

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5829986号
(P5829986)

(45) 発行日 平成27年12月9日(2015. 12. 9)

(24) 登録日 平成27年10月30日(2015. 10. 30)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 R 31/26 (2014.01)

G O 1 R 31/26

A

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2012-159273 (P2012-159273)	(73) 特許権者	000108797
(22) 出願日	平成24年7月18日(2012. 7. 18)		エスベック株式会社
(65) 公開番号	特開2014-20892 (P2014-20892A)		大阪府大阪市北区天神橋3丁目5番6号
(43) 公開日	平成26年2月3日(2014. 2. 3)	(74) 代理人	100086737
審査請求日	平成26年4月24日(2014. 4. 24)		弁理士 岡田 和秀
前置審査		(72) 発明者	日下 美智哉
			大阪市北区天神橋3丁目5番6号 エスベック株式会社内
		審査官	藤田 憲二
		(56) 参考文献	特開2000-074982(JP, A)
)
			特開2003-130920(JP, A)
)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パワーサイクル試験装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

試験用 I G B T にストレス電流を断続印加して熱ストレスを付与することで、当該試験用 I G B T のパワーサイクル試験を行うパワーサイクル試験装置であって、

前記試験用 I G B T に電流を印加する電流源と、

前記試験用 I G B T に並列に接続される第2の電流源と、

前記試験用 I G B T のコレクタ - エミッタにコレクタ - エミッタが直列に接続される別の試験用 I G B T と、

前記別の試験用 I G B T に並列に接続される制御用 I G B T と、

当該試験装置を制御する制御部と、を具備し、

前記制御部は、

前記別の試験用 I G B T をオンすると共に前記制御用 I G B T をオフして、前記電流源を制御して前記試験用 I G B T に前記ストレス電流を印加し、その後、前記別の試験用 I G B T をオフして前記第2の電流源から前記試験用 I G B T に測定用電流を印加して、前記試験用 I G B T のコレクタ - エミッタ間の電圧を測定し、

前記別の試験用 I G B T をオフすると共に前記制御用 I G B T をオンして前記試験用 I G B T に、前記電流源から第2測定用電流を印加し、前記第2測定用電流の印加終了直後の前記試験用 I G B T のコレクタ - エミッタ間の電圧を測定し、

前記測定した前記試験用 I G B T のコレクタ - エミッタ間の電圧と、前記試験用 I G B T の温度係数とから、前記試験用 I G B T の接合部温度を演算するようになっている、

10

20

ことを特徴とするパワーサイクル試験装置。

【請求項 2】

前記制御部は、

前記温度係数を、前記試験用 IGBT の温度変化と、該温度変化に対応した前記試験用 IGBT のコレクタ - エミッタ間の電圧変化とから求める、請求項 1 に記載のパワーサイクル試験装置。

【請求項 3】

前記測定用電流は、前記試験用 IGBT の発熱を無視できる程度の定電流である、請求項 1 または 2 に記載のパワーサイクル試験装置。

【請求項 4】

前記試験用 IGBT に前記温度変化を与えるため、前記試験用 IGBT を加熱冷却する加熱冷却部を有する、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のパワーサイクル試験装置。

【請求項 5】

前記制御部は、

前記試験用 IGBT におけるパワーサイクル試験による温度上昇時と温度下降時の接合部温度の差である接合部温度差を管理点として当該試験用 IGBT に前記ストレス電流が流れるよう制御し、

前記接合部温度差が前記管理点となるよう前記演算した接合部温度を利用して算出した接合部温度差に基づいて前記ストレス電流を自動調整する、請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のパワーサイクル試験装置。

【請求項 6】

前記制御部は、

前記試験用 IGBT に対する印加電流と印加電圧とから求めた印加電力と、前記試験用 IGBT のコレクタ - エミッタ間の電圧の電圧変化と、前記温度係数とから、前記試験用 IGBT の接合部温度の温度差を、時間の経過に伴い複数求め、前記求めた複数の前記接合部温度の温度差に対応して、当該試験用 IGBT の熱抵抗を測定する、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のパワーサイクル試験装置。

【請求項 7】

試験用 IGBT にストレス電流を断続印加して熱ストレスを付与することで、当該 IGBT のパワーサイクル試験を行うパワーサイクル試験装置であって、

前記試験用 IGBT に電流を印加する電流源と、

前記試験用 IGBT に並列に接続される第 2 の電流源と、

前記試験用 IGBT のコレクタ - エミッタにコレクタ - エミッタが直列に接続された別の試験用 IGBT と、

前記別の試験用 IGBT に並列に接続される制御用 IGBT と、

前記試験装置を制御する制御部と、

を具備し、

前記制御部は、

前記別の試験用 IGBT をオンすると共に前記制御用 IGBT をオフして、前記電流源から前記試験用 IGBT に前記ストレス電流を印加した後に、前記別の試験用 IGBT をオフして前記第 2 の電流源から前記試験用 IGBT に測定用電流を印加して当該試験用 IGBT のコレクタ - エミッタ間の電圧を測定し、

