



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 114 071.4**

(22) Anmeldetag: **27.05.2019**

(43) Offenlegungstag: **05.12.2019**

(51) Int Cl.: **G01R 19/00** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
15/995,858 **01.06.2018** **US**

(71) Anmelder:
Infineon Technologies AG, 85579 Neubiberg, DE

(74) Vertreter:
Kraus & Weisert Patentanwälte PartGmbB, 80539 München, DE

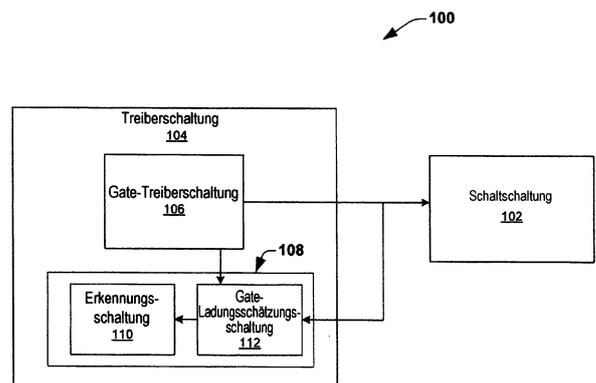
(72) Erfinder:
Meiser, Andreas, 82054 Sauerlach, DE; Koepl, Benno, 85229 Markt Indersdorf, DE; Mayer, Alexander, Treffen, AT; Nuebling, Marcus, 82140 Olching, DE; Zannoth, Markus, 85579 Neubiberg, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND SCHALTUNG ZUM ERKENNEN EINES VERLUSTS EINES BONDDRAHTS IN EINEM LEISTUNGSSCHALTER**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine mit einem Leistungselektroniksystem verbundene Treiberschaltung offenbart. Die Treiberschaltung umfasst eine Gate-Treiberschaltung, die dazu konfiguriert ist, eine mehrere parallele Schalter umfassende Schaltschaltung anzusteuern, wobei jeder Schalter einen jeweiligen Source-Bonddraht umfasst. Ferner umfasst die Treiberschaltung eine Bonddrahtfehlererkennungsschaltung, die eine Gate-Ladungsschätzungsschaltung umfasst, welche dazu konfiguriert ist, einen Parameter der Schaltschaltung zu messen, der eine Gate-Ladung der Schaltschaltung oder einen die mit der Schaltschaltung verbundene Gate-Ladung anzeigenden Parameter umfasst. Die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung umfasst ferner eine Erkennungsschaltung, die dazu konfiguriert ist, einen mit mindestens einer Source-Bonddrahtschaltschaltung verbundenen Fehler basierend auf dem gemessenen Parameter der Schaltschaltung zu erkennen.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft das Gebiet von Leistungselektroniksystemen und insbesondere ein Verfahren und eine Schaltung zum Erkennen eines Verlusts eines mit einem Leistungsschalter in den Leistungselektroniksystemen verbundenen Bonddrahts.

HINTERGRUND

[0002] Leistungshalbleiterbauelemente sind die in Leistungselektroniksystemen verwendeten elektronischen Schlüsselkomponenten. Die Entwicklung von Hybrid-, Mildhybrid und Elektroautos zusammen mit der Integration von intelligenter Technologie haben die Leistungselektronik in Kraftfahrzeuganwendungen angekurbelt. Moderne Leistungshalbleiterbauelemente, zum Beispiel Leistungsschalter, integrieren mehrere erweiterte Funktionen auf dem Gebiet des Schutzes, der Sicherheit, des Komforts usw. Gleichzeitig müssen die Leistungsschalter während ihres Alltagslebens aufgrund des kontinuierlichen Schrumpfens neuer Siliziumtechnologien hohe Stromdichten unterstützen. Aufgrund ihrer weitverbreiteten Verwendung in der Industrie und der inhärenten Bedingungen hoher Betriebsspannungen ist eine Bewertung ihrer Fehlermechanismen und Zuverlässigkeit ein zentrales Thema.

KURZFASSUNG

[0003] Es werden eine Bonddrahtfehlererkennungsschaltung, wie in Anspruch 1 definiert, und ein Verfahren, wie in Anspruch 12 definiert, bereitgestellt. Die abhängigen Ansprüche definieren weitere Ausführungsformen und eine Treiberschaltung, die die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung enthält.

Figurenliste

[0004] Im Folgenden werden rein beispielhaft einige Beispiele für Schaltungen, Einrichtungen und/oder Verfahren beschrieben. In diesem Zusammenhang wird auf die begleitenden Figuren Bezug genommen.

Fig. 1 veranschaulicht ein vereinfachtes Blockdiagramm eines Leistungselektroniksystems gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung.

Fig. 2a veranschaulicht eine beispielhafte Implementierung einer Schaltschaltung gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung.

Fig. 2b veranschaulicht eine beispielhafte Implementierung einer Schaltschaltung gemäß einer anderen Ausführungsform der Offenbarung.

Fig. 3a veranschaulicht die Wellenformen der Gate-Ladung eines Schalt-MOSFETs gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung.

