



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 45 484 B4** 2004.07.22

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 45 484.1**  
(22) Anmeldetag: **30.09.2002**  
(43) Offenlegungstag: **22.04.2004**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **22.07.2004**

(51) Int Cl.7: **H03K 17/082**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:  
**Infineon Technologies AG, 81669 München, DE**

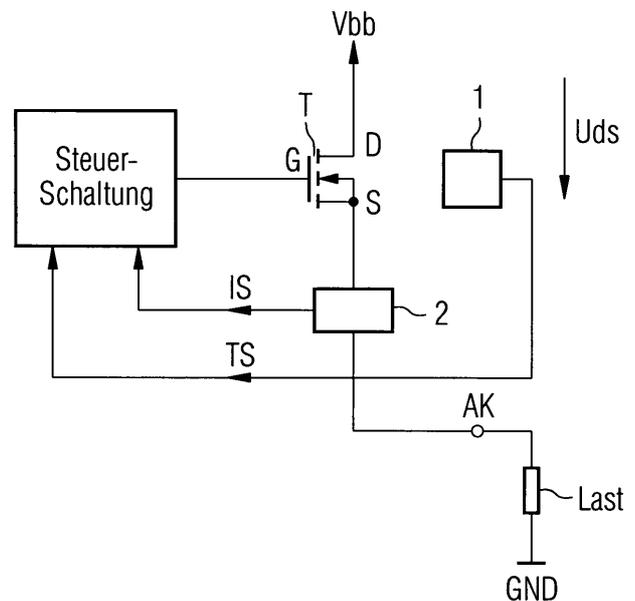
(74) Vertreter:  
**Westphal, Mussnug & Partner, 80336 München**

(72) Erfinder:  
**Gergitschew, Zenko, 81379 München, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**US 51 87 632**  
**EP 3 73 694 A1**  
**PROFET Data Sheet BTS 443 P, Infineon Technolo-**  
**gies AG, 23.1.01;**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterschalters und Schaltungsanordnung mit einem Halbleiterschalter**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterschalters mit Laststrombegrenzung und Über-temperaturschutz, dessen maximaler Laststrom begrenzt ist und der bei Überschreiten einer vorgegebenen oberen Temperatur abschaltet und nach Unterschreiten einer vorgegebenen unteren Temperatur wieder einschaltet, dadurch gekennzeichnet, dass der Halbleiterschalter (T) in einem Normalbetriebszustand und einem Störbetriebszustand betrieben wird, wobei der Halbleiterschalter (T) nach einem Überschreiten der vorgegebenen oberen Temperatur (TS1) im Störbetriebszustand betrieben wird und wobei der Laststrom im Normalbetriebszustand auf einen ersten Maximalwert (IS1) und im Störbetriebszustand auf einen zweiten Maximalwert (IS2), der niedriger als der erste Maximalwert (IS1) ist, begrenzt wird.



## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterschalters mit Laststrombegrenzung und Übertemperaturschutz, dessen maximaler Laststrom begrenzt ist und der bei Überschreiten einer vorgegebenen oberen Temperatur abschaltet und nach Unterschreiten einer vorgegebenen unteren Temperatur wieder einschaltet, und eine Schaltungsanordnung mit einem temperaturgeschützten Halbleiterschalter.

[0002] Halbleiterschalter zum Schalten von Lasten, also zum Anlegen einer in Reihe zu der Laststrecke eines Halbleiterschalters geschalteten Last an eine Versorgungsspannung, finden in verschiedensten Bereichen, unter anderem in Automobilen Verwendung. Derzeit im Handel erhältlich sind Halbleiterschaltmodule, in denen neben dem eigentlichen Halbleiterschalter, beispielsweise einem Leistungs-MOSFET oder einem Leistungs-IGBT, Schutzschaltungen für den Halbleiterschalter vor einer Überlastung, insbesondere vor einer zu hohen Temperatur oder einem zu hohen Laststrom integriert sind. Derartige Schaltmodule sind einem Fachmann unter der Bezeichnung Smart Power Switch oder Smart Power IC bekannt. Ein Schaltmodul mit einem Leistungs-MOSFET, einem Stromsensor und einem Temperatursensor ist beispielsweise in dem Datenblatt des Bausteins BTS 443P vom 23. Januar 2001 der Infineon Technologies AG, München, beschrieben.

[0003] Ein Schaltmodul mit einem Halbleiterschalter und einer Temperaturschutzschaltung sowie einer Überstromschutzschaltung für den Halbleiterschalter ist auch in der US 5,187,632 beschrieben.

[0004] Um den Halbleiterschalter oder andere Schaltungsteile in solchen integrierten Schaltungen vor einer Übertemperatur zu schützen, ist es bekannt, einen Temperatursensor in das Schaltmodul zu integrieren und ein von dem Temperatursensor geliefertes Signal auszuwerten. Übersteigt die Temperatur dabei einen vorgegebenen Schwellenwert, so wird der Leistungstransistor durch eine Schutzschaltung abgeschaltet, um dadurch die Stromaufnahme des Leistungsmoduls zu senken und eine weitere Erhitzung des Leistungsmoduls zu verhindern. Bezüglich des Wiedereinschaltens des Leistungstransistors nach einem solchen temperaturbedingten Abschalten unterscheidet man solche Schaltmodule, bei denen das Wiedereinschalten abhängig von einem externen Befehl (Latch-Prinzip) oder selbstständig nach einer Abkühlung des Schaltmoduls unter eine vorgegebene Temperatur (Restart-Prinzip) erfolgt. Der Vorteil des Restart-Prinzips liegt darin, dass das Schaltmodul ohne externen Aufwand nach einem Abkühlen wieder einschaltet, das heißt in den vorherigen Betriebszustand zurückkehrt. Resultiert die Überhitzung des Schaltmoduls aus einem Kurzschluss der Last, so besteht der Nachteil beim Restart-Prinzip darin, dass der Leistungstran-

sistor immer wieder unter Kurzschlussbedingungen eingeschaltet wird, mit der Folge, das aufgrund der bedingt durch den Kurzschluss in dem Schaltmodul umgesetzten großen Leistung die Temperatur in dem Schaltmodul wieder ansteigt, bis die Übertemperaturschwelle wieder erreicht wird und der Leistungstransistor temperaturbedingt erneut abgeschaltet wird. Der Laststrom erreicht in einem Schaltmodul mit Laststrombegrenzung unter diesen Betriebsbedingungen stets den maximalen oberen Grenzwert.

[0005] **Fig. 1** zeigt schematisch den Aufbau eines solchen herkömmlichen Schaltmoduls mit einem Leistungstransistor D, dessen Drain-Source-Strecke in Reihe zu einer Last geschaltet ist, wobei die Reihenschaltung mit dem Leistungstransistor T und der Last zwischen eine Klemme für Versorgungspotential  $V_{bb}$  und eine Klemme für Bezugspotential GND geschaltet ist. Das Schaltmodul umfasst einen im Bereich des Leistungstransistors T angeordneten Temperatursensor **1**, der ein Temperatursignal TS einer Schutzschaltung zuführt, die den Leistungstransistor bei Übertemperatur sperrt. Des Weiteren umfasst das Schaltmodul einen Stromsensor **2**, der einen Laststrom  $I_{ds}$  durch den Leistungstransistor T erfasst und der Schutzschaltung ein Stromsignal IS zuführt. Dieser Stromsensor ist in **Fig. 1** schematisch in Reihe zu der Last geschaltet, kann jedoch beliebig ausgestaltet sein. So kann der Stromsensor beispielsweise nach dem Stromsense-Prinzip funktionieren, bei dem der Laststrom durch einen zellenartig aufgebauten Transistor dadurch erfasst wird, dass der Strom durch Zellen erfasst wird, die parallel zu den Zellen liegen, die von dem Laststrom durchflossen sind.

