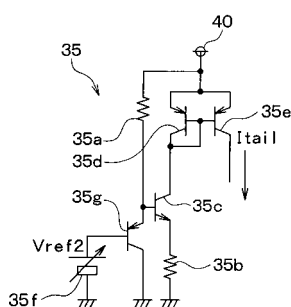
【図1】



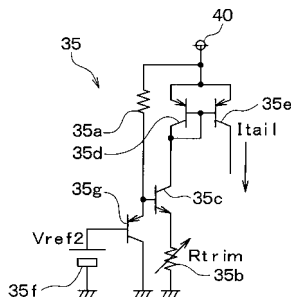
【図3】



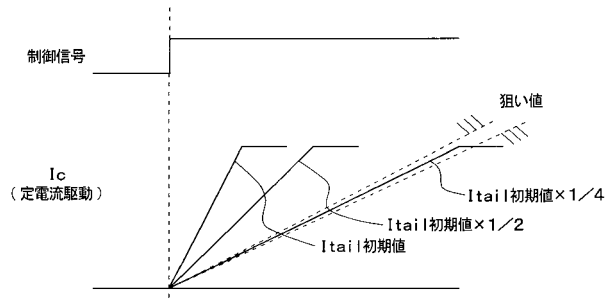
【図2】



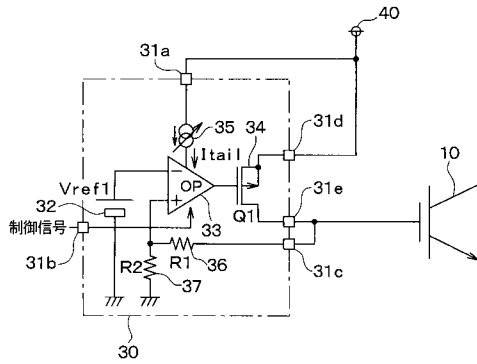
【図4】



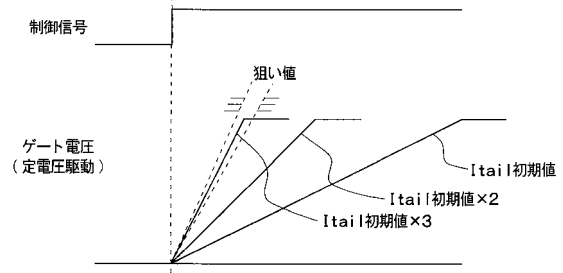
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