前記別の試験用 IGBT をオフすると共に前記制御用 IGBT をオンして前記試験用 IGBT に、前記電流源から第 2 測定用電流を印加し、前記第 2 測定用電流の印加終了直後の前記試験用 IGBT のコレクタ - エミッタ間の電圧を測定し、

前記測定したコレクタ - エミッタ間の電圧と、事前に演算した前記試験用 IGBT の温度係数とから、当該試験用 IGBT の接合部温度を演算し、

前記別の試験用 IGBT を、オンして前記試験用 IGBT に前記ストレス電流を印加する電流通路を形成し、オフして前記電流通路を遮断する、ことを特徴とするパワーサイクル試験装置。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) のパワーサイクル試験を行うパワーサイクル試験装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

IGBTは、一般に、インバータやモータ駆動回路等の大電流を流す用途に用いられ、動作に伴う発熱量が多い。そのため、放熱板上に半田付けで搭載されたIGBTでは、その発熱による熱ストレスが放熱板との接合部である半田に繰り返し印加されると、接合部に亀裂が発生し、その進展により、熱抵抗が増加して、接合部の発熱が放熱されにくくなり、最終的には故障に至ってしまう。パワーサイクル試験は、こうしたIGBTの信頼性試験のため、行われるものであり、IGBTに電氣的負荷であるストレス電流を印加、印加停止を繰返し行うことにより、接合部温度を繰返し、上昇、下降させ、IGBTに熱ストレスを与える試験である（特許文献1参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2012-088154号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

IGBTの信頼性試験においては、その接合部温度を計測し、その温度変化を測定するとよいが、接合部温度を直接、測定することはできない。そのため、従来では、IGBTのパワーサイクル試験の終了後、専用の熱抵抗計測器により熱抵抗を計測し、該熱抵抗が、初期値からどの程度変化したかにより、IGBTの劣化を判断して、IGBTの信頼性を評価している。しかし、従来では、熱抵抗の計測作業が必要なため、IGBTの信頼性評価のコスト増となり、かつ、評価時間も長く要する。

【0005】

また、従来、パワーサイクル試験では、IGBTの接合部温度差に管理点を設定し、この管理点に対応してストレス電流を、所定サイクル数、断続印加してパワーサイクル試験を行い、その後で、IGBTの前記管理点からの接合部温度の変化からIGBTの信頼性を評価している。しかし、パワーサイクル試験を実施するごとに、IGBTの熱抵抗が経時変化するので、パワーサイクル試験の実施ごとに、接合部温度差が管理点となるようストレス電流を手動で調整して熱ストレスを印加する必要があった。そのため、従来では、熱ストレスを高精度に印加できず、また、信頼性評価の省力化を図ることができなかった。

30

【0006】

本発明は、IGBTの信頼性評価において、パワーサイクル試験後のIGBTの信頼性評価に、熱抵抗の測定作業を不要にし、また、パワーサイクル試験ごとに、ストレス電流を自動調整可能にして高精度にIGBTに熱ストレスを印加可能として、IGBTの信頼性の評価作業の省力化を図れるパワーサイクル試験装置を提供することを目的としている。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明第1は、試験用IGBTにストレス電流を断続印加して熱ストレスを付与することで、当該試験用IGBTのパワーサイクル試験を行うパワーサイクル試験装置であって、前記試験用IGBTに電流を印加する電流源と、前記試験用IGBTに並列に接続される第2の電流源と、前記試験用IGBTのコレクタ - エミッタにコレクタ - エミッタが直列に接続される別の試験用IGBTと、前記別の試験用IGBTに並列に接続される制御

50

用 I G B T と、当該試験装置を制御する制御部と、を具備し、前記制御部は、前記別の試験用 I G B T をオンすると共に前記制御用 I G B T をオフして、前記電流源を制御して前記試験用 I G B T に前記ストレス電流を印加し、その後、前記別の試験用 I G B T をオフして前記第 2 の電流源から前記試験用 I G B T に測定用電流を印加して、前記試験用 I G B T のコレクタ - エミッタ間の電圧を測定し、前記別の試験用 I G B T をオフすると共に前記制御用 I G B T をオンして前記試験用 I G B T に、前記電流源から第 2 測定用電流を印加し、前記第 2 測定用電流の印加終了直後の前記試験用 I G B T のコレクタ - エミッタ間の電圧を測定し、前記測定した前記試験用 I G B T のコレクタ - エミッタ間の電圧と、前記試験用 I G B T の温度係数とから、前記試験用 I G B T の接合部温度を演算するようになっている。

10

【0008】

好ましくは、前記制御部は、前記温度係数を、前記試験用 I G B T の温度変化と、該温度変化に対応した前記 I G B T のコレクタ - エミッタ間の電圧変化とから求める。