[0006] Die Funktionsweise eines solchen Schaltmoduls bei Auftreten eines Kurzschlusses in der Last wird nachfolgend anhand von **Fig. 2** kurz erläutert. In **Fig. 2** sind zeitliche Verläufe der Chiptemperatur bzw. eines von der Chiptemperatur abhängigen Temperatursignals TS, der Laststrom  $I_{ds}$ , die Spannung  $U_{ds}$  über der Laststrecke D-S des Leistungstransistors T und die in dem Leistungstransistor in Wärme umgesetzte Leistung P dargestellt. Bei der Darstellung gemäß **Fig. 2** wird davon ausgegangen, dass zum Zeitpunkt  $t_{10}$  ein Kurzschluss in der Last auftritt. Zu diesem Zeitpunkt steigt die Spannung  $U_{ds}$  über der Laststrecke D-S sprunghaft annähernd auf den Wert der Versorgungsspannung  $V_{bb}$  an. Entsprechend steil steigt der Laststrom  $I_{ds}$  durch den Leistungstransistor an bis er einen oberen Grenzwert erreicht. Infolge des Spannungsanstiegs und des Stromanstiegs steigt ebenfalls die in dem Leistungstransistor in Wärme umgesetzte Leistung P steil an, was zu einer Aufheizung des üblicherweise als integrierte Schaltung ausgebildeten Leistungsmoduls führt. Zur Begrenzung des Laststroms im Kurzschlussfall wird der Leistungstransistor T zurückgeregelt, sobald der Laststrom  $I_{ds}$  eine vorgegebene Stromschwelle  $I_{ds1}$  übersteigt mit dem Ziel, den maximalen Laststrom  $I_{ds}$  auf einen Wert im Bereich dieser Stromschwelle  $I_{ds1}$

zu begrenzen.

[0007] Übersteigt die Chiptemperatur infolge des Kurzschlusses eine obere Temperaturschwelle  $T_{So}$ , so wird der Leistungstransistor T durch die Schutzschaltung gesperrt, wodurch der Laststrom  $I_{ds}$  und damit die in Wärme umgesetzte Leistung P auf Null absinken wie dies zum Zeitpunkt  $t_{20}$  dargestellt ist. Die Temperatur des Moduls nimmt infolge des Abschaltens des Leistungstransistors ab, bis sie zum Zeitpunkt  $t_{30}$  eine untere Temperaturschwelle  $T_{Su}$  unterschreitet und der Leistungstransistor automatisch wieder eingeschaltet wird. Sofern der Kurzschluss immer noch besteht, steigt der Laststrom  $I_{ds}$  erneut steil an, wobei der Laststrom  $I_{ds}$  durch Sperren des Leistungstransistors D erst dann wieder auf Null absinkt, wenn die Chiptemperatur  $T_{So}$  den oberen Temperaturschwellenwert übersteigt. Das wiederholte Einschalten unter Kurzschlussbedingungen führt infolge der hohen Ströme und den damit zusammenhängenden hohen Temperaturen und insbesondere den hohen Temperaturgradienten zur degenerativen Effekten in dem Modul, die sowohl den Halbleiterchip selbst als auch dessen Gehäuse negativ beeinträchtigen und somit die Lebensdauer der Bausteine oder zumindest die Stabilität von deren Betriebsparametern negativ beeinträchtigen.

[0008] Die während des Kurzschlusses in dem Halbleitermodul im Mittel in Wärme umgesetzte Leistung kann dadurch reduziert werden, dass die Überstrombegrenzung bereits bei niedrigeren Strömen einsetzt und so den maximalen Laststrom auf niedrigere Werte begrenzt. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass derartige Schaltmodule häufig zum Schalten von kapazitiven Lasten, von Lampen oder von Elektromotoren eingesetzt werden, die einen relativ hohen Anfangsstrom besitzen, der keinesfalls zu einem Abregeln des Halbleiterschalters wie bei einem Störfall führen darf. Eine grundsätzliche Begrenzung der maximal zulässigen Temperatur auf niedrigere Werte ist beispielsweise bei Automobilanwendungen dadurch eingeschränkt dass für dort eingesetzte Schaltmodule Temperaturen bis ca.  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  im normalen Betriebsbereich liegen, die keinesfalls zu einem temperaturbedingten Abschalten führen dürfen.

[0009] Die EP 0 373 694 A1 beschreibt eine Schaltungsanordnung zur Ansteuerung eines Halbleiterschalters, der in einen Lastkreis mit einer Zündspule geschaltet ist. Die Zündspulenordnung nimmt bei geschlossenem Halbleiterschalter Energie auf, um nach abruptem Öffnen des Halbleiterschalters einen Zündfunken erzeugen zu können. Als Schaltschwelle für das Öffnen des Halbleiterschalters dient der den Halbleiterschalter durchfließende Laststrom, der durch eine Strommessanordnung erfasst wird. Um einen Übertemperaturschutz zu gewährleisten, umfasst die Ansteuerschaltung einen Temperatursensor. Abhängig von der durch den Temperatursensor erfassten Temperatur gibt es zwei Betriebszustände zur Ansteuerung des Halbleiterschalters. In einem ersten Betriebszustand, der durch Temperaturen un-

terhalb einer vorgegebenen Temperaturschwelle definiert ist, wird der Halbleiterschalter bei Erreichen eines ersten Laststromes ausgeschaltet, um den Zündfunken zu erzeugen. In einem zweiten Betriebszustand, der durch Temperaturen oberhalb der Temperaturschwelle definiert ist, wird der Halbleiterschalter bereits bei einem niedrigeren Laststrom wieder ausgeschaltet, um den Zündfunken zu erzeugen.

[0010] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterschalters mit Temperaturschutz und Laststrombegrenzung und eine Schaltungsanordnung mit einem Halbleiterschalter zur Verfügung zu stellen, wobei die im Falle eines Lastkurzschlusses in dem Halbleiterschalter in Wärme umgesetzte Leistung gegenüber herkömmlichen Halbleiterschaltern reduziert ist.

[0011] Dieses Ziel wird durch ein Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterschalters gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch eine Schaltungsanordnung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterschalters mit Laststrombegrenzung und Übertemperaturschutz, dessen maximaler Laststrom begrenzt ist und der bei Überschreiten einer vorgegebenen oberen Temperatur abschaltet und nach Unterschreiten einer vorgegebenen unteren Temperatur wieder einschaltet, sieht vor, den Halbleiterschalter in einem Normalbetriebszustand und einem Störbetriebszustand zu betreiben, wobei der Halbleiterschalter nach einem Überschreiten der vorgegebenen oberen Temperatur im Störbetriebszustand betrieben wird und sich der Normalbetriebszustand und der Störbetriebszustand durch den maximalen Laststrom, ab dem eine Strombegrenzung einsetzt, unterscheiden. Der Laststrom wird im Normalbetriebszustand auf einen ersten Maximalwert und im Störbetriebszustand auf einen zweiten Maximalwert, der niedriger ist als der erste Maximalwert, begrenzt.

