

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum

15. September 2016 (15.09.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2016/142484 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 31/327 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/055172

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. März 2016 (10.03.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 204 343.6 11. März 2015 (11.03.2015) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder: **KOHLMANN -V. PLATEN, Klaus**; Geschw.-
Scholl-All. 245, 25524 Itzehoe (DE). **KAPELS, Holger**;
Lübecker Str. 136, 23843 Bad Oldesloe (DE). **HINZ,
Jörn**; Bahnhofstr. 66, 25715 Eddelak (DE).

(74) Anwälte: **ZIMMERMANN, Tankred** et al.; Schoppe,
Zimmermann, Stöckeler, Zinkler, Schenk & Partner mbB,
Radlkofersstraße 2, 81373 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: DEVICE FOR DETERMINING A SWITCH STATE, SWITCHING DEVICE, METHOD FOR DETERMINING A
SWITCH STATE AND COMPUTER PROGRAM

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG ZUM BESTIMMEN EINES SCHALTERZUSTANDS, SCHALTERVORRICHTUNG,
VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINES SCHALTERZUSTANDS UND COMPUTERPROGRAMM

(57) Abstract: The invention relates to a device comprising a voltage meter and a processing device. The voltage meter is configured
to measure a voltage applied between a control terminal and a power terminal of a semiconductor-based switch and to obtain a
measurement signal. The processing device is designed to compare the measurement signal with a reference signal and to determine
on the basis of said comparison a state of a switching device which comprises the semiconductor-based switch.

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung umfasst einen Spannungsmesser und eine Verarbeitungseinrichtung. Der
Spannungsmesser ist konfiguriert, um eine Spannung zwischen einem Steueranschluss und einem Leistungsanschluss eines
halbleiterbasierten Schalters zu messen und um ein Messsignal zu erhalten. Die Verarbeitungseinrichtung ist ausgebildet, um das
Messsignal mit einem Referenzsignal zu vergleichen, und um basierend auf dem Vergleich einen Zustand einer Schalteranordnung,
die den halbleiterbasierten Schalter umfasst, zu bestimmen.



WO 2016/142484 A2

Vorrichtung zum Bestimmen eines Schalterzustands, Schaltervorrichtung, Verfahren zum Bestimmen eines Schalterzustands und Computerprogramm

5

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Bestimmen eines Zustands eines halbleiterbasierten Schalters, auf eine Schaltervorrichtung, auf ein Verfahren
10 zum Bestimmen eines Zustands eines halbleiterbasierten Schalters und auf ein Computerprogramm. Die vorliegende Erfindung bezieht sich ferner auf ein Verfahren zur in-situ-Bestimmung des Alterungsgrades eines Leistungsbauelements oder eines Leistungsmoduls und zur Extrapolation auf den Zeitpunkt des Ausfalls der Baugruppe.

15 Zurzeit gibt es kein Verfahren, frühzeitig den alterungsbedingten Ausfall einer leistungselektronischen Baugruppe, eines Einzelbauelements oder eines Moduls, wie er beispielsweise durch eine Ablösung eines Bonddrahts oder eine Ablösung des Bauelements von der Bodenplatte hervorgerufen wird, zu erkennen.

20 Ein in DE 10 2007 024 175 A1 beschriebenes Verfahren bezieht sich lediglich auf die Erkennung einer Schädigung eines Gateoxids.

Wünschenswert wäre ein Konzept zum Bestimmen eines Zustands einer Schalteranordnung, das eine umfassende Aussage über den Zustand der Schalteranordnung ermöglicht.
25 licht.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Konzept zu schaffen, das eine zuverlässige Bestimmung eines Zustands einer Schalteranordnung ermöglicht.

30 Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Der Kerngedanke der vorliegenden Erfindung besteht darin, erkannt zu haben, dass sich mit zunehmender Schädigung der Schalteranordnung ein Spannungsverlauf zwischen einem Steueranschluss und einem Leistungsanschluss eines halbleiterbasierten Schalters
35 während eines Umschaltvorgangs zunehmend ändert und dass ein Maß der Abweichung

zwischen einem erfassten Spannungsverlauf und einem Referenzsignal als Maß für eine Schädigung der Schalteranordnung interpretierbar ist.

- 5 Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst eine Vorrichtung einen Spannungsmesser, der konfiguriert ist, um eine Spannung zwischen einem Steueranschluss und einem Leistungsanschluss eines halbleiterbasierten Schalters zu messen und um ein Spannungssignal zu erhalten. Die Vorrichtung umfasst ferner eine Verarbeitungseinrichtung, die ausgebildet ist, um das Messsignal mit einem Referenzsignal zu vergleichen, und um basierend auf dem Vergleich einen Zustand einer Schalteranordnung, die den halbleiterbasierten Schalter umfasst, zu bestimmen. Vorteilhaft daran ist, dass die Spannung zwischen dem Steueranschluss und dem Leistungsanschluss präzise erfassbar ist und dass basierend auf dem Vergleich ein Zustand des Schalters auch bezüglich Komponenten, die außerhalb des reinen Halbleiterelements angeordnet sind zuverlässig bestimmbar ist.
- 10
- 15 Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel zeigt das Referenzsignal eine Information bezüglich der Spannung zwischen dem Steueranschluss und dem Leistungsanschluss des halbleiterbasierten Schalters an, wenn die Schalteranordnung einen unbeschädigten oder innerhalb eines Toleranzbereichs beschädigten Zustand aufweist. Vorteilhaft daran ist, dass ein Maß einer Abweichung des Messsignals und des Referenzsignals in ein Maß
- 20 überführbar ist, in welchem die Schalteranordnung einen beschädigten Zustand aufweist oder außerhalb des Toleranzbereichs beschädigt ist.

- Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ist die Verarbeitungseinrichtung ausgebildet, um eine Information bezüglich eines Miller-Plateaus des Messsignals mit einer Information eines Miller-Plateaus des Referenzsignals zu vergleichen. Vorteilhaft daran ist, dass das Miller-Plateau einen charakteristischen Signalabschnitt einer Gate-Emitter-Spannung eines halbleiterbasierten Schalters während dessen Einschalten darstellt und dass das Miller-Plateau bezüglich seiner Amplitudenhöhe und/oder Zeitdauer mit entsprechenden Signalabschnitten des Referenzsignals verglichen werden kann. Dies ermöglicht eine zuverlässige Bestimmung des Zustands der Schalteranordnung.
- 25
- 30

- Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ist die Verarbeitungseinrichtung ausgebildet, um das Messsignal zumindest teilweise in einen Frequenzbereich zu transformieren, um ein transformiertes Messsignal zu erhalten, wobei das Referenzsignal Frequenzinformationen aufweist und wobei die Verarbeitungseinrichtung ausgebildet ist, um das transformierte Messsignal mit den Frequenzinformationen zu vergleichen. Vorteilhaft daran ist,
- 35

dass basierend auf Frequenzinformationen Parameter wie eine Umschaltgeschwindigkeit (beispielsweise von leitend zu nicht-leitend oder umgekehrt) ausgewertet werden können und dass basierend auf diesen Parametern eine Bewertung des Zustands der Schalteranordnung ermöglicht ist.

5

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ist die Verarbeitungseinrichtung ausgebildet, um ein erstes Messsignal, das bezüglich eines ersten Zeitintervalls und bezüglich des halbleiterbasierten Schalters erfasst wird, in einem Referenzsignalspeicher zu hinterlegen und um das erste Messsignal mit einem zweiten Messsignal, das bezüglich eines zweiten
10 Zeitintervalls, das auf das erste Zeitintervall folgt, zu vergleichen. Die Verarbeitungseinrichtung ist ausgebildet, um das erste Messsignal bezüglich des zweiten Messsignals als Referenzsignal zu verwenden. Vorteilhaft daran ist, dass eine Hinterlegung eines Messsignals als Referenzsignal für spätere Vergleiche eine Degradierung oder Zustandsänderung der Schalteranordnung über die Zeit feststellbar und eine Aussage über einen voraussichtlichen Ausfall der Baugruppe extrapolierbar ist.
15

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst eine Schaltervorrichtung eine Schalteranordnung mit einem halbleiterbasierten Schalter und eine Vorrichtung zum Bestimmen des Zustands der Schalteranordnung. Die Verarbeitungseinrichtung ist ausgebildet, um
20 basierend auf dem Vergleich ein Vergleichsergebnis zu erhalten, um das Vergleichsergebnis mit einem Schwellwert zu vergleichen und um ein Ausgangssignal zu erzeugen, dass eine Information bezüglich einer verbleibenden Betriebsbereitschaft der Schalteranordnung aufweist, wenn das Vergleichsergebnis bezogen auf den Schwellwert eine vordefinierte Abweichung aufweist. Die Vorrichtung ist konfiguriert, um den halbleiterbasierten
25 Schalter zu steuern und um basierend auf dem Ausgangssignal einen Betrieb des halbleiterbasierten Schalters zu beenden oder um das Ausgangssignal an eine weitere Vorrichtung zu senden, die konfiguriert ist, um den halbleiterbasierten Schalter zu steuern. Vorteilhaft daran ist, dass ein zukünftiger Betrieb rechtzeitig vor einem Ausfall unterbrochen oder beendet werden kann, um eine Reparatur auszuführen, bevor ein Ausfall des halbleiterbasierten Schalters oder der Schalteranordnung auftritt.
30

Weitere Ausführungsbeispiele beziehen sich auf ein Verfahren zum Bestimmen eines Zustands einer Schalteranordnung und auf ein Computerprogramm.

35 Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind der Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- 5 Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung, die einen Spannungsmesser und eine Verarbeitungseinrichtung umfasst gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- 10 Fig. 2 ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung, die ausgebildet ist, um den Zustand einer Schalteranordnung zu bestimmen gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- 15 Fig. 3 ein schematisches Blockschaltbild einer Schaltervorrichtung, die die Schalteranordnung und die Vorrichtung aus Fig. 1 umfasst gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- 20 Fig. 4 eine schematische Gegenüberstellung von Spannungsverläufen während eines Einschaltverhaltens eines halbleiterbasierten Schalters gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- 25 Fig. 5 ein schematisches Diagramm, bei dem an der Abszisse eine Zeitachse und an der Ordinate ein beispielhaft normierter Parameterwert bezeichnet ist gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- 30 Fig. 6a beispielhaft eine zweidimensionale Matrix, bei der in den Zeilen ein jeweiliger Parameterwert angeordnet ist gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- 35 Fig. 6b ein schematisches zweidimensionales Diagramm, bei dem an der Abszisse eine Zeitachse mit daran diskret aufgetragenen Zeitpunkten, zu denen der jeweilige Parameter gemessen und/oder verglichen wird, eingetragen ist gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 7a ein schematisches Diagramm von Spannungsverläufen einer Gate-Emitter-Spannung und einer Kollektor-Emitter-Spannung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 7b ein schematisches Diagramm derselben Spannungen, bei denen Übergangswiderstände aus Fig. 7a hin zu einem höheren Wert erhöht sind gemäß einem Ausführungsbeispiel; und

- 5 Fig. 8 ein schematisches Diagramm eines sogenannten Belastungstests gemäß dem Stand der Technik.