【0010】

好ましくは、前記測定用電流は、前記試験用 I G B T の発熱を無視できる程度 of 定電流である。

【0012】

好ましくは、前記試験用 I G B T に前記温度変化を与えるため、前記試験用 I G B T を加熱冷却する加熱冷却部を有する。

【0013】

好ましくは、前記制御部は、前記試験用 I G B T におけるパワーサイクル試験による温度上昇時と温度下降時の接合部温度の差である接合部温度差を管理点として当該試験用 I G B T に前記ストレス電流が流れるよう制御し、前記接合部温度差が前記管理点となるよう前記演算した接合部温度を利用して算出した接合部温度差に基づいて前記ストレス電流を自動調整する。

20

【0014】

好ましくは、前記制御部は、前記試験用 I G B T に対する印加電流と印加電圧とから求めた印加電力と、前記試験用 I G B T のコレクタ - エミッタ間の電圧の電圧変化と、前記温度係数とから、前記試験用 I G B T の接合部温度の温度差を、時間の経過に伴い複数求め、前記求めた複数の前記接合部温度の温度差に対応して、当該試験用 I G B T の熱抵抗を測定する。

30

【0015】

本発明第 2 は、試験用 I G B T にストレス電流を断続印加して熱ストレスを付与することで、当該 I G B T のパワーサイクル試験を行うパワーサイクル試験装置であって、前記試験用 I G B T に電流を印加する電流源と、前記試験用 I G B T に並列に接続される第 2 の電流源と、前記試験用 I G B T のコレクタ - エミッタにコレクタ - エミッタが直列に接続された別の試験用 I G B T と、前記別の試験用 I G B T に並列に接続される制御用 I G B T と、前記試験装置を制御する制御部と、を具備し、前記制御部は、前記別の試験用 I G B T をオンすると共に前記制御用 I G B T をオフして、前記電流源から前記試験用 I G B T に前記ストレス電流を印加した後に、前記別の試験用 I G B T をオフして前記第 2 の電流源から前記試験用 I G B T に測定用電流を印加して当該試験用 I G B T のコレクタ - エミッタ間の電圧を測定し、前記別の試験用 I G B T をオフすると共に前記制御用 I G B T をオンして前記試験用 I G B T に、前記電流源から第 2 測定用電流を印加し、前記第 2 測定用電流の印加終了直後の前記試験用 I G B T のコレクタ - エミッタ間の電圧を測定し、前記測定したコレクタ - エミッタ間の電圧と、事前に演算した前記試験用 I G B T の温度係数とから、当該試験用 I G B T の接合部温度を演算し、前記別の試験用 I G B T を、オンして前記試験用 I G B T に前記ストレス電流を印加する電流通路を形成し、オフして前記電流通路を遮断する。

40

【発明の効果】

【0016】

50

本発明によれば、ＩＧＢＴの信頼性評価のために、パワーサイクル試験後に、外部の熱抵抗計測器により熱抵抗を計測する作業が不要となる。

【００１７】

また、本発明によれば、パワーサイクル試験において、ストレス電流を自動調整してＩＧＢＴに高精度に熱ストレスを付与でき、パワーサイクル試験の省力化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００１８】

【図１】図１は、本発明の実施の形態に係るパワーサイクル試験装置の構成図である。

【図２】図２は、パワーサイクル試験が行われるＵＶＷ３相の試験用ＩＧＢＴと、制御用ＩＧＢＴと、定電流源の回路結線図である。

【図３】図３は、試験用ＩＧＢＴの温度係数の演算のために、横軸に温度、縦軸にコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} をとったグラフである。

【図４】図４は、図２と同様の回路結線図であって、Ｕ相のハイサイドとローサイドの試験用ＩＧＢＴにストレス電流が印加されている状態を示す図である。

【図５】図５（ａ）（ｂ）は、パワーサイクル試験において、横軸に時間を共通にとり、（ａ）縦軸にＵＶＷ３相の試験用ＩＧＢＴの接合部温度を示す図、（ｂ）は、ＵＶＷ３相の試験用ＩＧＢＴのオンオフタイミングを示す図である。

【図６】図６は、図２と同様の回路結線図であって、Ｕ相のハイサイド試験用ＩＧＢＴとローサイド制御用ＩＧＢＴに当該試験用ＩＧＢＴのコレクターエミッタ間電圧の差 V_{ce} を計測するための電流が印加されている状態を示す図である。

【図７】図７は、横軸を電力供給の時間領域、縦軸を熱抵抗 R_{th} （ $^{\circ}C/W$ ）とするグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００１９】