[0013] Der niedrigere dieser beiden Laststrom-Begrenzungswerte, der während des Störbetriebszustandes relevant ist, ist dabei so gewählt, dass die niederohmigsten Lasten, für welche der Halbleiterschalter spezifiziert ist, noch versorgt werden können.

[0014] Unabhängig vom Betriebszustand, wird der Halbleiterschalter dann wieder eingeschaltet, wenn die Temperatur unter einen unteren Schwellenwert abgesunken ist.

[0015] Während des Störbetriebszustandes fließt durch den Halbleiterschalter bei diesem Verfahren bei einem andauernden Kurzschluss der Last ein niedrigerer Maximalstrom als während des Normalbetriebszustandes. Die Schaltungsanordnung mit dem Halbleiterschalter wird dadurch langsamer und schonender aufgeheizt, was den temperaturbedingten Stress in dem Halbleitermaterial und auch in dem umgebenden Gehäuse reduziert.

[0016] Vorzugsweise wird der Halbleiterschalter im Störbetriebszustand bei Überschreiten einer zweiten oberen Temperatur, die niedriger ist als die erste obere Temperatur, abgeschaltet. Hieraus resultiert ein temperaturbedingtes Abschalten bereits bei niedrigeren Maximaltemperaturen als während des Normalbetriebszustandes. Dies führt dazu, dass der Halbleiterschalter bzw. eine integrierte Schaltung in welcher der Halbleiterschalter integriert ist, im Störfall, also bei einem Kurzschluss der Last oder einer Überlastung, ebenfalls einem verringerten temperaturbedingten Stress unterliegt.

[0017] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist vorzugsweise vorgesehen, auch die Spannung über der Laststrecke des Halbleiterschalters auszuwerten, wobei vorgesehen ist, den Halbleiterschalter nach einem Übergang in den Störbetriebszustand dann wieder im Normalbetriebszustand wieder zu betreiben, wenn die Spannung über der Laststrecke des Halbleiterschalters unter einen vorgegebenen Schwellenwert abgesunken ist. Das Absinken dieser Laststreckenspannung zeigt an, dass die Spannung über der Last zugenommen hat, was auf eine Beendigung des als Störfall angesehenen Kurzschlusses der Last hindeutet.

[0018] Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung umfasst einen Halbleiterschalter mit einem Ansteueranschluss und einer Laststrecke, eine an den Ansteueranschluss des Halbleiterschalters angeschlossene Schutzschaltung, einen Laststromsensor, der ein Laststromsignal bereitstellt, sowie einen im Bereich des Halbleiterschalters angeordneten Temperatursensor, der ein Temperaturmesssignal bereitstellt, wobei das Temperatursignal und das Laststromsignal der Schutzschaltung zugeführt sind. In der Schutzschaltung stehen ein erstes und ein zweites Überstromsignal zur Verfügung, wobei die Schutzschaltung einen ersten oder einen zweiten Schaltzustand annehmen kann und die Schutzschaltung den Halbleiterschalter zustandsabhängig nach Maßgabe eines Vergleichs des Stromsignals mit dem ersten Überstromsignal oder nach Maßgabe eines Vergleichs des Stromsignals mit dem zweiten Überstromsignal abregelt.

[0019] Vorzugsweise stehen in der Schutzschaltung weiterhin ein erstes Übertemperatursignal und ein zweites Übertemperatursignal zur Verfügung, wobei die Schutzschaltung den Halbleiterschalter zustandsabhängig nach Maßgabe eines Vergleichs des Temperatursignals mit dem ersten Übertemperatursignal oder nach Maßgabe eines Vergleichs des Temperatursignals mit dem zweiten Übertemperatursignal sperrend ansteuert.

[0020] Vorzugsweise umfasst die Schaltungsanordnung eine Spannungsmessanordnung zur Erfassung einer Laststreckenspannung des Halbleiterschalters, die ein Spannungsmesssignal bereitstellt, das der Schutzschaltung zugeführt ist, wobei die Schutzschaltung abhängig von dem Spannungsmesssignal einen der beiden Schaltzustände annimmt.

[0021] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Figuren näher erläutert. In den Figuren zeigt

[0022] **Fig. 1** eine Schaltungsanordnung mit einem Halbleiterschalter und einer Steuerschaltung nach dem Stand der Technik,

[0023] **Fig. 2** ausgewählte Messwerte eines Halbleiterschalters bei einem Ansteuerverfahren nach dem Stand der Technik,

[0024] **Fig. 3** ausgewählte Messwerte eines Halbleiterschalters bei einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ansteuerverfahrens für einen Halbleiterschalter,

[0025] **Fig. 4** ausgewählte Messwerte eines Halbleiterschalters bei einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ansteuerverfahrens,

[0026] **Fig. 5** ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung mit einem Halbleiterschalter,

[0027] **Fig. 6** ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung mit einem Halbleiterschalter.

[0028] In den Figuren bezeichnen, sofern nicht anders angegeben, gleiche Bezugszeichen gleiche Teile mit gleicher Bedeutung.

[0029] **Fig. 3** zeigt die zeitlichen Verläufe ausgewählter Messwerte eines Halbleiterschalters bzw. einer Schaltungsanordnung mit einem Halbleiterschalter bei einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ansteuerverfahrens. In **Fig. 3** dargestellt sind die zeitlichen Verläufe der Chiptemperatur bzw. eines unmittelbar von der Chiptemperatur abhängigen Temperatursignals TS, des Laststromes Ids, der Laststreckenspannung Uds sowie die in dem Halbleiterschalter in Wärme umgesetzte Leistung P.

[0030] In dem Signalverlauf gemäß **Fig. 3** wird davon ausgegangen, dass der Halbleiterschalter bis zu einem Zeitpunkt t1 störungsfrei betrieben wird. Zum Zeitpunkt t1 tritt ein Kurzschluss in einer in Reihe zu dem Halbleiterschalter geschalteten Last auf, wodurch der Laststrom Ids durch den Halbleiterschalter steil ansteigt. Mit dem Laststrom steigt auch die in dem Halbleiterschalter in Wärme umgesetzte Leistung und damit die Chiptemperatur in dem Halbleiterkörper, in dem der Halbleiterschalter integriert ist, an. Der Halbleiterschalter wird mit einer Strombegrenzung betrieben, das heißt der maximale Laststrom kann selbst Falle eines Kurzschlusses der Last einen oberen Schwellenwert IS1 nicht überschreiten bzw. der Laststrom wird nach Überschreiten dieses oberen Schwellenwertes durch Abregeln des Halbleiterschalters auf den Schwellenwert IS1 zurückgeregelt, wie anhand des Stromverlaufes zwischen den Zeitpunkten t1 und t2 ersichtlich ist.

[0031] Der Halbleiterschalter wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren abgeschaltet, wenn die Chiptemperatur einen oberen Maximalwert übersteigt bzw. wenn das von der Chiptemperatur abhängige Temperatursignal TS einen oberen Maximalwert TS1 übersteigt, wie dies zum Zeitpunkt t2 eintritt. Mit

dem Abschalten des Halbleiterschalters gehen der Laststrom  $I_{ds}$  und die in dem Halbleiterschalter in Wärme umgesetzte Leistung  $P$  auf Null zurück.