Bevor nachfolgend Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung im Detail anhand der Zeichnungen näher erläutert werden, wird darauf hingewiesen, dass identische, funktionsgleiche oder gleichwirkende Elemente, Objekte und/oder Strukturen in den unterschiedlichen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind, so dass die in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen dargestellte Beschreibung dieser Elemente untereinander austauschbar ist bzw. aufeinander angewendet werden kann.

- 15 Nachfolgend beschriebene Ausführungsbeispiele beziehen sich auf halbleiterbasierte Schalter, die bspw. Basismaterialien umfassend Silizium, Siliziumcarbid (SiC) und/oder Galliumnitrid (GaN) aufweisen können. Halbleiterbasierte Schalter können beispielsweise als Metall-Oxid-Halbleiterfeldeffekttransistoren (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect-Transistor – MOSFET) oder als Bipolartransistor ausgeführt sein. Halbleiterbasierte Schalter können eine normal leitende oder normal sperrende Konfiguration aufweisen. Ferner können halbleiterbasierte Schalter eine isolierte Gate-Elektrode aufweisen, etwa in Form eines MOSFET mit isolierter Gate-Elektrode oder in Form eines Bipolartransistors mit isolierter Gate-Elektrode (Insulated-Gate Bipolar Transistor – IGBT). Ferner können halbleiterbasierte Schalter von einem Typ n-Kanal oder p-Kanal sein. Basierend auf einer Konzentration von Ladungsträgern, die auf einer Steuer-Kapazität (Gate-Kapazität) gespeichert ist, kann ein Schalterzustand, beispielsweise leitend oder sperrend, verändert werden, das bedeutet, der halbleiterbasierte Schalter geschaltet werden.

- Für eine bessere Klarheit werden nachfolgend halbleiterbasierte Schalter so beschrieben, dass diese einen sperrenden Zustand (d.h. nicht oder gering leitend) aufweisen, wenn eine Konzentration an Ladungsträgern in der Steuer-Kapazität so gering ist, dass ein Steuer-Potential oder Steuer-Spannung an dem Steuer-Anschluss unterhalb eines Schalter-Schwellwerts (engl.: Threshold-Spannung) liegt. Weist die Konzentration an Ladungsträgern einen höheren Wert auf, so dass die Steuer-Spannung oberhalb des Schwellwerts liegt, weist der halbleiterbasierte Schalter einen leitenden Zustand auf. Es versteht sich,

dass diese Zustände basierend auf der Konfiguration des halbleiterbasierten Schalters, beispielsweise normal leitend/normal sperrend wechselseitig vertauschbar sind.

Obwohl sich nachfolgend beschriebene Ausführungsbeispiele auf eine Zunahme der Ladungsträgerkonzentration in der Gate-Elektrode eines IGBT beziehen, um diesen in einen leitenden Zustand zu überführen, kann auch ein nicht-leitender Zustand herbeigeführt werden oder eine andere Form eines halbleiterbasierten Schalters angeordnet sein. Nachfolgend aufgeführte Bezeichnungen der Anschlüsse des halbleiterbasierten Schalters, wie Gate, Emitter und Kollektor können basierend auf anderen Arten von Schaltern wechselseitig vertauscht werden, etwa mit Gate, Drain und Source.

Fig. 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung 10, die einen Spannungsmesser 12 und eine Verarbeitungseinrichtung 14 umfasst. Der Spannungsmesser ist konfiguriert, um eine Spannung U_{GE} zwischen einem Steueranschluss (Gate-G) und einem Leistungsanschluss eines halbleiterbasierten Schalters 16 zu messen und um die gemessene Spannung U_{GE} in ein Messsignal 18 zu überführen. Bei dem Leistungsanschluss kann es sich bspw. um einen Emitteranschluss E handeln. Das Messsignal 18 weist somit Informationen bezüglich der Spannung U_{GE} auf. Bei den Informationen kann es sich um den tatsächlichen Spannungswert, eine Folge von Abtastwerten oder dergleichen oder eine Skalierung eines oder mehrerer Spannungswerte handeln.

Die Verarbeitungseinrichtung 14 ist ausgebildet, um das Messsignal 18 mit einem Referenzsignal 22 zu vergleichen. Bei dem Referenzsignal kann es sich um einen hinterlegten (skalierten oder unskalierten) Spannungsverlauf, um einen oder mehrere (skalierten oder unskalierten) Abtastwerte handeln. Alternativ oder zusätzlich kann das Referenzsignal 22 auch weitere Informationen aufweisen, etwa eine Triggerspannung, bei der der Vergleich ausgeführt wird, wenn das Messsignal die Triggerspannung über- oder unterschreitet. Der Vergleich kann zwischen gleichartigen oder verschiedenartigen Signalen oder Signalmerkmalen ausgeführt werden. So kann die Verarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, um jeweils einen zeitlichen Verlauf des Messsignals 18 mit einem zeitlichen Verlauf des Referenzsignals 22 zu vergleichen. Alternativ oder zusätzlich kann auch ein zeitlicher Verlauf mit einem oder mehreren Abtastwerten verglichen werden. Der Vergleich kann in Echtzeit ausgeführt werden. Alternativ kann der Vergleich auch nach einem erfolgten Umschaltvorgang des halbleiterbasierten Schalters 16 ausgeführt werden. Der Vergleich kann bei oder nach jedem Umschaltvorgang ausgeführt werden. Alternativ kann der Vergleich auch bezüglich eines Teils der Umschaltvorgänge ausgeführt werden, etwa bezüg-

lich jedes zweiten, dritten, fünften oder zehnten Umschaltvorgangs oder eines anderen Wertes.

Die Verarbeitungseinrichtung 14 ist ausgebildet, um basierend auf dem Vergleich des Messsignals 18 mit dem Referenzsignal 22 einen Zustand einer Schalteranordnung 24, die den halbleiterbasierten Schalter 16 umfasst, zu bestimmen. Die Schalteranordnung 24 umfasst den halbleiterbasierten Schalter 16 und kann optional weitere Komponenten, wie etwa eine Platine, auf der der halbleiterbasierte Schalter 16 angeordnet ist, Leistungsanschlüsse für eine Kontaktierung des halbleiterbasierten Schalters 16 mit weiteren Komponenten einer Schaltung oder Baugruppe oder Verbindungen zwischen dem halbleiterbasierten Schalter und anderen Komponenten umfassen. Eine derartige Verbindung kann als eine Bonddrahtverbindung ausgeführt sein, mit der der halbleiterbasierte Schalter 16 mit der Platine verbunden ist. Darüber hinaus kann der Zustand auch eine Anbindung (elektrische Verbindung) einer elektrischen Last 26, die mit der Schalteranordnung 24 geschaltet wird, an die Schalteranordnung 24 umfassen.

Das bedeutet, dass sich der Zustand auf eine Beschädigung oder eine Alterung des halbleiterbasierten Schalters 16 und/oder auf eine Beschädigung oder eine Alterung einer Verbindung des halbleiterbasierten Schalters mit der Komponente beziehen kann. Bei der Komponente kann es sich auch um eine Platine handeln, an der der halbleiterbasierte Schalter 16 angeordnet ist, so dass sich der Zustand auf die mechanische Verbindung des halbleiterbasierten Schalters 16 mit der Platine und/oder auf die elektrische Verbindung der elektrischen Anschlüsse des halbleiterbasierten Schalters 16 und der Platine beziehen kann.

25

Das Referenzsignal kann Informationen bezüglich einer Spannung zwischen dem Gate (Steueranschluss) und dem Kollektor oder Emitter (Leistungsanschluss) des halbleiterbasierten Schalters 16 aufweisen, wenn die Schalteranordnung 24 einen unbeschädigten oder innerhalb eines Toleranzbereichs beschädigten Zustand aufweist. Beispielsweise kann das Referenzsignal einen Verlauf der Gate-Emitter-Spannung U_{GE} in dem unbeschädigten Zustand der Schalteranordnung 24 angeben. Ein Maß der Abweichung zwischen dem Referenzsignal 22 und dem Messsignal 18 kann als Maß für die Beschädigung der Schalteranordnung 24 interpretiert werden. Das Referenzsignal 22 kann sich auf einen Zustand beziehen, der nach einer Fertigung der Schalteranordnung 24 erhalten wird und bezüglich der Schalteranordnung 24 erfasst werden, etwa in Form einer Kalibrierung. Alternativ oder zusätzlich kann das Referenzsignal auch eine von extern erhaltene

35

Information sein, etwa in Form einer Sollkurve, die für einen Aufbau der Schalteranordnung 24 erstellt wird. Dies ermöglicht eine Funktions- und/oder Qualitätskontrolle während einer Inbetriebnahme der Schalteranordnung 24, da mittels des Vergleichs auch Abweichungen bezüglich des Sollzustands ermittelt werden können. Das Referenzsignal kann
5 zumindest teilweise auch eine Information bezüglich vorangehender Vergleiche oder erfasster Spannungswerte aufweisen.

Alternativ oder zusätzlich kann die Verarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, um basierend auf einem iterativ wiederholt durchgeführten Vergleich eine Entwicklung des Zustands zu bestimmen. Die Verarbeitungseinrichtung kann ausgebildet sein, um eines oder
10 mehrere (d. h., zumindest ein zweites) vorangegangene Messsignale als Referenzsignal zu verwenden. Die Verarbeitungseinrichtung kann ausgebildet sein, um ein weiteres (drittes) Messsignal mit dem oder den verwendeten Referenzsignal(en) zu vergleichen. Die Verarbeitungseinrichtung kann ferner ausgebildet sein, um eine Abweichung zwischen
15 den Vergleichen zu bestimmen. Dies ermöglicht die Bestimmung einer Veränderungsgeschwindigkeit, mit der sich der Zustand der Schalteranordnung 24 ändert.

Jedes Messsignal kann bezüglich eines Zeitintervalls erfasst werden, in welchem der halbleiterbasierte Schalter 16 einen Schaltvorgang ausführt, wobei die Zeitintervalle in
20 einer Reihenfolge auf einander folgen, in der die Schaltvorgänge, bezüglich derer das jeweilige Messsignal erfasst wird, zeitlich angeordnet sind.