以下、添付した図面を参照して、本発明の実施の形態に係るパワーサイクル試験装置を説明する。

【００２０】

図１および図２を参照して、本発明の実施の形態に係るパワーサイクル試験装置の構成を説明する。実施形態のパワーサイクル試験装置１は、チラー２と、試験ユニット３と、制御ラック４とを有する。チラー２は、水温管理部５と循環水パイプ６とを具備し、水温管理部５により循環水パイプ６内の水を水温 $-10 \sim 100$ に制御して試験ユニット３に供給する。

【００２１】

試験ユニット３は、試験用ＩＧＢＴ２１－２６にストレス電流を印加する電流源７と、試験用ＩＧＢＴ２１－２６へのストレス電流の印加・遮断を制御する制御用パワーデバイス８と、試験用ＩＧＢＴを加熱・冷却するための水冷プレート９とを有する。水冷プレート９上に図２の回路結線で構成される試験用パワーデバイス１０が搭載される。なお、水冷プレート９は、本発明における加熱冷却部に相当する。

【００２２】

試験用パワーデバイス１０は図２で示すＵＶＷ各相の試験用ＩＧＢＴ２１－２６により構成され、水冷プレート９で加熱・冷却され、ストレス電流源７からストレス電流 I_1 、後述の第２測定用電流 I_3 が印加される。

【００２３】

制御ラック４は、コンピュータからなる制御装置１１と、試験用ＩＧＢＴ２１－２６と制御用ＩＧＢＴ３１－３６（図２参照）のオンオフのゲート電圧の印加タイミングを決めるゲートタイミング部１２と、ＵＶＷ各相の試験用ＩＧＢＴ２１－２６のコレクターエミッタ電圧を測定する電圧測定部１３とを有する。

【００２４】

制御装置１１は、ゲートタイミング部１２を制御して前記ゲート電圧の印加タイミングを制御し、電圧測定部１３で測定された電圧値を入力する。

【 0 0 2 5 】

また、制御装置 1 1 は、制御プログラムに従い、図示略の熱電対等の温度センサからの試験用 I G B T 2 1 - 2 6 のケース表面温度の測定値を入力したり、チラー 2 の水温管理部 5 を制御したり、各種のデータテーブルを参照して後述する演算、計測等を制御したりする。

【 0 0 2 6 】

制御装置 1 1 は、チラー 2 の水温管理部 5 を制御して循環水パイプ 6 内の水温を制御して水冷プレート 9 内に水温が制御された水を供給制御する。制御装置 1 1 は、ゲートタイミング部 1 2 を制御してパワーデバイス 1 0 内の U V W 各相の試験用 I G B T 2 1 - 2 6 と制御デバイス 8 内の制御用 I G B T 3 1 - 3 6 のオンオフのタイミングを制御し、また、電圧測定部 1 3 を制御して試験用 I G B T 2 1 - 2 6 のコレクターエミッタ電圧を測定する。制御装置 1 1 は、後述する温度係数の演算、電圧測定部 1 3 が測定したコレクターエミッタ電圧から後述する演算を行う。

10

【 0 0 2 7 】

図 2 に記載された I G B T 2 1 - 2 6 は、コレクターエミッタが互いに直列に接続された U 相、V 相、W 相それぞれのハイサイドとローサイドの試験用 I G B T である。これらは、全体で水冷プレート 9 上に搭載された、例えば 3 相インバータ等の試験用パワーデバイス 1 0 を構成する。

【 0 0 2 8 】

図面上の電気結線において、試験用パワーデバイス 1 0 は、ハイサイドとローサイドの試験用 I G B T 2 1 , 2 2 を有する U 相試験用パワーデバイス部 1 0 a、ハイサイドとローサイド試験用 I G B T 2 3 , 2 4 を有する V 相試験用パワーデバイス部 1 0 b、ハイサイドとローサイドの試験用 I G B T 2 5 , 2 6 を有する W 相試験用パワーデバイス部 1 0 c からなる。

20

【 0 0 2 9 】

U 相試験用パワーデバイス部 1 0 a の試験用 I G B T 2 1 , 2 2 それぞれのコレクターエミッタ間に制御用 I G B T 3 1 , 3 2 のコレクタ - エミッタが並列に接続され、V 相試験用パワーデバイス部 1 0 b の試験用 I G B T 2 3 , 2 4 それぞれのコレクターエミッタ間に制御用 I G B T 3 3 , 3 4 のコレクタ - エミッタが並列に接続され、W 相試験用パワーデバイス部 1 0 c の試験用 I G B T 2 5 , 2 6 それぞれのコレクターエミッタ間に制御用 I G B T 3 5 , 3 6 のコレクタ - エミッタが並列に接続されている。

30

【 0 0 3 0 】

同様に、U 相試験用パワーデバイス部 1 0 a の試験用 I G B T 2 1 , 2 2 それぞれのコレクターエミッタ間に定電流源 4 1 , 4 2 が並列に接続され、V 相試験用パワーデバイス部 1 0 b の試験用 I G B T 2 3 , 2 4 それぞれのコレクターエミッタ間に定電流源 4 3 , 4 4 が並列に接続され、W 相試験用パワーデバイス部 1 0 c の試験用 I G B T 2 5 , 2 6 それぞれのコレクターエミッタに定電流源 4 5 , 4 6 が並列に接続されている。