[0032] Mit dem Abschalten des Halbleiterschalters wegen Überschreiten des oberen Maximalwertes  $TS1$  wird der Halbleiterschalter erfolgt ein Übergang in einen Störbetriebszustand, in dem der Halbleiterschalter im Folgenden betrieben wird. Der Störbetriebszustand unterscheidet sich von dem Normalbetriebszustand durch einen geringeren Grenzwert für den maximalen zulässigen Laststrom, wie im Folgenden erläutert wird.

[0033] Unterschreitet der Temperaturmesswert  $TS$  einen unteren Schwellenwert  $TS3$  zum Zeitpunkt  $t3$ , so wird der Halbleiterschalter  $T$  wieder eingeschaltet, wobei der maximal zulässige Laststrom nun auf einen zweiten Maximalwert  $IS2$  begrenzt wird, der geringer als der erste Maximalwert  $IS1$  ist. Dies bewirkt bei einem noch bestehenden Kurzschluss der Last, dass wegen des niedrigeren Maximalstroms weniger Leistung  $P$  in dem Halbleiterschalter in Wärme umgesetzt wird und dass die Chiptemperatur langsamer ansteigt, wobei der Halbleiterschalter auch während des Störbetriebszustandes dann wieder abgeschaltet wird, wenn das Temperatursignal  $T5$  den oberen Maximalwert  $TS1$  übersteigt, wie dies beispielsweise zum Zeitpunkt  $t4$  der Fall ist.

[0034] Der Halbleiterschalter wird erst dann wieder im Normalbetriebszustand betrieben, wenn kein Kurzschluss in der Last mehr vorhanden ist. Um dies zu erkennen wird vorzugsweise die Spannung  $U_{ds}$  über der Laststrecke des Halbleiterschalters detektiert. Während des Kurzschlusses fällt annäherungsweise die gesamte Versorgungsspannung  $V_{bb}$ , die über der Reihenschaltung mit dem Halbleiterschalter und der Last anliegt, über der Laststrecke des Halbleiterschalters ab. Nach Wegfall des Kurzschlusses sinkt die Laststreckenspannung  $U_{ds}$  erheblich ab, da dann der Großteil der Spannung wieder über der Last anliegt. Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist deshalb vorgesehen, die Laststreckenspannung  $U_{ds}$  zu überwachen und den Halbleiterschalter  $T$  dann wieder im Normalbetriebszustand zu betreiben, also den Laststrom auf den höheren Wert  $IS1$  zu begrenzen, nachdem während des Störbetriebszustandes die Laststreckenspannung  $U_{ds}$  unter einen vorgegebenen Schwellenwert abgesunken ist, wie dies für einen Zeitpunkt  $t5$  in der Darstellung gemäß **Fig. 3** gezeigt ist.

[0035] **Fig. 4** veranschaulicht zeigt Zeitverläufe der bereits anhand von **Fig. 3** erläuterten Messwerte bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei welcher während des Störbetriebszustandes nicht nur der maximal zulässige Laststrom  $I_{ds}$  auf einen niedrigeren Wert  $IS2$  begrenzt wird, sondern bei dem während des Störbetriebszustandes auch die maximal zulässige Temperatur auf einen niedrigeren Temperaturwert, der durch ein Temperatursignal  $TS2$  repräsentiert ist, begrenzt wird. Wie bei dem Verfahren gemäß **Fig. 3** geht der Halb-

leiterschalter bei dem Verfahren gemäß **Fig. 4** zum Zeitpunkt  $t2$  in den Störbetriebszustand über, zu dem das von der Chiptemperatur abhängige Temperatursignal  $TS1$  den ersten maximalen Temperaturwert  $TS1$  übersteigt, wobei der Halbleiterschalter zu diesem Zeitpunkt  $t2$  abgeschaltet wird. Der Halbleiterschalter wird wieder eingeschaltet, wenn die Chiptemperatur unter einen unteren Grenzwert  $TS3$  abgesunken ist, wie dies zum Zeitpunkt  $t3$  dargestellt ist. Bei einem noch bestehenden Kurzschluss in der Last steigt die Chiptemperatur dann wieder an, wobei der Temperaturanstieg verlangsamt ist, da während des Störbetriebszustandes der maximal zulässige Laststrom auf einen Wert  $IS2$  begrenzt ist, der niedriger als der während des Normalbetriebszustandes maßgebliche Wert  $IS1$  ist.

[0036] Darüber hinaus wird während des Störbetriebszustandes der Halbleiterschalter bereits dann wieder abgeschaltet, wenn das Temperaturmesssignal  $TS$  bis auf einen zweiten Maximalwert  $TS2$  angestiegen ist, der kleiner ist als der erste Maximalwert  $TS1$ . Die Laststrombegrenzung auf den niedrigeren Wert  $IS2$  während des Störbetriebszustandes hat zur Folge, dass weniger Leistung im eingeschalteten Zustand des Halbleiterschalters in Wärme umgesetzt wird. Die Temperaturbegrenzung auf den niedrigeren Wert  $TS2$  hat zur Folge, dass die Einschaltedauern während des Störbetriebszustandes verkürzt sind und der Chip mit dem Halbleiterschalter nicht so stark aufgeheizt wird.

[0037] Der Halbleiterschalter wird ab einem Zeitpunkt  $t4$  wieder im Normalbetriebszustand betrieben, bei welchem der Laststrombegrenzung der höhere Grenzwert  $IS1$  zugrunde liegt und bei welcher der Temperaturbegrenzung ebenfalls der höhere Grenzwert  $TS1$  zugrunde liegt, nachdem die Laststreckenspannung  $U_{ds}$  unter einen vorgegebenen Grenzwert abgesunken ist, was auf eine Beendigung des Kurzschlusses hindeutet.

[0038] **Fig. 5** zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung mit einem Halbleiterschalter  $T$ , der in dem Beispiel als n-Kanal-MOSFET ausgebildet ist, dessen Drain-Source-Strecke in Reihe zu einer Last geschaltet ist, wobei über der Reihenschaltung des Halbleiterschalters  $T$  und der Last eine Versorgungsspannung  $V_{bb}$  anliegt. Der Halbleiterschalter  $T$  ist beispielsweise in einem Halbleitermodul integriert, wobei in diesem Fall der Source-Anschluss  $S$  des Halbleiterschalters  $T$  die Ausgangsklemme  $AK$  des Halbleitermoduls für den Anschluss der Last bildet.

[0039] Der Halbleiterschalter  $T$  leitet und sperrt nach Maßgabe eines an seinem Gate-Anschluss  $G$  anliegenden Ansteuersignals  $IN$  welches beispielsweise durch eine hinlänglich bekannte Treiberschaltung zur Verfügung gestellt wird. Diese Treiberschaltung umfasst beispielsweise eine Ladungspumpe, um ein zur leitenden Ansteuerung des als High-Side-Schalter dienenden Halbleiterschalters  $T$  geeignetes Ansteuerpotential zur Verfügung zu stellen.

[0040] Die Schaltungsanordnung umfasst darüber hinaus eine Schutzschaltung **20**, die den Halbleiterschalter vor einer Temperaturüberlastung und einer Stromüberlastung schützt. Dieser Schutzschaltung **20** ist ein Temperatursignal TS zugeführt, das von einem Temperatursensor **10** bereitgestellt wird, der im Bereich des Halbleiterschalters T angeordnet ist, wie dies schematisch in **Fig. 5** dargestellt ist. Technologisch ist dieser Temperatursensor vorzugsweise in demselben Halbleiterkörper integriert, in dem auch der Halbleiterschalter T integriert ist, wobei der Temperatursensor **10** insbesondere im Zellenfeld des üblicherweise zellenartig aufgebauten Halbleiterschalters integriert ist.