Die Verarbeitungseinrichtung 14 kann ausgebildet sein, um einen zeitlichen Verlauf des Messsignals 18 mit einem zeitlichen Verlauf des Referenzsignals 22 zu vergleichen. Alternativ oder zusätzlich kann die Verarbeitungseinrichtung auch ausgebildet sein, um aus
25 dem zeitlichen Verlauf des Messsignals 18 und/oder Referenzsignals 22 extrahierte Informationen zu vergleichen. Bei einer derartigen Information kann es sich um eine oder mehrere Zeitdauern und/oder Amplitudenwerte handeln. So kann beispielsweise eine Zeitdauer eines Miller-Plateaus des Messsignals 18 mit einer Zeitdauer, die von dem Referenzsignal 22 bereitgestellt wird, verglichen werden. Das bedeutet, dass das Referenz-
30 signal 22 eine Information bezüglich der entsprechenden Zeitdauer umfassen oder darstellen kann. Alternativ oder zusätzlich kann die Verarbeitungseinrichtung 14 ausgebildet sein, um eine Amplitude des Miller-Plateaus des Messsignals 18 mit einem Amplitudenwert, der von dem Referenzsignal 22 umfasst wird, zu vergleichen.

Ein Beginn des Miller-Plateaus kann bspw. dadurch ermittelt werden, dass zu Beginn desselben eine Gate-Emitter-Spannung und eine Kollektor-Emitter-Spannung innerhalb eines Toleranzbereichs gleich ist. Eine derartigen Information kann bspw. als Triggerpunkt von dem Referenzsignal umfasst sein, zu dem die Vergleichseinrichtung nachfolgend die
5 Messung oder den Vergleich ausführt.

Das bedeutet, dass es sich bei dem Referenzsignal 22 um einen Amplitudenwert handeln kann oder dass das Referenzsignal 22 einen Amplitudenwert umfasst.

10 Mit zunehmender Schädigung der Schaltervorrichtung 24 kann eine zeitliche Dauer oder ein Amplitudenwert des Miller-Plateaus des Messsignals 18 bzw. der Gate-Emitter-Spannung U_{GE} zunehmen, so dass basierend auf der zeitlichen Länge und/oder der Amplitudenhöhe des Miller-Plateaus auf einen Zustand bzw. auf eine Schädigung der Schalteranordnung 24 geschlossen werden kann.

15

Die Vorrichtung 10 umfasst beispielsweise einen Speicher 28, der ausgebildet ist, um das Referenzsignal 22 zu speichern und um das Referenzsignal 22 der Verarbeitungseinrichtung 14 bereitzustellen. Alternativ kann die Vorrichtung 10 auch ohne den Speicher 28 ausgeführt sein und das Referenzsignal 22 beispielsweise in Form eines externen Signals
20 erhalten.

Fig. 2 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung 20, die ausgebildet ist, um den Zustand der Schalteranordnung 24 zu bestimmen und mit der Schalteranordnung 24 verbunden ist.

25

Eine Verarbeitungseinrichtung 32 ist, verglichen mit der Verarbeitungseinrichtung 14 aus Fig. 1, ausgebildet, um ein Statussignal 34 auszugeben. Das Statussignal 34 kann eine Information darüber aufweisen, ob der Zustand der Schalteranordnung 24 innerhalb oder außerhalb eines zulässigen Bereichs (Toleranzbereich) liegt. Beispielsweise kann das
30 Statussignal 34 anzeigen, dass die Schalteranordnung 24 ausgefallen ist, kurz vor einem Ausfall steht oder noch eine bestimmte Anzahl von Schaltzyklen (Betriebsdauer) vermutet werden, die die Schalteranordnung 24 bzw. der halbleiterbasierte Schalter 16 vor einem Ausfall desselben ausführen kann.

35 Beispielsweise kann die Vorrichtung 20 bzw. die Verarbeitungseinrichtung 32 ausgebildet sein, um das Statussignal 34 auszugeben, wenn die zeitliche Dauer des Miller-Plateaus

des Messsignals 18 um eine Zeitfaktor von größer oder gleich 1,01, größer oder gleich 1,2, größer oder gleich 1,3 oder größer oder gleich 1,4 größer ist als eine entsprechende Information des Referenzsignals 22. Hierfür kann die Verarbeitungseinrichtung 32 ausgebildet sein, um aus einem zeitlichen Verlauf des Referenzsignals 22 die entsprechende
5 Zeitdauer des Miller-Plateaus desselben zu bestimmen und mit der Zeitdauer des Miller-Plateaus des Messsignals 18 zu vergleichen. Alternativ kann das Referenzsignal 22 die entsprechende Zeitangabe als vorverarbeitete Information aufweisen.

Alternativ oder zusätzlich kann die Vorrichtung 20 bzw. die Verarbeitungseinrichtung 32
10 ausgebildet sein, um das Statussignal 34 auszugeben, wenn die Amplitude des Miller-Plateaus des Messsignals 18 um zumindest einen Amplitudenfaktor von größer oder gleich 1,01, größer oder gleich 1,15 oder größer oder gleich 1,2 größer ist als die Amplitude des Miller-Plateaus des Referenzsignals 22. Die Amplitude des Miller-Plateaus des Referenzsignals 22 kann als Amplitudenwert vorliegen oder aus einem zeitlichen Verlauf
15 des Referenzsignals 22 von der Verarbeitungseinrichtung 32 bestimmt werden.

Alternativ oder zusätzlich kann die Verarbeitungseinrichtung 32 oder die Verarbeitungseinrichtung 14 ausgebildet sein, um das Messsignal 18 zumindest teilweise in den Frequenzbereich zu transformieren, etwa durch eine Fourier-Transformation, eine schnelle
20 Fourier-Transformation (FFT) und/oder eine Wavelet-Transformation. Die Verarbeitungseinrichtung ist ausgebildet, um basierend auf der Transformation ein transformiertes Messsignal zu erhalten. Das Referenzsignal 22 kann bezüglich der Transformation vergleichbare (Frequenz-)Informationen aufweisen.

Die Frequenzinformationen können beispielsweise Informationen bezüglich einer Schaltgeschwindigkeit oder eine Steilheit von Signalfanken während des Umschaltens aufweisen. Die Verarbeitungseinrichtung 32 kann ausgebildet sein, um die Frequenzinformationen des Messsignals 18 mit dem Referenzsignal 22 bzw. dessen Frequenzinformationen zu vergleichen.

Fig. 3 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Schaltervorrichtung 30, die die Schalteranordnung 24 und die Vorrichtung 10 umfasst. Die Vorrichtung 10 ist an einem ersten Anschluss 36a mit dem Gate-Anschluss des halbleiterbasierten Schalters 16 und an einem zweiten Anschluss 36b mit dem Emitteranschluss des halbleiterbasierten Schalters
35 16 verbunden und ausgebildet, um die Gate-Emitter-Spannung U_{GE} des halbleiterbasierten Schalters 16 mittels des Spannungsmessers 12 zu bestimmen.

Die Vorrichtung 10 ist ausgebildet, um den halbleiterbasierten Schalter 16 mit einem Steuersignal 38 zu steuern. Die Vorrichtung 10 umfasst einen weiteren Anschluss 42, der mit dem Gate-Anschluss des halbleiterbasierten Schalters 16 verbunden ist. Die Vorrichtung 10 ist ausgebildet, um mittels des Steuersignals 38 den halbleiterbasierten Schalter 16 zu steuern, etwa indem das Steuersignal 38 Ladungsträger an das Gate G liefert oder von diesem abführt. Das Steuersignal 38 kann von einem (nicht gezeigten) Prozessor der Vorrichtung 10 bereitgestellt werden. Alternativ kann das Steuersignal 38 auch von der Verarbeitungseinrichtung 14 bereitgestellt werden.

Die Vorrichtung 10 ist konfiguriert, um basierend auf dem Statussignal 34 einen Betrieb des halbleiterbasierten Schalters 16 zu ermöglichen oder zu beenden. Beispielsweise ist die Verarbeitungseinrichtung 14 ausgebildet, um das Vergleichsergebnis mit einem Schwellwert zu vergleichen und um das Statussignal 34 zu erzeugen, wenn das Vergleichsergebnis bezogen auf den Schwellwert eine vordefinierte Abweichung (innerhalb oder außerhalb des Toleranzbereichs) aufweist. Das Statussignal 34 kann alternativ oder zusätzlich eine Information bezüglich einer verbleibenden Betriebsbereitschaft der Schalteranordnung 24 aufweisen. Vereinfacht ausgedrückt kann das Statussignal 34 anzeigen, dass der Zustand der Schalteranordnung 24 in Ordnung ist oder dass ein Ausfall des halbleiterbasierten Schalters 16 bzw. der Schalteranordnung 24 bevorsteht. Die Vorrichtung ist beispielsweise konfiguriert, um den halbleiterbasierten Schalter mittels des Steuersignals 38 zu steuern und um basierend auf dem Statussignal 34 den Betrieb des halbleiterbasierten Schalters 16 zu beenden. Alternativ ist ebenfalls vorstellbar, dass das Statussignal 34 Informationen darüber aufweist, dass der Zustand des halbleiterbasierten Schalters 16 bzw. der Schalteranordnung 24 in Ordnung ist (d.h. innerhalb des Toleranzbereichs liegt) und die Vorrichtung 10 konfiguriert ist, um den Betrieb des halbleiterbasierten Schalters 16 so lange zu ermöglichen, wie das Statussignal 34 diese Information aufweist.

Alternativ kann die Vorrichtung konfiguriert sein, um das Statussignal 34 an eine weitere Vorrichtung zu senden, die konfiguriert ist, um den halbleiterbasierten Schalter 16 zu steuern und/oder den Betrieb desselben zu beenden.

Die Schaltervorrichtung 30 kann als Vorrichtung zum Schalten der Komponente 26 ausgeführt sein. Die Schalteranordnung 30 kann als DC/DC-Wandler oder DC/AC-Wandler, wie

z.B. im Bereich der Spannungswandler, Frequenzumrichter oder Synchrongleichrichter ausgeführt sein.

Vorteilhaft an derartigen Ausführungsformen ist, dass Schaltervorrichtungen ermöglicht werden, die ausgebildet sind, um einen degradierenden oder defekten Zustand der Schalteranordnung 24 während eines Betriebs derselben zu erkennen. Die Schaltervorrichtung kann ausgebildet sein, um basierend auf dem degradierenden oder defekten Zustand einen sicheren Zustand der gesamten Vorrichtung oder zumindest Teilen hiervon einzustellen, bevor es zu einem Versagen der Schalteranordnung 24 kommt (Fail-Safe). Insbesondere kann die Vorrichtung 10 ausgebildet sein, um die Spannung U_{GE} während eines Betriebs der Schalteranordnung 24 zu bestimmen, so dass eine Außerbetriebnahme der Schalteranordnung 24 und ein Beaufschlagen mit Referenzzyklen oder einem Testszenario entfallen kann.