【 0 0 3 1 】

制御用 I G B T 3 1 - 3 6 と定電流源 4 1 - 4 6 は、制御用パワーデバイス 8 を構成し、制御用 I G B T 3 1 , 3 2 と定電流源 4 1 , 4 2 は U 相制御用パワーデバイス部 8 a、制御用 I G B T 3 3 , 3 4 と定電流源 4 3 , 4 4 は V 相制御用パワーデバイス部 8 b、制御用 I G B T 3 5 , 3 6 と定電流源 4 5 , 4 6 は W 相制御用パワーデバイス部 8 c を構成する。

40

【 0 0 3 2 】

定電流源 4 1 - 4 6 は、例えば 1 m A 程度の定電流をそれぞれ、試験用 I G B T 2 1 - 2 6 に後述するように第 1 測定用電流 I 2 として供給するものであり、試験用 I G B T 2 1 - 2 6 はこの定電流で駆動されても、発熱は無視できる程度となり、水冷プレート 9 の加熱冷却で温度変化する場合表面温度に対して接合部温度も略同様に温度変化する。

【 0 0 3 3 】

以下、図 3 ~ 図 6 に基づいてパワーサイクル試験装置 1 によるパワーサイクル試験を説

50

明する。この説明では、U相ハイサイド試験用 IGBT 21 のパワーサイクル試験を代表して説明する。本実施形態では、2つの試験モード A, B を有し、制御ラック 4 の制御装置 11 は、各試験モードにおいて、演算、計測、制御を行う。試験モード A, B のいずれも、その前提として、試験用 IGBT 21 の温度係数を演算する。

【0034】

以下、試験用 IGBT 21 の温度係数の演算を図 3 を参照して説明する。

【0035】

制御装置 11 は、ゲートタイミング部 12 を制御し、試験用 IGBT 21 を一定のゲート電圧 V_g でオンして、定電流源 41 により、試験用 IGBT 21 のコレクターエミッタ間に 1 mA の第 1 測定用電流 I_2 を流す。そして、チラー 2 を制御して水冷プレート 9 により、試験用 IGBT 21 を加熱・冷却し、図 3 で示すように、そのときの温度変化 $T_j (= t_1 - t_2)$ と、コレクターエミッタ間の電圧変化 $V_{ce} (= V_{ce1} - V_{ce2})$ とから温度係数 $K (= T_j / V_{ce})$ を演算する。

10

【0036】

定電流源 41 の第 1 測定用電流 I_2 は微小であり、試験用 IGBT 21 のケース表面温度 T_c はほぼ接合部温度 T_j であることから、水冷プレート 9 による加熱冷却に伴うケース表面温度 T_c の変化は、接合部温度 T_j の変化としてその計測値 t_1, t_2 がこの演算において入力される。また、電圧測定部 13 から試験用 IGBT 21 のコレクターエミッタ間電圧の計測値 V_{ce1}, V_{ce2} が入力される。

【0037】

20

(試験モード A)

まず、試験モード A では、試験用 IGBT 21 のゲートに図 5 (b) のゲート電圧 V_g のオンオフ印加タイミングで、ストレス電流 I_1 の印加、印加停止を行うパワーサイクル試験を行う。

【0038】

このパワーサイクル試験では、図 5 (a) で示すように、試験用 IGBT 21 の接合部温度 T_j は上昇、下降する。その接合部温度 T_j 上昇、下降の温度差は T_j である。

【0039】

このパワーサイクル試験終了後にストレス電流 I_1 の印加を停止して試験用 IGBT 21 を十分に冷却する。

30

【0040】

この冷却後の試験用 IGBT 21 に定電流源 41 から第 1 測定用電流 I_2 を印加する。

【0041】

この第 1 測定用電流 I_2 の印加時は、試験用 IGBT 21 が十分に冷却されているので、試験用 IGBT 21 のコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} は、低温時の接合部温度 T_j に対応する。

【0042】

そのときのコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} は試験用 IGBT 21 の接合部の温度が低温時の接合部温度 T_j であると推定できる。

【0043】

40

また、この接合部温度 T_j は、試験用 IGBT 21 のケース表面温度 T_c にほぼ相当する。

【0044】

次いで、試験用 IGBT 21 に第 1 測定用電流 I_2 よりも大きい第 2 測定用電流 I_3 を印加して接合部温度 T_j を一定の高温に上昇させる。

【0045】

この第 2 測定用電流 I_3 は、ストレス電流 I_1 とは異なるものであり、試験用 IGBT 21 に第 2 測定用電流 I_3 を印加してその接合部温度 T_j を一定の高温に上昇させる。