[0041] Zur Erfassung eines Laststromes  $I_{ds}$  durch den Halbleiterschalter T ist ein Stromsensor **40** vorgesehen, der in dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 5** schematisch in Reihe zu der Laststrecke D-S des Halbleiterschalters T geschaltet ist. Dieser Stromsensor **40** kann auf beliebige Art und Weise realisiert sein. Insbesondere besteht die Möglichkeit, den Stromsensor gemäß dem sogenannten Stromsense-Prinzip zu realisieren, d. h. einige der Zellen des zellenartig aufgebauten Halbleiterschalters T für die Stromerfassung zu nutzen. Der Stromsensor **40** stellt ein Stromsignal IS zur Verfügung, das ebenfalls der Schutzschaltung **20** zugeführt ist.

[0042] Die Schutzschaltung **20** ist dazu ausgebildet, den Halbleiterschalter T zu sperren, wenn das Temperatursignal TS einen oberen Maximalwert überschreitet. Darüber hinaus ist die Schutzschaltung **20** dazu ausgebildet, den Halbleiterschalter T so anzusteuern, dass der Laststrom  $I_{ds}$  auf einen Maximalwert begrenzt ist.

[0043] Zur Laststromregelung ist bei der Schutzschaltung gemäß **20** eine Regelschleife mit einem Operationsverstärker OPV und einem Transistor **26** vorgesehen, wobei der Transistor **26** zwischen den Gate-Anschluss G und den Source-Anschluss S des Halbleiterschalters T geschaltet ist. Dieser Transistor **26** wird durch den Operationsverstärker OPV abhängig von einem Vergleich des Strommesssignals IS mit einem ersten oder zweiten Stromgrenzwert IS1, IS2 angesteuert, wobei der erste und zweite Stromgrenzwert IS1, IS2, in der Schutzschaltung **20** zur Verfügung stehen und beispielsweise in Speichereinrichtungen **25**, **27** abgespeichert sind. Abhängig von einer Schalterstellung eines Schalters **29** wird in dem dargestellten Ausführungsbeispiel dem Minus-Eingang des Operationsverstärkers OPV der erste Stromgrenzwert IS1 oder der zweite Stromgrenzwert IS2 zugeführt, um den Strommesswert IS mit einem dieser beiden Stromgrenzwerte IS1, IS2 zu vergleichen und den Transistor **26** anzusteuern.

[0044] Übersteigt der Strommesswert IS den gerade an den Operationsverstärker OPV angelegten Grenzwert IS1, IS2, so wird durch den Operationsverstärker OPV der Transistor **26** aufgesteuert, um dadurch den Leistungstransistor T so abzuregeln, dass der Laststrom  $I_{ds}$  begrenzt wird.

[0045] Die Temperaturschutzschaltung umfasst einen weiteren Transistor **26'**, dessen Drain-Source-Strecke ebenfalls zwischen den Gate-Anschluss G und den Source-Anschluss S des Leistungstransistors T geschaltet ist und der durch eine Vergleicherschaltung **24** angesteuert ist, der das Temperaturmesssignal TS so wie ein erster oberer Temperaturgrenzwert TS1 sowie ein unterer Temperaturgrenzwert TS3 zugeführt sind. Die Vergleicherschaltung **24** ist dazu ausgebildet, den Transistor **26** leitend anzusteuern, um dadurch den Halbleiterschalter T zu sperren, wenn das Temperatursignal TS den oberen Grenzwert TS1 übersteigt, und den Transistor **26'** zu sperren, und dadurch eine leitende Ansteuerung des Halbleiterschalters T über das Eingangssignal IN zu ermöglichen, wenn das Temperatursignal TS unter den unteren Temperaturgrenzwert TS3 abgesunken ist. Hierzu umfasst die Vergleicheranordnung **24** beispielsweise einen ersten und einen zweiten Komparator K1, K2 wobei dem Minus-Eingang des ersten Komparators K1 das obere Temperatursignal TS1 und dem Plus-Eingang des zweiten Komparators K2 das untere Temperaturgrenzsignal TS3 zugeführt sind. Den jeweils anderen Eingängen der Komparatoren K1, K2 ist das Temperaturmesssignal TS zugeführt.

[0046] Der Transistor **26'** ist durch ein RS-Flip-Flop FF1 angesteuert, wobei dem Setz-Eingang S dieses Flip-Flops FF1 ein Ausgangssignal des ersten Komparators K1 und dem Rücksetz-Eingang R dieses Flip-Flops FF2 das Ausgangssignal des zweiten Komparators K2 zugeführt ist. Das Flip-Flop FF1 wird gesetzt, wenn das Temperatursignal TS das obere Temperaturgrenzsignal TS1 übersteigt, um den Transistor **26'** leitend anzusteuern, und das Flip-Flop FF1 wird zurückgesetzt, wenn das Temperatursignal TS nachfolgend das untere Temperaturgrenzsignal TS3 unterschreitet, um den Transistor **26'** wieder zu sperren.

[0047] Abhängig davon, welcher Stromgrenzwert IS1, IS2 zur Laststrombegrenzung herangezogen wird, wird die Schutzschaltung **20** in einem ersten Betriebszustand – im Folgenden als Normalbetriebszustand bezeichnet – oder in einem zweiten Betriebszustand – im Folgenden als Störbetriebszustand bezeichnet – betrieben. Der Normalbetriebszustand zeichnet sich dadurch aus, dass das erste Strombegrenzungssignal IS1, das größer ist als das zweite Strombegrenzungssignal IS2, zur Laststrombegrenzung herangezogen wird.

[0048] Der Schalter **29**, über welchen eines der beiden Strombegrenzungssignale IS1, IS2 dem Operationsverstärker OPV zugeführt wird, wird angesteuert durch ein zweites RS-Flip-Flop FF2, dessen Schaltzustand den Betriebszustand der Schutzschaltung **20** vorgibt. Ist dieses Flip-Flop FF2 zurückgesetzt, so funktioniert die Schutzschaltung **20** im Normalbetriebszustand und der Schalter **29** befindet sich in einer Schaltstellung, bei welcher das erste Strombegrenzungssignal IS1 dem Operationsverstärker OPV

zugeführt wird. Ist dieses Flip-Flop FF2 gesetzt, so befindet sich die Schutzschaltung im Störbetriebszustand und das zweite Strombegrenzungssignal IS2 wird über den Schalter **29** dem Operationsverstärker OPV für die Laststrombegrenzung des Halbleiterschalters T zugeführt. Das Flip-Flop FF2 wird abhängig vom Ausgangssignal des Komparators K1 dann gesetzt, wenn das Temperatursignal TS den Wert oberen Temperaturgrenzsignals TS1 übersteigt, wobei dieses Temperaturgrenzsignal TS1 vorzugsweise so gewählt ist, das die diesem Grenzsinal TS1 entsprechenden Temperaturen nur bei einem Störzustand erreicht werden, beispielsweise dann, wenn ein Kurzschluss in der Last auftritt. Die Schutzschaltung **20** geht somit in den Störbetriebszustand über, wenn die Temperatur einen durch das obere Temperatursignal TS1 vorgegebenen Grenzwert übersteigt, wobei der Laststrom während des Störbetriebszustandes auf einen niedrigeren, durch das zweite Strombegrenzungssignal IS2 vorgegebenen wert begrenzt wird.