Fig. 4 zeigt eine schematische Gegenüberstellung eines Spannungsverlaufs der Spannung U_{GE} mit einem Spannungsverlauf einer Kollektor-Emitter-Spannung U_{CE} während eines Einschaltverhaltens eines halbleiterbasierten Schalters von einem nicht-leitenden Zustand hin zu einem leitenden Zustand. Von einem Zeitpunkt t_0 bis hin zu einem Zeitpunkt t_1 erfolgt beispielsweise keine Ansteuerung des halbleiterbasierten Schalters, das bedeutet, er verharrt im sperrenden Zustand.

Zu dem Zeitpunkt t_1 beginnt ein Einschalten des halbleiterbasierten Schalters und basierend auf einer zunehmenden Anzahl von Ladungsträgern, die auf dem Gate des halbleiterbasierten Schalters gespeichert werden, beginnt die Spannung U_{GE} zu steigen, während die Spannung U_{CE} nahezu unverändert bleibt. Zu einem Zeitpunkt t_2 erreicht die Spannung U_{GE} einen Wert, der der Schwellenspannung (Schwellwertspannung) entspricht, die als $U_{GE(th)}$ bezeichnet ist. Ab diesem Zeitpunkt beginnt die Spannung U_{CE} zu sinken, das bedeutet, der halbleiterbasierte Schalter beginnt zunehmend zu leiten. Die Spannung U_{GE} steigt weiterhin an, wenn weitere Ladungsträger an das Gate des halbleiterbasierten Schalters geführt werden.

Zu einem Zeitpunkt t_3 erreicht die Spannung U_{GE} eine Miller-Spannung, die als $U_{GE(mil)}$ bezeichnet ist. Schematisch betrachtet verharrt die Spannung U_{GE} im Bereich der Miller-Spannung $U_{GE(mil)}$ bis die parasitären Kapazitäten des halbleiterbasierten Schalters hinreichend aufgeladen sind. Dies ist beispielsweise zu einem Zeitpunkt t_4 erfolgt. Nach dem Zeitpunkt t_4 steigt die Spannung U_{GE} weiter an, während die Spannung U_{CE} weiter abnimmt.

Das Zeitintervall $[t_4; t_3]$ zwischen den Zeitpunkten t_3 und t_4 in dem die Spannung U_{GE} im Bereich der Miller-Spannung $U_{GE(mil)}$ verharrt, kann als Miller-Plateau 44 bezeichnet werden. Zusätzliche Kapazitäten oder Widerstände, etwa durch Materialübergänge an Bonddrähten, wirksame Kapazitäten durch die Anordnung des halbleiterbasierten Schalters an einer Platine oder weitere Verbindungen des halbleiterbasierten Schalters, können die parasitären Kapazitäten, die während des Miller-Plateaus aufgeladen werden, beeinflussen. Vereinfacht ausgedrückt können diese Kapazitäten oder Widerstände als eine effektive Kapazität und/oder ein effektiver Widerstand zwischen dem Gate und dem Emitter (bei einem FET zwischen dem Gate und einem Drain-Anschluss) wirksam sein und als Miller-Kapazität bezeichnet werden. Eine Veränderung einer Zeitdauer zwischen den Zeitpunkten t_3 und t_4 und/oder ein Amplitudenwert der Miller-Spannung $U_{GE(mil)}$ kann somit Informationen darüber bereitstellen, ob sich die Eigenschaften des halbleiterbasierten Schalters bzw. der Schalteranordnung verändern. Lösen sich beispielsweise Bondverbindungen des halbleiterbasierten Schalters in einem zunehmenden Umfang, kann die Miller-Kapazität einen zunehmenden Wert aufweisen, so dass die Miller-Spannung $U_{GE(mil)}$ oder eine Zeitdauer des Miller-Plateaus ansteigt.

Vorangehend beschriebene Verarbeitungseinrichtungen können ausgebildet sein, um eine derartige Änderung des Miller-Plateaus zu bestimmen und so den Zustand des halbleiterbasierten Schalters und/oder der Schalteranordnung zu bestimmen.

Fig. 5 zeigt ein schematisches Diagramm, bei dem an der Abszisse eine Zeitachse und an der Ordinate ein beispielhaft normierter Parameterwert bezeichnet ist. Bei dem Parameterwert kann es sich beispielsweise um eine Zeitdauer und/oder einen Amplitudenwert des Miller-Plateaus handeln. An der Zeitachse sind beispielhaft zu diskreten Zeitpunkten Messzeitpunkte angetragen, an denen der Parameterwert von der Verarbeitungseinrichtung mittels des Vergleichs bestimmt wird. An der Ordinate ist ferner schematisch ein Schwellwert angezeichnet. Für die Messung mit dem Index 3 kann der Vergleich einen Wert oberhalb des Schwellwerts liefern. Beispielsweise ist dies eine Differenzbildung oder eine Quotientenbildung zwischen einer Zeitdauer des Miller-Plateaus des Messsignals und des Referenzsignals und/oder eines Amplitudenwerts der Gate-Emitter-Spannung. Es versteht sich, auch andere Ergebnisse basierend auf dem Vergleich bei dem ein veränderter Zustand dadurch erhalten werden können, bei dem der Messwert bzw. der Vergleichswert unterhalb des Schwellwerts liegt. Dies kann basierend auf anderen mathematischen Vergleichsoperationen, wie etwa eine Addition oder eine Multiplikation erfolgen. Die Verarbeitungseinrichtung kann ausgebildet sein, um basierend auf dem Vergleichser-

gebnis, das über bzw. unter dem Schwellwert liegt, festzustellen, dass die Schalteranordnung Schäden aufweist, ausgefallen ist oder dass ein Ausfall unmittelbar bevorsteht.

Fig. 6a zeigt beispielhaft eine zweidimensionale Matrix, bei der in den Spalten ein Index mit erfolgten Messungen und in den Zeilen ein jeweiliger Parameterwert, beispielsweise eine Amplitude des Miller-Plateaus oder eine zeitliche Dauer des Miller-Plateaus angeordnet ist. Die Verarbeitungseinrichtung kann ausgebildet sein, um das jeweilige Vergleichs- oder Messergebnis in einem Speicher zu hinterlegen, etwa in dem Speicher 28. Die hinterlegten Ergebnisse können in Form der in Fig. 6a dargestellten Matrix darstellbar sein.

Fig. 6b zeigt ein schematisches zweidimensionales Diagramm, bei dem an der Abszisse eine Zeitachse mit daran diskret aufgetragenen Zeitpunkten, zu denen der jeweilige Parameter gemessen und/oder verglichen wird, eingetragen ist. An der Ordinate des Diagramms ist der Parameterwert schematisch aufgetragen. Basierend auf der Hinterlegung der Messergebnisse in dem Speicher kann die Verarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, um das jeweilige Vergleichsergebnis und/oder die jeweiligen Messwerte über zumindest einen Anteil der Messungen zu speichern und eine Entwicklung der Messergebnisse vorherzusagen (extrapolieren). Dies ermöglicht eine Vorhersage eines möglichen oder wahrscheinlichen Zeitpunktes, zu dem die Schalteranordnung einen Zustand erreicht, der außerhalb des Toleranzbereichs (Schwellwert) liegt und/oder die Schalteranordnung ausfällt. Dieser Zeitpunkt kann beispielsweise in Form einer verbleibenden Zeit oder in Form eines verbleibenden Anteils von Schaltzyklen angegeben werden.

Alternativ oder zusätzlich kann die Verarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, um das jeweils zu einer Messung erhaltene Messsignal oder daraus extrahierte Parameter als Referenzwert oder Referenzsignal für nachfolgende Messungen zu hinterlegen. Beispielsweise kann so eine Änderung ΔP zwischen dem Parameterwert einer vorangegangenen Messung und einer aktuellen Messung bestimmt werden, so dass als zu bewertender Parameter für einen erfolgten oder bevorstehenden Ausfall der Schalteranordnung auch die Änderung des Parameters betrachtet werden kann.

In anderen Worten kann die Verarbeitungseinrichtung ausgebildet sein, um das erste oder zweite Messsignal (ein vorangehendes Messsignal) als Referenzsignal zu verwenden und um ein drittes Messsignal, das bezüglich eines nachfolgenden Zeitintervalls erfasst wird, mit dem verwendeten Referenzsignal zu vergleichen. Die Verarbeitungseinrichtung kann

ausgebildet sein, um eine Abweichung zwischen dem Messsignal und einem oder mehreren Referenzsignal zu bestimmen. Die Verarbeitungseinrichtung kann alternativ oder zusätzlich ausgebildet sein, um den Vergleich basierend auf einem oder mehreren vorangehend ausgeführten Vergleichen zu bestimmen.

5

Fig. 7a zeigt ein schematisches Diagramm von Spannungsverläufen der Gate-Emitter-Spannung U_{GE} , der Kollektor-Emitter-Spannung U_{CE} und eines Kollektor-Emitter-Stroms I_{CE-} , der hier lediglich zur Verdeutlichung dient, ob sich der Schalter in einem leitenden oder nicht-leitenden Zustand befindet.

10

Während eines Zeitintervalls zwischen den Zeitpunkten t_3 und t_4 weist die Spannung U_{GE} im Wesentlichen die Miller-Spannung $U_{GE(mil)}$ auf. Übergangswiderstände der Bonddrähte weisen einen ersten Wert auf, beispielsweise 1,5 mOhm.

15

Fig. 7b zeigt ein schematisches Diagramm derselben Spannungen, bei denen die Übergangswiderstände hin zu einem höheren Wert, beispielsweise 10 mOhm erhöht sind. Dadurch ist eine Zeitdauer $\Delta t'$ gegenüber einer entsprechenden Zeitdauer Δt in Fig. 7a ebenfalls erhöht, was basierend auf dem Vergleich von der Verarbeitungseinrichtung bestimmbar ist. Das bedeutet, die Zustandsänderung der Schalteranordnung kann basierend auf dem verlängerten Zeitintervall $\Delta t'$ bestimmt werden.

20

Fig. 8 zeigt ein schematisches Diagramm eines sogenannten Belastungstests (engl.: Power Cycling Test), bei dem über verschiedene Temperaturen eine sich einstellende Kollektor-Emitter-Spannung V_{CE} , wenn ein IGBT beispielsweise den leitenden Zustand aufweist, betrachtet wird. Die sich einstellende Kollektor-Emitter-Spannung nimmt mit einer zunehmenden Anzahl von Schaltzyklen zu, wobei eine statistische Bestimmung erfolgt, nach wie vielen Schaltzyklen ein Ausfall der Baugruppe droht. Ein derartiges Verfahren ermöglicht somit keine Betrachtung eines sich ändernden Zustands des halbleiterbasierten Schalters oder der Schalteranordnung im laufenden Betrieb.