【0046】

次いで、第 2 測定用電流 I_3 の印加を停止した直後で、接合部温度 T_j が前記高温状態

50

に維持されている間に、試験用 IGBT 21 に対する印加電流を、前記定電流源 41 による第 1 測定用電流 I2 に切り替えて、高温時の接合部温度 T_j に対応する試験用 IGBT 21 のコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} を測定する。

【0047】

第 2 測定用電流 I3 の印加を停止した直後にコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} を測定するのは、試験用 IGBT 21 に対する第 2 測定用電流 I3 の印加を停止すると、試験用 IGBT 21 の冷却により接合部温度 T_j が急速に低下するので、接合部温度 T_j が低下する前にコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} を測定する必要があるからである。

【0048】

なお、試験モード A では、試験用 IGBT の接合部温度 T_j が変化しても、ストレス電流 I1 の値と、その印加と印加停止の時間（図 5（b）のオンオフ時間に対応）は変更しない。

【0049】

制御装置 11 は、試験モード A における試験動作を制御する。

【0050】

以下、試験モード A の測定手順を以下にまとめて説明する。

【0051】

（1a）試験用 IGBT にストレス電流を印加し、また、その印加を停止するパワーサイクル試験（図 4、図 5 参照）を実施する。

【0052】

図 4 において矢印 I1 で示すように、制御装置 11 は、ゲートタイミング部 12 を制御して U 相試験用パワーデバイス部 10a の試験用 IGBT 21 と試験用 IGBT 22 にストレス電流 I1 を印加する。図 5（a）には、UVW 各相ごとのストレス電流 I1 の断続印加による試験用 IGBT 21 - 26 それぞれの接合部温度の変化が、また、図 5（b）には、UVW 各相のパワーデバイス部 10a、10b、10c 内の試験用 IGBT 21 - 26 のゲート電圧のオンオフ波形が示されている。

【0053】

（2a）試験用 IGBT 21 に対するストレス電流 I1 の印加停止後、該試験用 IGBT 21 の接合部が十分に冷却されるまで待機する。

【0054】

（3a）次に、図 6 において矢印 I2 で示すように、ゲートタイミング部 12 を制御して、試験用 IGBT 21 をオンして、定電流源 41 から第 1 測定用電流 I2 を印加し、この第 1 測定用電流 I2 の印加時の試験用 IGBT 21 のコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} を計測し、試験用 IGBT 21 の低温時の接合部温度 T_j を推定する。

【0055】

（4a）次に、図 6 において矢印 I3 で示すように、試験用 IGBT 21 に第 2 測定用電流 I3 を印加する。制御装置 11 は、ゲートタイミング部 12 を制御して、試験用 IGBT 21 と制御用 IGBT 32 とをオンにして、試験用 IGBT 21 に、第 2 測定用電流 I2 を印加する。

【0056】

（5a）次に、制御用 IGBT 32 をオフにして、試験用 IGBT 21 に対する第 2 測定用電流 I3 の印加を停止した直後に、定電流源 41 から試験用 IGBT 21 に第 1 測定用電流 I2 を印加する。制御装置 11 は、そのときの試験用 IGBT 21 のコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} を計測する。このコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} は、試験用 IGBT 21 の高温時の接合部温度 T_j に対応する。

【0057】

（6a）次に、試験用 IGBT 21 の接合部温度 T_j を推定する。この推定では、温度係数 K と、前記（5a）の高温時の接合部温度 T_j に対応する試験用 IGBT 21 のコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} とから、高温時の接合部温度 T_j を推定することができる。

【0058】

10

20

30

40

50

また、前記(3a)の低温時の接合部温度 T_j と、前記(5a)の高温時の接合部温度 T_j とから接合部温度差 T_j を演算することができる。

【0059】

(試験モードB)

試験モードBでは、ストレス電流の印加、印加停止中に、試験モードAと同様、試験用IGBT21の高温時の接合部温度 T_j を求め、試験用IGBT21の接合部温度 T_j が高温時の接合部温度 T_j に一定に保持されるように、ストレス電流 I_1 の印加時間または大きさを制御する。

【0060】

試験モードBの場合、第2測定用電流 I_3 はなく、ストレス電流 I_1 の印加を停止した直後に、図6において矢印 I_2 で示すように試験用IGBT21に第1測定用電流 I_2 を印加し、そのときの試験用IGBTのコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} を計測し、この計測値と、温度係数 K とから、高温時の接合部温度 T_j を推定する試験モードである。制御装置11は、試験モードBにおける試験動作を制御する。

【0061】

測定手順を、以下にまとめる。

【0062】

(1b) 試験用IGBT21にストレス電流 I_1 を印加する。

【0063】

(2b) 試験用IGBT21にストレス電流 I_1 の印加停止直後に定電流源41から図6において矢印 I_2 で示すように第1測定用電流 I_2 を印加し、そのときのコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} を測定する。この測定電圧はストレス電流 I_1 の印加停止直後の電圧であるので、接合部温度 T_j が高温時の電圧である。