[0049] **Fig. 6** zeigt eine Abwandlung der in **Fig. 5** dargestellten Schaltungsanordnung, wobei bei dieser Ausführungsform in der Schutzschaltung **20** neben dem ersten Temperaturgrenzsignal TS1 ein zweites Temperaturgrenzsignal TS2 bereitsteht, wobei diese Temperaturgrenzsignale TS1, TS2 beispielsweise in Speichereinrichtungen **21**, **22** abgespeichert sind. Das zweite Temperaturgrenzsignal TS2 ist dabei niedriger als das erste Temperaturgrenzsignal TS1. Die beiden Temperaturgrenzsignale TS1, TS2 werden nach Maßgabe der Schalterstellung eines Schalters **28** dem Komparator K1 zugeführt, wobei dieser Schalter **28** wie auch der Schalter **29** durch das zweite Flip-Flop FF2 angesteuert ist. Der Schaltzustand des Flip-Flops FF2 und die Schalterstellung des Schalters **28** sind so aufeinander abgestimmt, das während des Normalbetriebszustandes, wenn das Flip-Flop FF2 also zurückgesetzt ist, das erste Temperaturgrenzsignal TS1 dem Komparator K1 zugeführt ist, um den Halbleiterschalter T erst dann zu sperren, wenn das Temperatursignal TS das erste Temperaturgrenzsignal TS1 übersteigt. Ist das Flip-Flop FF2 gesetzt, befindet sich die Schutzschaltung **20** also im Störbetriebszustand, so wird über den Schalter **28** dem Komparator K1 das zweite Temperaturgrenzsignal TS2 zugeführt, um während des Störbetriebszustandes den Halbleiterschalter T bereits dann zu sperren, wenn das Temperatursignal TS das zweite Temperaturgrenzsignal TS2 übersteigt. Um das zweite Flip-Flop FF2 zurückzusetzen, das heißt die Schutzschaltung **20** vom Störbetriebszustand in den Normalbetriebszustand zu überführen, wird bei den Schaltungsanordnungen gemäß der **Fig. 5** und **6** die Laststreckenspannung Uds über der Laststrecke D-S des Halbleiterschalters T überwacht. Diese Laststreckenspannung Uds wird mittels einer Spannungsmessanordnung **20'** erfasst, die ein Spannungsmesssignal US bereitstellt. Dieses Spannungsmesssignal US wird mittels eines Komparators K3 mit

einem in der Schutzschaltung **20** zur Verfügung stehenden, beispielsweise in einem Speicher **30** abgespeicherten, Spannungsreferenzsignal US1 verglichen, wobei das Flip-Flop FF2 zurückgesetzt wird, wenn das Spannungsmesssignal US unter den Wert des Referenzsignals US1 absinkt. Ein Absinken der Laststreckenspannung Uds unter diesen Referenzwert US1 deutet darauf hin, dass kein Kurzschluss der Last vorliegt, während bei Auftreten eines Kurzschlusses die Temperatur angestiegen ist und die Schutzschaltung **20** in den Störbetriebszustand überführt wurde.

#### Bezugszeichenliste

<b>Vbb</b>	Versorgungsspannung
<b>T</b>	Halbleiterschalter
<b>G</b>	Gate-Anschluss
<b>D</b>	Drain-Anschluss
<b>S</b>	Source-Anschluss
<b>10</b>	Temperatursensor
<b>20'</b>	Spannungssensor
<b>40</b>	Stromsensor
<b>Uds</b>	Laststreckenspannung
<b>26, 26'</b>	Transistoren
<b>FF1, FF2</b>	RS-Flip-Flops
<b>OPV</b>	Operationsverstärker
<b>K1, K2, K3</b>	Komparatoren
<b>TS</b>	Temperaturmesssignal
<b>US</b>	Spannungsmesssignal
<b>IS</b>	Strommesssignal
<b>IN</b>	Eingangssignal
<b>21, 22, 23</b>	Speicheranordnungen
<b>25, 27</b>	Speicheranordnungen
<b>24</b>	Vergleicheranordnung
<b>20</b>	Schutzschaltung
<b>30</b>	Speicheranordnung

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterschalters mit Laststrombegrenzung und Übertemperaturschutz, dessen maximaler Laststrom begrenzt ist und der bei Überschreiten einer vorgegebenen oberen Temperatur abschaltet und nach Unterschreiten einer vorgegebenen unteren Temperatur wieder einschaltet, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Halbleiterschalter (T) in einem Normalbetriebszustand und einem Störbetriebszustand betrieben wird, wobei der Halbleiterschalter (T) nach einem Überschreiten der vorgegebenen oberen Temperatur (TS1) im Störbetriebszustand betrieben wird und wobei der Laststrom im Normalbetriebszustand auf einen ersten Maximalwert (IS1) und im Störbetriebszustand auf einen zweiten Maximalwert (IS2), der niedriger als der erste Maximalwert (IS1) ist, begrenzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Halbleiterschalter im Normalbetriebszustand und im Stör-

betriebszustand wieder eingeschaltet wird, wenn die Temperatur unter einen unteren Schwellenwert (TS3) abgesunken ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Halbleiterschalter (T) im Störbetriebszustand bei Überschreiten einer zweiten oberen Temperatur (TS2), die niedriger als die erste obere Temperatur (TS1) ist, abgeschaltet wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Laststrom (Ids) durch Ansteuern des Halbleiterschalters (T) begrenzt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem eine Spannung (Uds) über der Laststrecke (D-S) des Halbleiterschalters überwacht wird, wobei der Schalter (T) im Normalbetriebszustand betrieben wird, wenn diese Laststreckenspannung (Uds) kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert ist.

6. Schaltungsanordnung, die folgende Merkmale aufweist:

- einen Halbleiterschalter (T) mit einem Ansteueranschluss (G) und einer Laststrecke (D-S),
- eine an den Ansteueranschluss (G) des Halbleiterschalters (T) angeschlossene Schutzschaltung (20),
- einen im Bereich des Halbleiterschalters (T) angeordneten Temperatursensor (10), der ein Temperaturmesssignal (TS) bereitstellt, das der Schutzschaltung (20) zugeführt ist,
- eine Strommessanordnung (40), die ein von einem Strom (Ids) über die Laststrecke (D-S) des Halbleiterschalters (T) abhängiges Strommesssignal (IS) bereitstellt,

dadurch gekennzeichnet, dass

in der Schutzschaltung (20) ein erstes und ein zweites Überstromsignal (IS1, IS2) zur Verfügung stehen und die Schutzschaltung (20) einen ersten oder einen zweiten Betriebszustand annehmen kann, wobei die Schutzschaltung den Halbleiterschalter (T) zustandsabhängig nach Maßgabe eines Vergleichs des Strommesssignals (IS) mit dem ersten Überstromsignal (IS1) oder nach Maßgabe eines Vergleichs des Strommesssignals (IS) mit dem zweiten Überstromsignal (IS2) abregelt.

7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6, bei der in der Schutzschaltung (20) ein erstes und ein zweites Übertemperatursignal bereitstehen (TS1, TS2), wobei die Schutzschaltung (20) den Halbleiterschalter (T) zustandsabhängig nach Maßgabe eines Vergleichs des Temperaturmesssignals (TS) mit dem ersten Übertemperatursignal (TS1) oder nach Maßgabe eines Vergleichs des Temperaturmesssignals (TS) mit dem zweiten Übertemperatursignal (TS2) sperrend ansteuert.