30

Vorangehend beschriebene Ausführungsbeispiele ermöglichen gegenüber einer derartigen Betrachtung der Haltbarkeit eines halbleiterbasierten Schalters eine Aussage über die Betriebsbereitschaft desselben, die von mit statistischen Fehlern behafteten Vorhersagen zumindest teilweise unabhängig sind.

35

In anderen Worten wird in Ausführungsbeispielen der zeitliche Verlauf der Gate-Emitter-Spannung ausgewertet. Aufgrund des Einflusses der Kollektor-Emitter-Spannung auf die Länge des Miller-Plateaus, werden Änderungen der Kollektor-Emitter-Spannung, die bspw. durch eine Ablösung eines Bonddrahts oder durch eine Ablösung des Bauelements von der Bodenplatte verursacht werden, detektiert und daraus der Alterungsgrad eines Leistungsbauelements oder eines Leistungsmoduls (Schalteranordnung) ermittelt.

Aufgrund der mit zunehmender Schädigung des Bauelements zunehmenden Kollektor-Emitter-Spannung kann sich das Miller-Plateau zu höheren Spannungsniveaus erhöhen und/oder die Länge des Miller-Plateaus verlängern.

An dem verwendeten halbleiterbasierten Schalter (IGBT) kann ein Kurvenverlauf der Gate-Emitter-Spannung im Originalzustand aufgenommen und als Kalibrierungskurve abgespeichert werden. Durch Vergleich des Kurvenverlaufs beim Einschalten des IGBT nach/während dem laufenden Betrieb mit dieser Kalibrierkurve des IGBT-Originalzustands kann auf dem Zeitpunkt des Ausfalls der Baugruppe extrapoliert werden. Alternativ oder zusätzlich kann eine prozentuale Änderung der Länge des Miller-Plateaus als Ausfallkriterium herangezogen werden.

Zur besseren Interpretierbarkeit kann der zeitliche Verlauf der Gate-Emitter-Spannung beispielsweise durch Fourier-Transformation oder Wavelet-Analyse ausgewertet werden. Hierdurch kann eine höhere Genauigkeit der Ausfallvorhersage erreicht werden.

Eine Auswertung (Vergleich) kann durch eine Aufnahme des Gate-Emitter-Spannungsverlaufs im laufenden Betrieb der Vorrichtung (beispielsweise ein Frequenzumrichter) oder bei Kontrollmessungen erreicht werden.

Beispielsweise können vorangehend beschriebene Ausführungsbeispiele bei halbleiterbasierten Schaltern zum Schalten induktiver Lasten eingesetzt werden. Beim Einschalten eines halbleiterbasierten Schalters in einem Schaltkreis mit induktiver Last steigt beispielsweise die Gate-Emitter-Spannung zunächst (gegebenenfalls linear) an. Mit dem Erreichen der Einsatzspannung (Schwellenspannung) beginnt der Transistor Strom zu führen und die Kollektor-Emitter-Spannung beginnt zu sinken. Die Gate-Emitter-Spannung steigt weiter, bis sie in etwa gleich der Kollektor-Emitter-Spannung ist. Zu diesem Zeitpunkt bleibt die Gate-Emitter-Spannung im Wesentlichen konstant (Miller-Plateau), während der Gate-Ladestrom über die Miller-Kapazität fließt. Hat die Miller-Kapazität bei-

spielsweise ihren höchsten Wert erreicht, so hat die Kollektor-Emitter-Spannung das Bereichsende des Ausgangs-Kennlinienfeldes erreicht und die Gate-Emitter-Spannung steigt weiter an, bis auf das Niveau der angelegten Steuerspannung.

- 5 Vorangehend beschriebene Ausführungsbeispiele können bspw. als Frequenzumrichter (AC/AC-Wandler), als Gleichrichter (AC/DC-Wandler), insbesondere als Synchrongleichrichter und/oder als Wechselrichter (DC/AC-Wandler) genutzt werden.

- Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden
10 Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar.

- Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer Blu-ray Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt
20 wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein. Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

30

- Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode implementiert sein, wobei der Programmcode dahin gehend wirksam ist, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft. Der Programmcode kann beispielsweise
35 auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist.

- 5 Mit anderen Worten ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens somit ein Computerprogramm, das einen Programmcode zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufweist, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft. Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist.

- Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der Datenstrom oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahin gehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet, transferiert zu werden.
- 20 Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahin gehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen.

- Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.

- Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare Hardware wie ein Computerprozessor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.

Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den

5 Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele herein präsentiert wurden, beschränkt sei.

Patentansprüche

1. Vorrichtung umfassend:

5

einen Spannungsmesser (12), der konfiguriert ist, um eine Spannung (U_{GE}) zwischen einem Steueranschluss (G) und einem Leistungsanschluss (E) eines halbleiterbasierten Schalters (16) zu messen und um ein Messsignal (18) zu erhalten; und

10

eine Verarbeitungseinrichtung (14; 32), die ausgebildet ist, um das Messsignal (18) mit einem Referenzsignal (22) zu vergleichen, und um basierend auf dem Vergleich einen Zustand einer Schalteranordnung (24), die den halbleiterbasierten Schalter (16) umfasst, zu bestimmen.

15

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der sich der Zustand auf eine Beschädigung oder eine Alterung des halbleiterbasierten Schalters (16) und/oder auf eine Beschädigung oder eine Alterung einer Verbindung des halbleiterbasierten Schalters (16) mit der Komponente (26) bezieht.

20

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der das Referenzsignal (22) eine Information bezüglich der Spannung (U_{GE}) zwischen dem Steueranschluss (G) und dem Leistungsanschluss (E) des halbleiterbasierten Schalters (16) anzeigt, wenn die Schalteranordnung (24) einen unbeschädigten oder innerhalb eines Toleranzbereichs beschädigten Zustand aufweist.

25

4. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Verarbeitungseinrichtung (14; 32) ausgebildet ist, um einen zeitlichen Verlauf des Messsignals (18) mit einem zeitlichen Verlauf des Referenzsignals (22) oder mit Abtastwerten hiervon zu vergleichen.

30

5. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Verarbeitungseinrichtung (14; 32) ausgebildet ist, um eine Information bezüglich eines Miller-Plateaus des Messsignals (18) mit einer Information eines Miller-Plateaus des Referenzsignals (22) zu vergleichen.

35

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 5, wobei die Information eine Amplitude und/oder eine zeitliche Dauer des Miller-Plateaus aufweist.

7. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, wobei die Vorrichtung ausgebildet ist, um ein Statussignal (34) auszugeben, wenn die zeitliche Dauer des Miller-Plateaus des Messsignals (18) um zumindest einen Zeitfaktor größer ist als die zeitliche Dauer des Miller-Plateaus des Referenzsignals (22), wobei der Zeitfaktor größer oder gleich 1,01 ist.
8. Vorrichtung gemäß Anspruch 6 oder 7, wobei die Vorrichtung ausgebildet ist, um ein Statussignal (34) auszugeben, wenn die Amplitude des Miller-Plateaus des Messsignals (18) um zumindest einen Amplitudenfaktor größer ist als die Amplitude des Miller-Plateaus des Referenzsignals (22), wobei der Amplitudenfaktor größer oder gleich 1,01 ist.
9. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Verarbeitungseinrichtung (14; 32) ausgebildet ist, um das Messsignal (18) zumindest teilweise in einen Frequenzbereich zu transformieren, um ein transformiertes Messsignal zu erhalten, wobei das Referenzsignal (22) Frequenzinformationen aufweist und wobei die Verarbeitungseinrichtung ausgebildet ist, um das transformierte Messsignal mit den Frequenzinformationen zu vergleichen.
10. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Verarbeitungseinrichtung (14; 32) ausgebildet ist, um ein erstes Messsignal (18), das bezüglich eines ersten Zeitintervalls und bezüglich des halbleiterbasierten Schalters erfasst wird, in einem Referenzsignalspeicher (28) zu hinterlegen und um das erste Messsignal (18) mit einem zweiten Messsignal, das bezüglich eines zweiten Zeitintervalls, das auf das erste Zeitintervall folgt, zu vergleichen, wobei die Verarbeitungseinrichtung (14) ausgebildet ist, um das erste Messsignal (18) bezüglich des zweiten Messsignals als Referenzsignal (22) zu verwenden.
11. Vorrichtung gemäß Anspruch 10, wobei die Verarbeitungseinrichtung (14; 32) ausgebildet ist, um das erste oder zweite Messsignal (18) als Referenzsignal (22) zu verwenden und um ein drittes Messsignal, das bezüglich eines dritten Zeitintervalls, das auf das zweite Zeitintervall folgt, erfasst wird, mit dem verwendeten Referenzsignal zu vergleichen, wobei die Verarbeitungseinrichtung ferner ausgebildet ist, um eine Abweichung zwischen den Vergleichen zu bestimmen.
12. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei der die Verarbeitungseinrichtung (14; 32) ausgebildet ist, um das Vergleichsergebnis während eines Betriebs des halbleiterbasierten Schalters (16) zu erhalten.

13. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, die ausgebildet ist, um mit einem Bipolartransistor mit isolierter Gate-Elektrode verbunden zu werden, und um eine Gate-Emitter-Spannung des Bipolartransistors mit isolierter Gate-Elektrode zu erfassen.

14. Schaltervorrichtung mit folgenden Merkmalen:

einer Schalteranordnung (24) mit einem halbleiterbasierten Schalter (16); und

einer Vorrichtung (10; 20) gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, die an einem ersten Anschluss (36a) mit dem Steueranschluss (G) des halbleiterbasierten Schalters (16) und an einem zweiten Anschluss (36b) mit dem Leistungsanschluss (E) des halbleiterbasierten Schalters (16) verbunden ist.

15. Schaltervorrichtung gemäß Anspruch 14, wobei die Verarbeitungseinrichtung (14; 32) ferner ausgebildet ist, um basierend auf dem Vergleich ein Vergleichsergebnis zu erhalten, um das Vergleichsergebnis mit einem Schwellwert zu vergleichen und um ein Statussignal (34) zu erzeugen, das eine Information bezüglich einer verbleibenden Betriebsbereitschaft der Schalteranordnung (24) aufweist, wenn das Vergleichsergebnis bezogen auf den Schwellwert eine vordefinierte Abweichung aufweist;

wobei die Vorrichtung konfiguriert ist, um den halbleiterbasierten Schalter (16) zu steuern und um basierend auf dem Statussignal (34) einen Betrieb des halbleiterbasierten Schalters zu beenden; oder

bei der die Vorrichtung konfiguriert ist, um das Statussignal (34) an eine weitere Vorrichtung zu senden, die konfiguriert ist, um den halbleiterbasierten Schalter (16) zu steuern.