【0064】

(3b) 温度係数 K と、接合部温度 T_j が高温時のコレクタ - エミッタ間の電圧 V_{ce} とから高温時の接合部温度 T_j を推定する。

【0065】

(4b) そして、前記推定した高温時の接合部温度 T_j が一定となるように、試験用IGBTにストレス電流 I_1 の印加時間あるいはストレス電流 I_1 の値を制御する。

【0066】

なお、低温時の接合部温度 T_j は、試験用IGBTの接合部が十分に冷却されるOFF時間を採用しているので、プレート温度と同じとみなす。

【0067】

試験モードBでは、パワーサイクル試験において、試験用IGBT21に対する低温時の接合部温度を例えば25度とし、高温時の接合部温度を例えば75度とすると、管理点の接合部温度差 T_j は50度である。

【0068】

パワーサイクル試験を例えば1サイクル行って、高温時の接合部温度 T_j を推定し、低温時の接合部温度 T_j と高温時の推定接合部温度 T_j とから接合部温度差 T_j を演算し、この演算した接合部温度差 T_j が管理点の50度から変化していると、制御装置11は、ストレス電流 I_1 を自動調整して、試験用IGBT21に管理点に対応した所要の熱ストレスを印加することができるようにする。

【0069】

これにより、ストレス電流 I_1 は制御装置11により自動調整され、試験用IGBT21に高精度に熱ストレスを印加してパワーサイクル試験を行うことができる。

【0070】

なお、試験用IGBT21に対する印加電流と印加電圧とから求めた印加電力 P と、試験用IGBT21のコレクターエミッタ間電圧の電圧変化 V_{ce} と、前記温度係数 K とから、試験用IGBT21の接合部温度 T_j の温度差 T_j を、時間領域で複数求め、図7に示すように、横軸を電力供給の時間領域、縦軸に前記時間領域で求めた接合部温度差

10

20

30

40

50

T_j に対応した熱抵抗 R_{th} (/W)をプロットしたグラフを用いて、当該試験用 IGBT 21の熱抵抗を測定してもよい。これにより、当該試験用 IGBT 21の故障部位を推定することができる。

【0071】

なお、本実施形態のパワーサイクル試験装置では、試験用 IGBT 21の温度係数 K を求める機能を有しているが、温度係数 K を求める機能を持たないパワーサイクル試験装置にも適用してよい。すなわち、試験用 IGBT 21に ストレス電流 I_1 を印加した後に、試験用 IGBT 21のコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} を測定し、この測定したコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} と、事前に演算した試験用 IGBT 21の温度係数 K とから、試験用 IGBT 21の接合部温度 T_j を演算してもよい。

10

【0072】

上記実施形態では被試験物の一例としてUVW3相を有する6素子のIGBT (6in1)を用いたが、1素子(2in1)のIGBTなど、他の構成のIGBTにも同様に使用できる。

【0073】

上記実施形態では、試験用パワーデバイス部は、ハイサイドとローサイドの試験用 IGBTそれぞれのコレクタ - エミッタが直列に接続され、これら各試験用 IGBTそれぞれのコレクタ - エミッタに並列に制御用 IGBTのコレクタ - エミッタが接続されているが、本発明は、これに限定されず、試験用パワーデバイス部を単一の試験用 IGBTで構成し、この試験用 IGBTのコレクタ - エミッタに直列に制御用 IGBTのコレクタ - エミッタを接続して、上記計測を行うものとしてもよい。

20

【0074】

上記実施形態の試験用パワーデバイス部は、ハイサイドとローサイドの試験用 IGBTそれぞれのコレクタ - エミッタが直列に接続され、これら各試験用 IGBTそれぞれのコレクタ - エミッタに並列に制御用 IGBTのコレクタ - エミッタが接続されているが、本発明は、これに限定されず、制御用 IGBTを設けずに、あるいは、制御用 IGBTを使用せずに、ハイサイドとローサイドの試験用 IGBTのうちのいずれか一方を試験用 IGBTとし、いずれか他方の試験用 IGBTを制御用 IGBTとして用い、上記計測を行うものとしてもよい。

【0075】

上記実施形態では、試験モードAでは試験用 IGBTに第2測定用電流 I_3 を印加して、当該試験用 IGBTのコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} を計測し、また、試験モードBでは試験用 IGBTに第2測定用電流 I_3 を印加しないで試験用 IGBTのコレクターエミッタ間電圧 V_{ce} を計測したが、本発明は、このような試験モードと測定手順との組み合わせに限定されず、適宜、実施してよい。