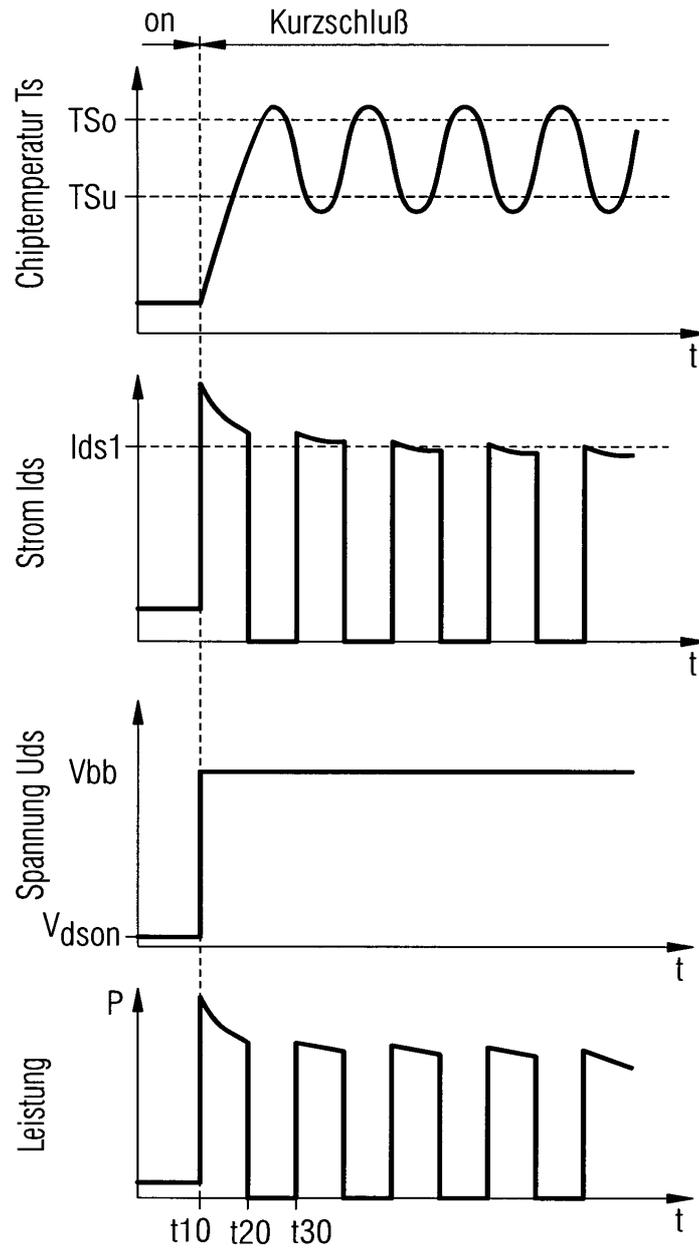
8. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprü-

che 6 bis 7, die eine Spannungsmessanordnung (20') zur Erfassung einer Laststreckenspannung (Uds) des Halbleiterschalters (T) aufweist, die ein Spannungsmesssignal (US) bereitstellt, das der Schutzschaltung (20) zugeführt ist, wobei die Schutzschaltung (20) abhängig von dem Spannungsmesssignal (US) einen der beiden Betriebszustände annimmt.