16. Schaltervorrichtung gemäß Anspruch 14 oder 15, die als Spannungswandler, Gleichrichter, Wechselrichter oder Frequenzumrichter ausgeführt ist.

17. Vorrichtung umfassend:

einen Spannungsmesser (12), der konfiguriert ist, um eine Spannung (U_{GE}) zwischen einem Steueranschluss (G) und einem Leistungsanschluss (E) eines halbleiter-

terbasierten Schalters (16) während eines Umschaltens von einem nichtleitenden Zustand hin zu einem leitenden Zustand des Schalters (16) zu messen und um ein Messsignal (18) zu erhalten; und

5 eine Verarbeitungseinrichtung (14; 32), die ausgebildet ist, um das Messsignal (18) mit einem Referenzsignal (22) zu vergleichen, und um basierend auf dem Vergleich einen Zustand einer Schalteranordnung (24), die den halbleiterbasierten Schalter (16) umfasst, zu bestimmen;

10 wobei die Verarbeitungseinrichtung (14; 32) ausgebildet ist, um einen zeitlichen Verlauf des Messsignals (18) mit einem zeitlichen Verlauf des Referenzsignals (22) oder mit Abtastwerten hiervon zu vergleichen;

15 wobei die Verarbeitungseinrichtung (14; 32) ausgebildet ist, um eine Information bezüglich eines Miller-Plateaus des Messsignals (18) mit einer Information eines Miller-Plateaus des Referenzsignals (22) zu vergleichen und wobei die Information eine Amplitude des Miller-Plateaus aufweist.

18. Verfahren mit folgenden Schritten:

20

Messen einer Spannung (U_{GE}) zwischen einem Steueranschluss (G) und einem Leistungsanschluss (E) eines halbleiterbasierten Schalters (16) und Erhalten eines Messsignals (18);

25

Vergleichen des Messsignals (18) mit einem Referenzsignal (22); und

Bestimmen eines Zustands einer Schalteranordnung (24), die den halbleiterbasierten Schalters (16) umfasst, basierend auf dem Vergleich.

30

19. Verfahren mit folgenden Schritten:

Messen einer Spannung (U_{GE}) zwischen einem Steueranschluss (G) und einem Leistungsanschluss (E) eines halbleiterbasierten Schalters (16) während eines Umschaltens von einem nichtleitenden Zustand hin zu einem leitenden Zustand des Schalters (16) und Erhalten eines Messsignals (18);

35

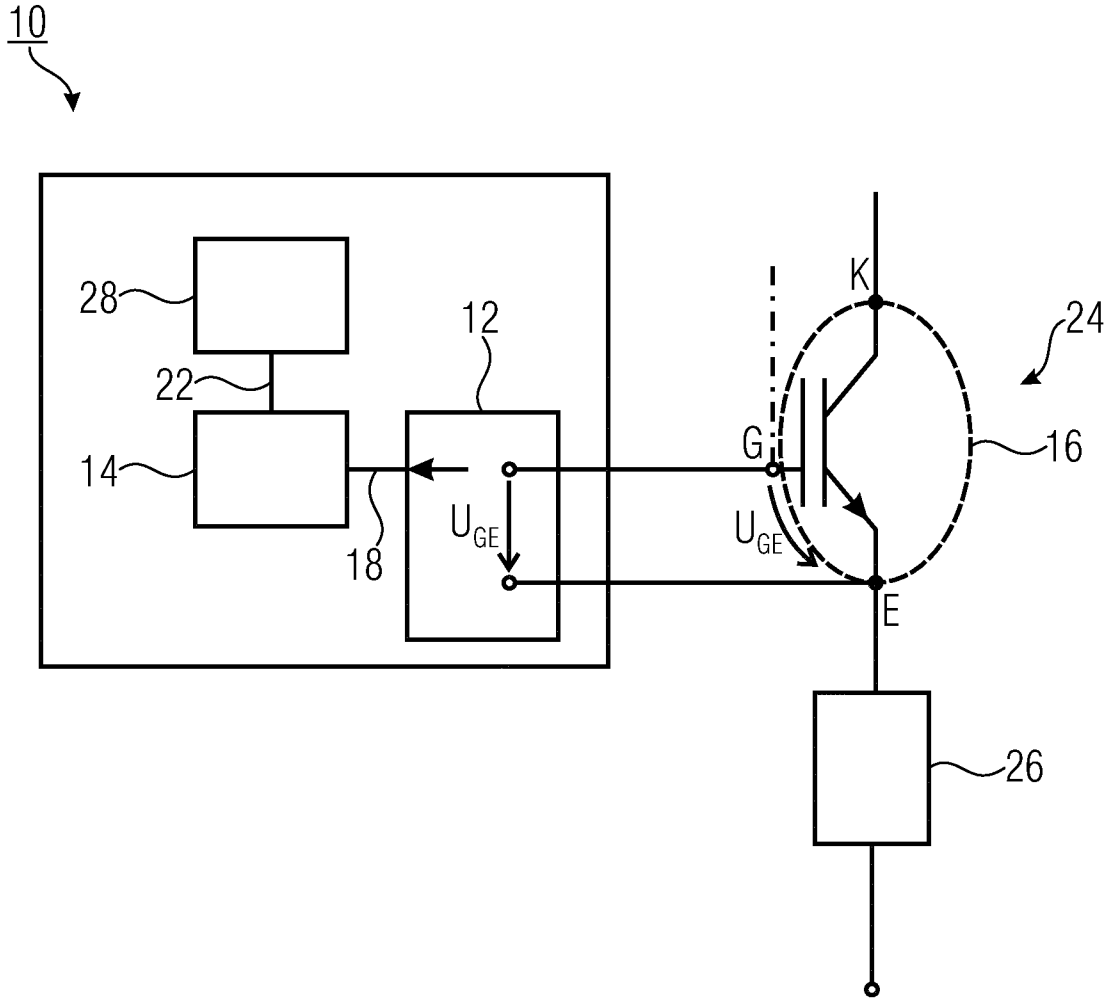
Vergleichen des Messsignals (18) mit einem Referenzsignal (22); und

Bestimmen eines Zustands einer Schalteranordnung (24), die den halbleiterbasierten Schalters (16) umfasst, basierend auf dem Vergleich;

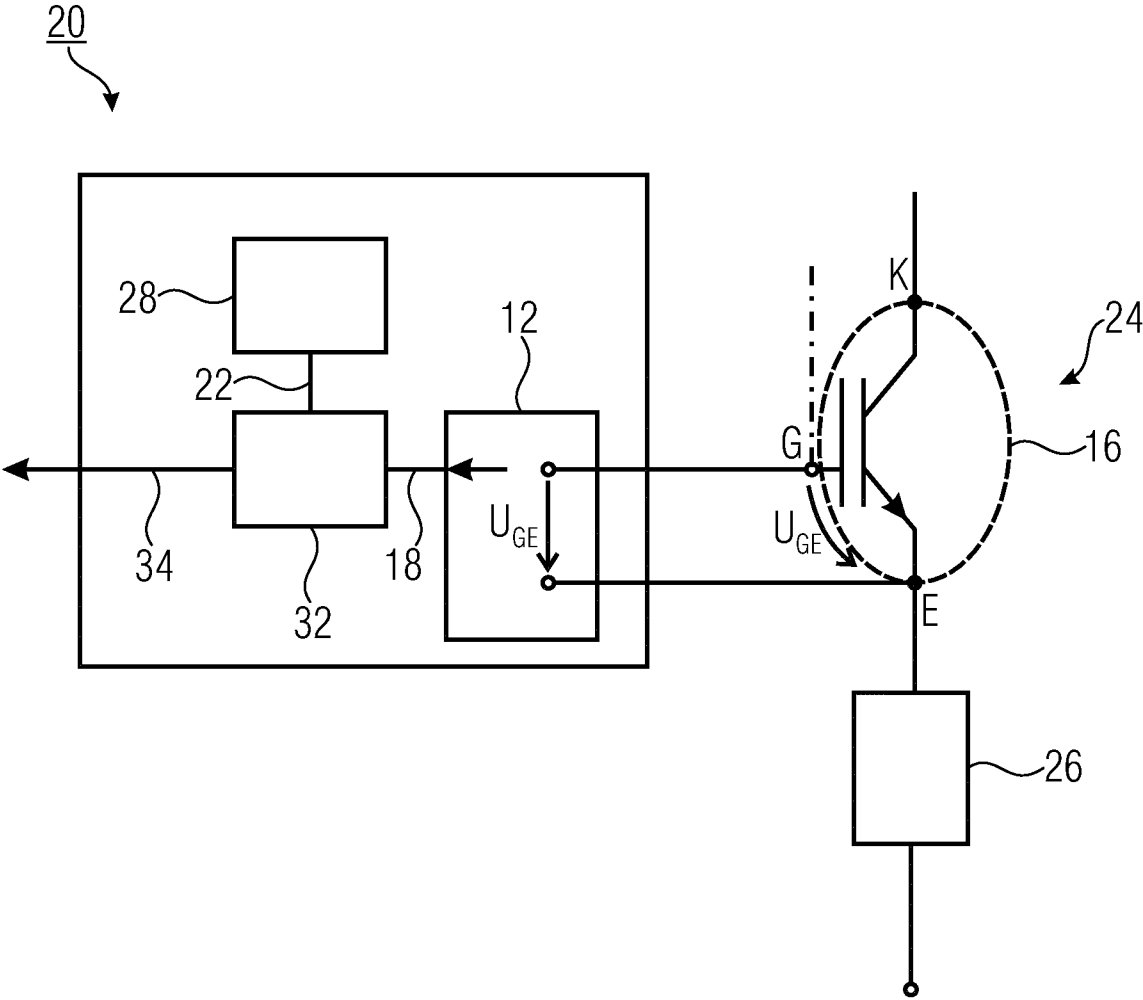
5 wobei das Vergleichen so ausgeführt wird, dass ein zeitlicher Verlauf des Messsignals (18) mit einem zeitlichen Verlauf des Referenzsignals (22) oder mit Abtastwerten hiervon verglichen wird; und

10 wobei das Vergleichen so ausgeführt wird, dass eine Information bezüglich eines Miller-Plateaus des Messsignals (18) mit einer Information eines Miller-Plateaus des Referenzsignals (22) verglichen wird, und wobei die Information eine Amplitude des Miller-Plateaus aufweist.