30

【0076】

上記実施形態では、冷却プレート9で加熱・冷却したが、冷却プレート以外の熱源・冷却源を用いてもよい。また、加熱と冷却とを別々の熱源、冷却源を用いて実施するものであってもよい。

【符号の説明】

40

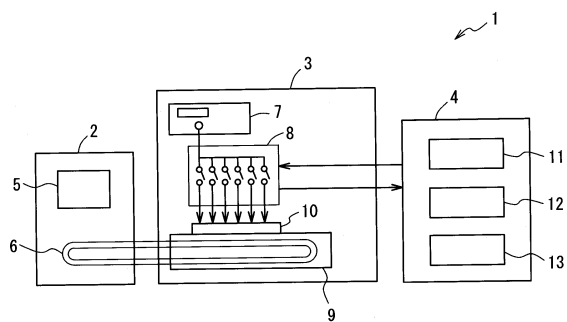
【0077】

- 1 パワーサイクル試験装置
- 2 チラー
- 5 水温管理部
- 6 循環水パイプ
- 3 試験ユニット
- 7 ストレス電流源
- 8 制御用パワーデバイス
- 9 加熱冷却プレート
- 10 試験用パワーデバイス

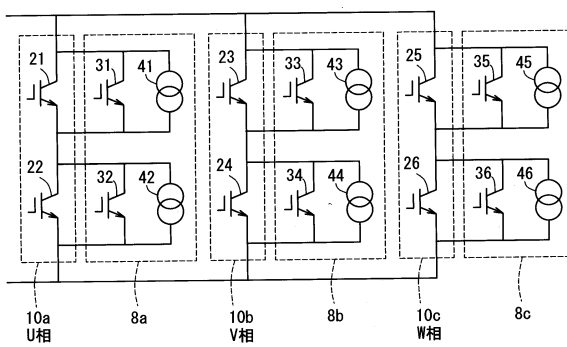
50

- 4 制御ラック
- 1 1 装置制御用パソコン
- 1 2 ゲートタイミング部
- 1 3 電圧測定部
- 2 1 - 2 6 試験用 I G B T
- 3 1 - 3 6 制御用 I G B T
- 4 1 - 4 6 定電流源

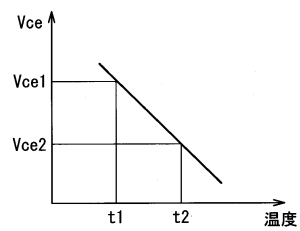
【図 1】



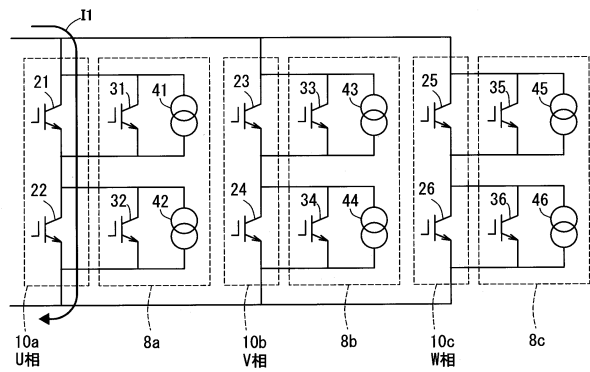
【図 2】



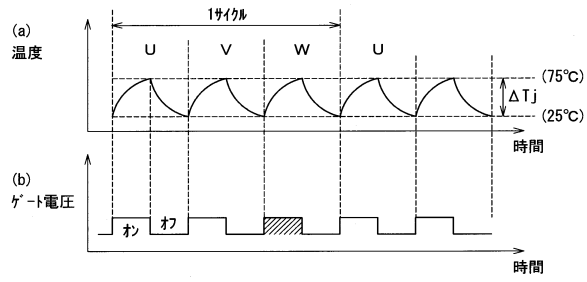
【図 3】



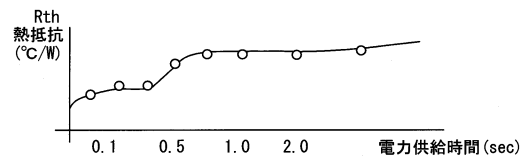
【図 4】



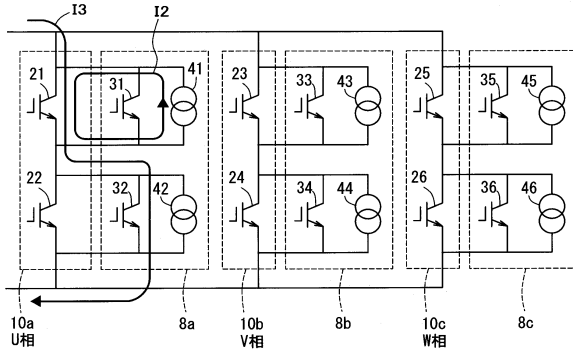
【図 5】



【図 7】



【図 6】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 R 3 1 / 2 6