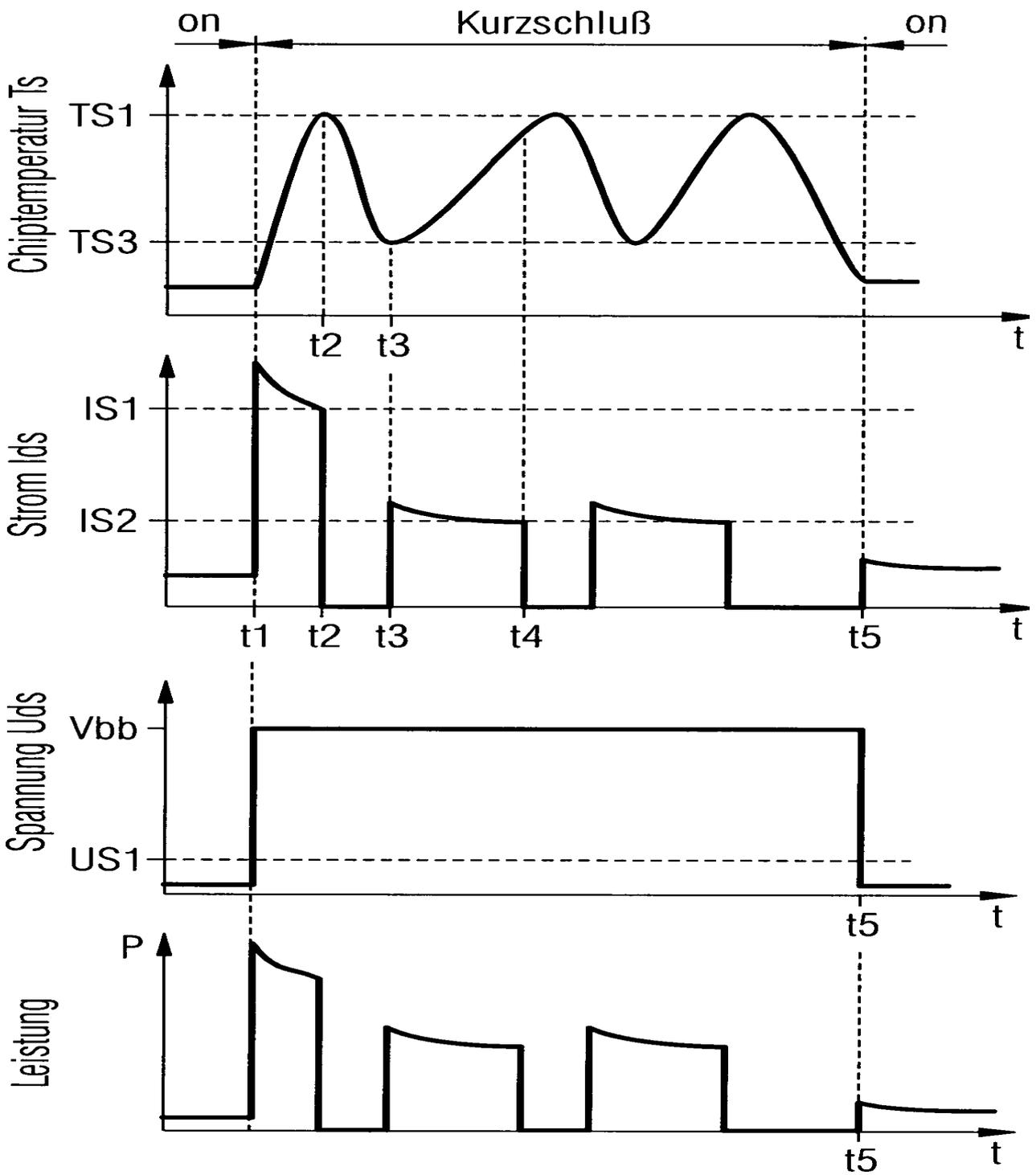
Es folgen 6 Blatt Zeichnungen



FIG 2 Stand der Technik



**FIG 3**



**FIG 4**

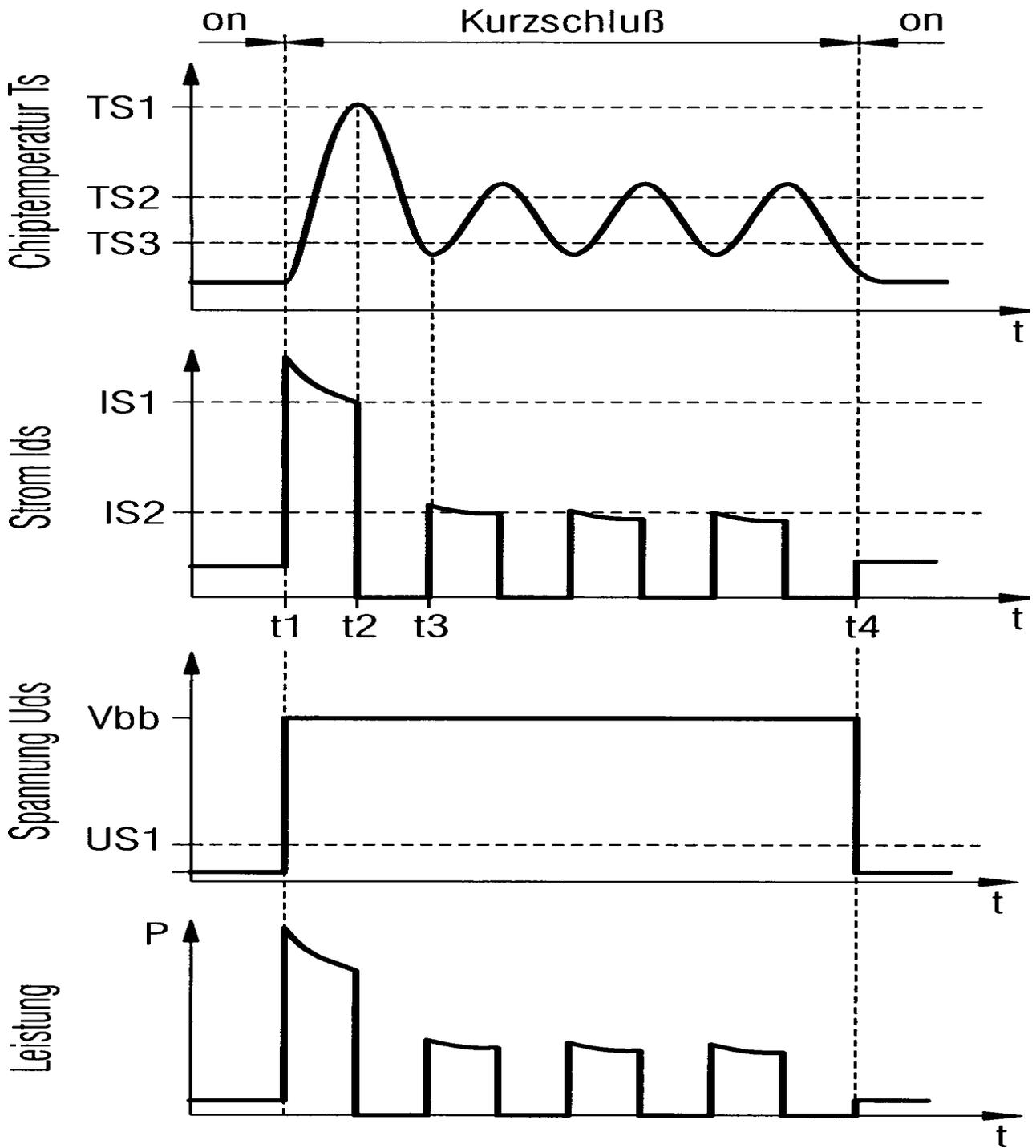


FIG 5

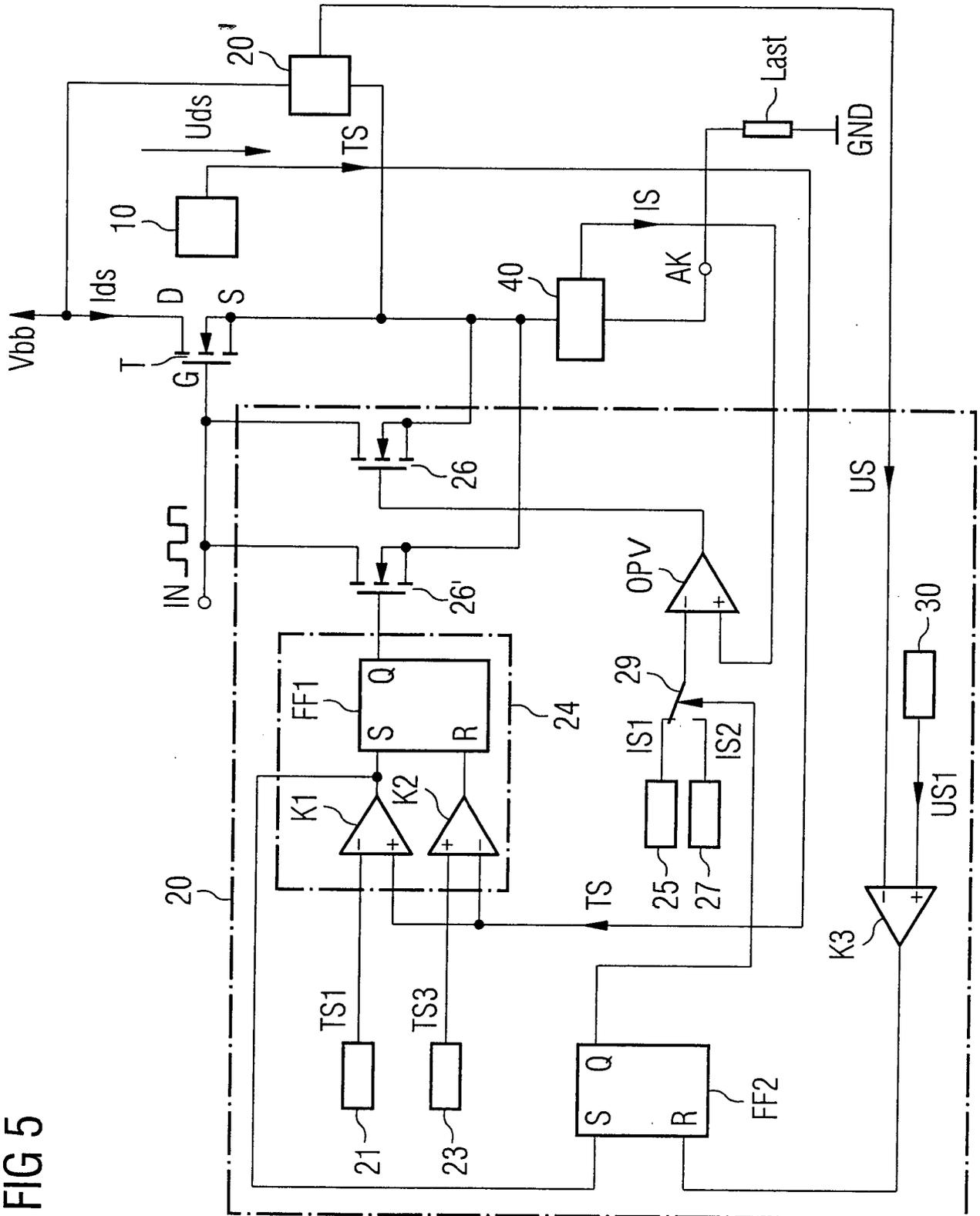


FIG 6