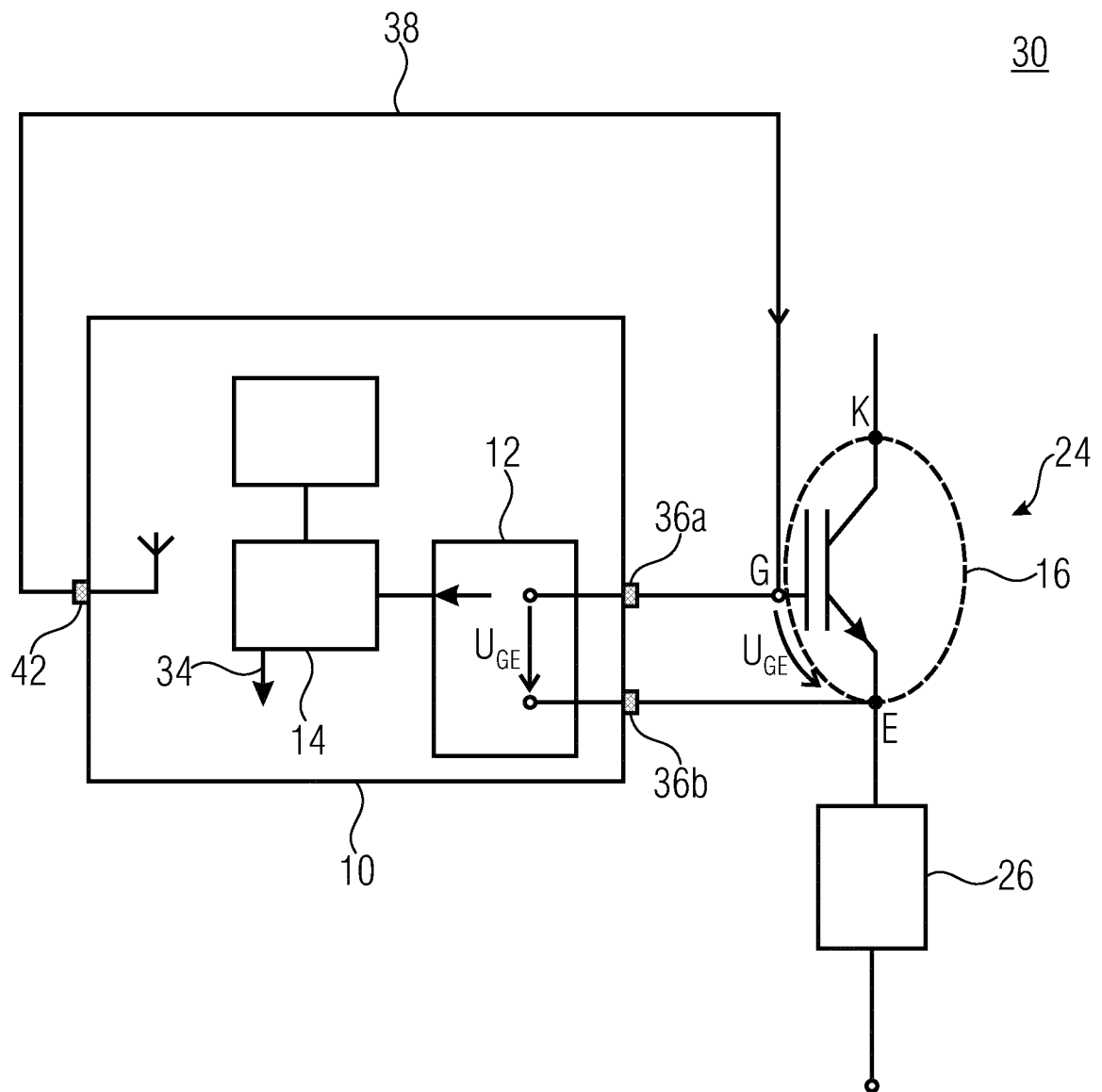
20. Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens
15 nach Anspruch 18 oder 19, wenn das Programm auf einem Computer läuft.



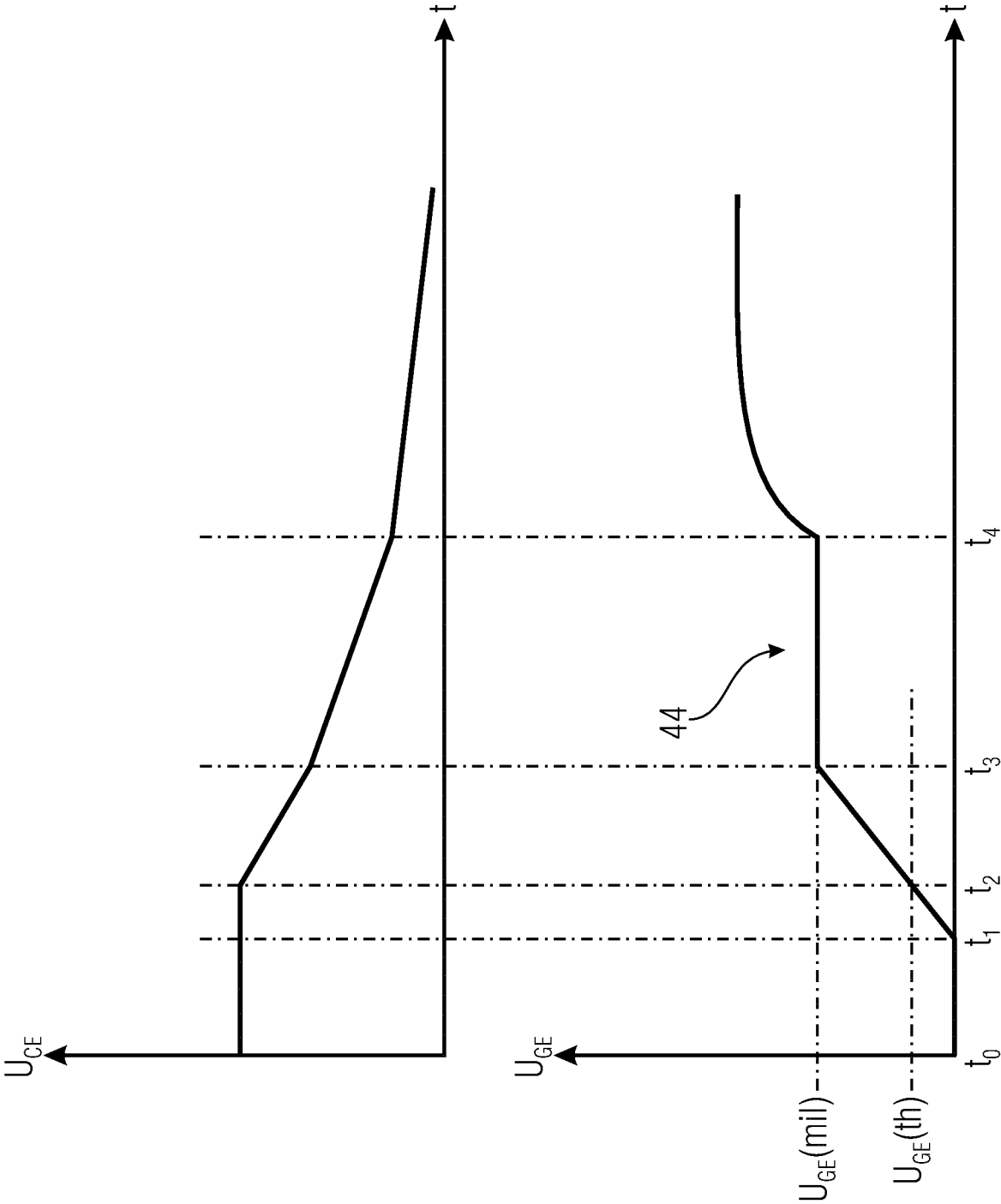
FIGUR 1



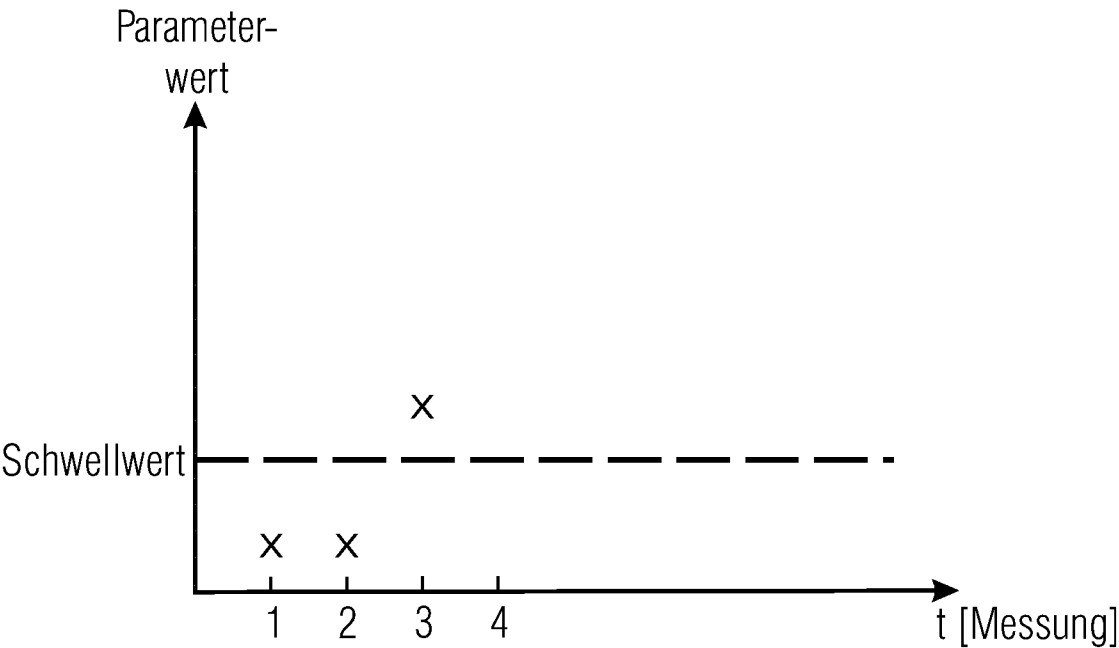
FIGUR 2



FIGUR 3

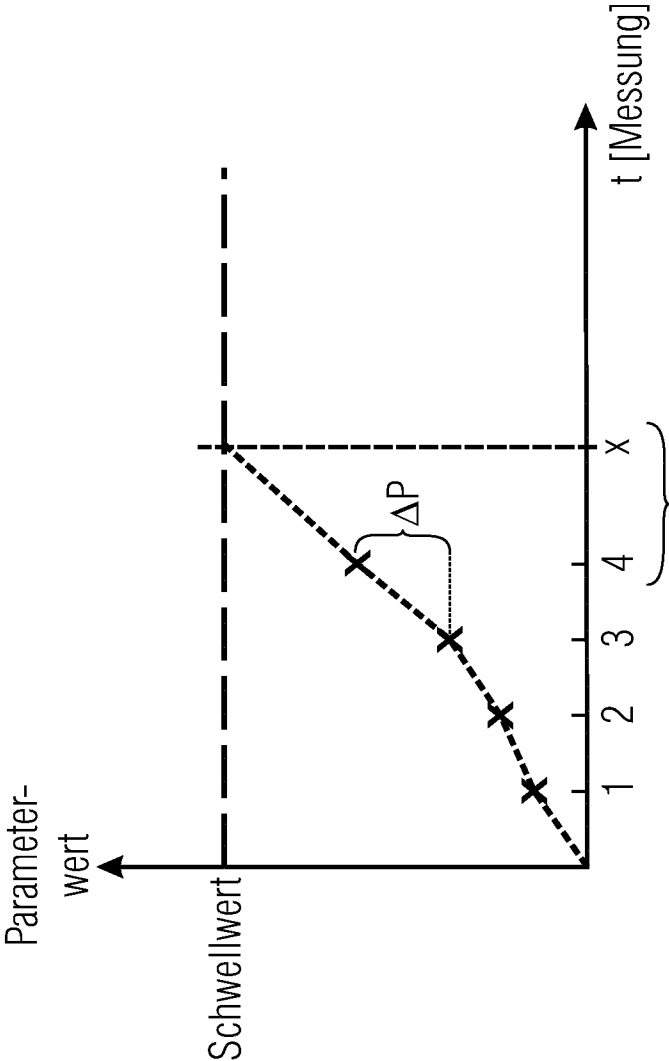


FIGUR 4



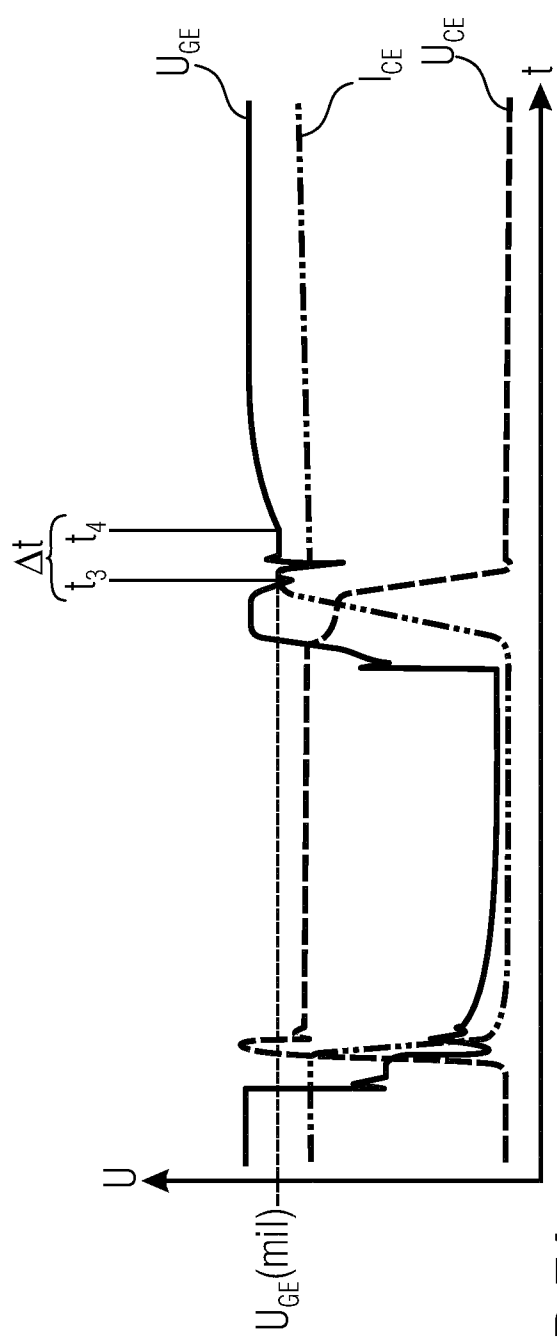
FIGUR 5

Mes- sung Para- meter	1	2	3	...
Ampli- tude	A_1	A_2	A_3	
Dauer	D_1	D_2	D_3	
...				

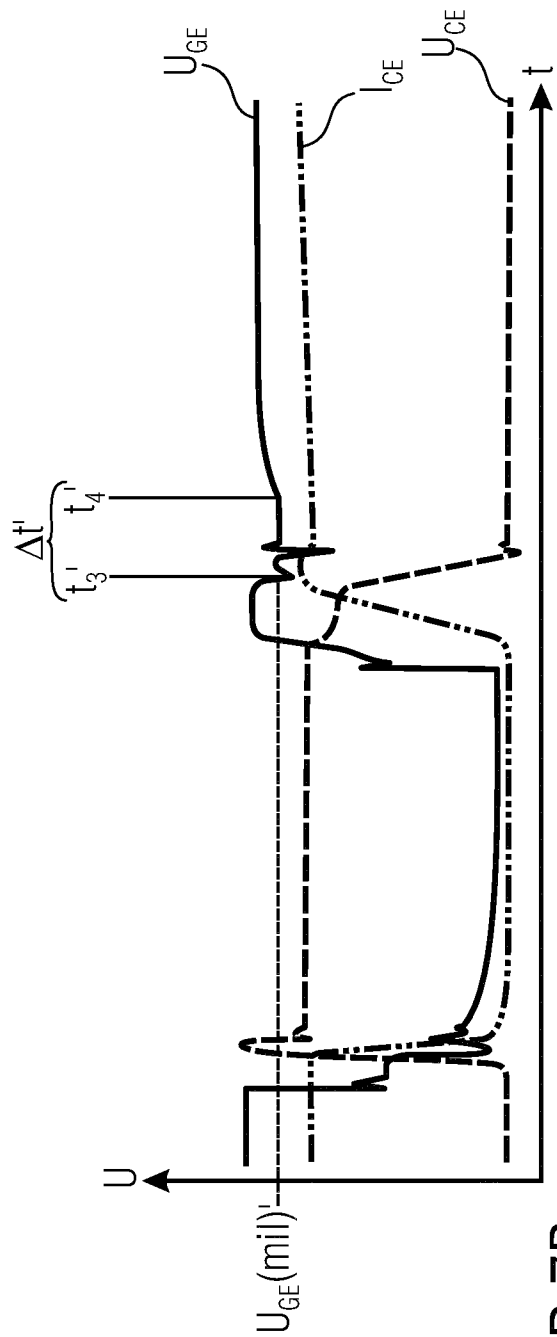


FIGUR 6A

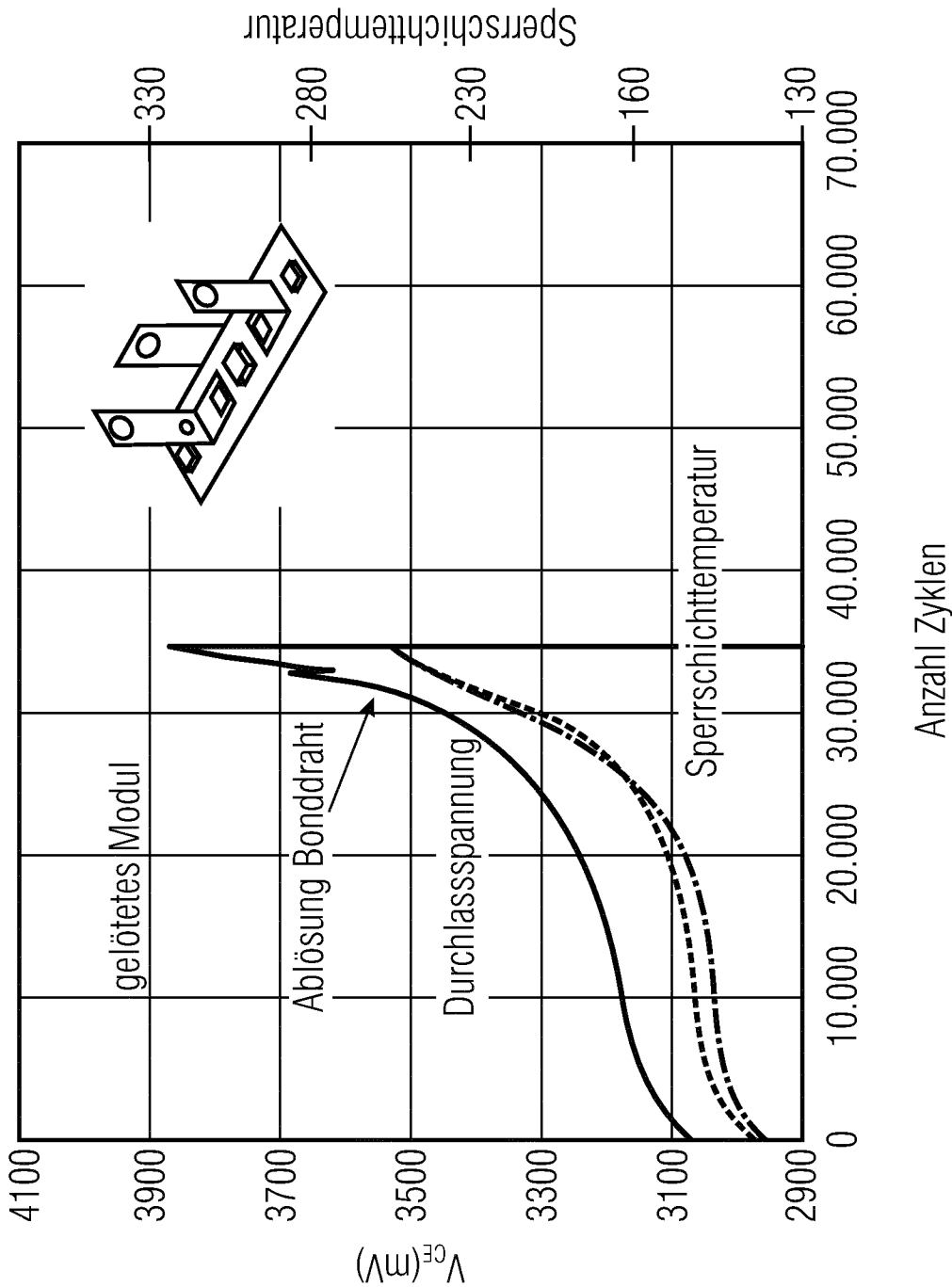
FIGUR 6B



FIGUR 7A



FIGUR 7B



FIGUR 8