Fig. 3b veranschaulicht eine Abhängigkeit einer Gate-Spannung und einer Gate-Ladung des Schalt-MOSFETs im Verhältnis zu einer Drain-Spannung V_{DS} und einem angelegten Drain-Strom I_D gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung.

Fig. 4a und **Fig. 4b** veranschaulichen eine beispielhafte Implementierung eines Leistungselektroniksystems gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung.

Fig. 5a und **Fig. 5b** veranschaulichen eine beispielhafte Implementierung eines Leistungselektroniksystems gemäß einer anderen Ausführungsform der Offenbarung.

Fig. 6 veranschaulicht eine beispielhafte Implementierung eines Leistungselektroniksystems gemäß einer anderen Ausführungsform der Offenbarung.

Fig. 7a und **Fig. 7b** veranschaulichen eine beispielhafte Implementierung eines Leistungselektroniksystems gemäß einer anderen Ausführungsform der Offenbarung.

Fig. 8 veranschaulicht ein Verfahren zum Erkennen eines mit einem Source-Bonddraht einer Schaltschaltung verbundenen Fehlers gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0005] Bei einer Ausführungsform der Offenbarung wird eine mit einem Leistungselektroniksystem verbundene Treiberschaltung offenbart. Das Leistungselektroniksystem umfasst eine Gate-Treiberschaltung, die dazu konfiguriert ist, eine Schaltschaltung, der mehrere parallele Schalter umfasst, anzusteuern, wobei jeder Schalter einen jeweiligen Bonddraht umfasst. Ferner umfasst das Leistungselektroniksystem eine Bonddrahtfehlererkennungsschaltung, die eine Gate-Ladungsschätzungsschaltung umfasst, welche dazu konfiguriert ist, einen Parameter der Schaltschaltung zu messen, der eine Gate-Ladung der Schaltschaltung oder einen Parameter, der die mit der Schaltschaltung verbundene Gate-Ladung anzeigt, umfasst. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die Gate-Ladungsschätzungsschaltung ferner eine Erkennungsschaltung, die dazu konfiguriert ist, einen mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundenen Fehler basierend auf dem gemessenen Parameter der Schaltschaltung zu erkennen.

[0006] Bei einer Ausführungsform der Offenbarung wird ein Verfahren zum Erkennen eines mit einem Source-Bonddraht in einer Schaltschaltung, der meh-

rere parallele Schalter umfasst, wobei jeder Schalter einen jeweiligen Source-Bonddraht umfasst, verbundenen Fehlers offenbart. Das Verfahren umfasst Messen eines Parameters der Schaltschaltung, der eine Gate-Ladung der Schaltschaltung oder einen Parameter, der die mit der Schaltschaltung verbundene Gate-Ladung anzeigt, umfasst. Ferner umfasst das Verfahren Erkennen eines mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundenen Fehlers basierend auf dem gemessenen Parameter der Schaltschaltung.

[0007] Bei einer Ausführungsform der Offenbarung wird eine Bonddrahtfehlererkennungsschaltung offenbart. Die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung umfasst eine Gate-Ladungsschätzungsschaltung, die dazu konfiguriert ist, einen Parameter einer Schaltschaltung zu messen, der mehrere parallele Schalter umfasst, wobei jeder Schalter einen jeweiligen Source-Bonddraht umfasst, wobei der Parameter der Schaltschaltung eine Gate-Ladung der Schaltschaltung oder einen Parameter, der die mit der Schaltschaltung verbundene Gate-Ladung anzeigt, umfasst. Ferner umfasst die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung eine Erkennungsschaltung, die dazu konfiguriert ist, einen mit mindestens einem Source-Bonddraht, der mit der Schaltschaltung verbunden ist, verbundenen Fehler basierend auf dem gemessenen Parameter der Schaltschaltung zu erkennen.

[0008] Die vorliegende Offenbarung wird nunmehr unter Bezugnahme auf die angehängten Zeichnungen beschrieben, wobei durchweg gleiche Bezugszahlen zum Verweis auf gleiche Elemente verwendet werden, und wobei die veranschaulichten Strukturen und Vorrichtungen nicht zwangsweise maßstäblich gezeichnet sind. Die Begriffe „Komponente“, „System“, „Schnittstelle“, „Schaltung“ und dergleichen, wie sie hierin verwendet werden, sollen sich auf eine computerbezogene Entität, Hardware, Software (zum Beispiel in Ausführung) und/oder Firmware beziehen. Beispielsweise kann eine Komponente ein Prozessor (zum Beispiel ein Mikroprozessor, eine Steuerung oder eine andere Verarbeitungsvorrichtung), ein auf einem Prozessor laufender Prozess, eine Steuerung, ein Objekt, ein ausführbares oder anderes Programm, eine Speichervorrichtung, ein Computer, ein Tablet-PC und/oder ein Endgerät (zum Beispiel ein Mobiltelefon usw.) mit einer Verarbeitungsvorrichtung sein. Zur Veranschaulichung können auch eine auf einem Server laufende Anwendung und der Server eine Komponente sein. Eine oder mehrere Komponenten können sich innerhalb eines Prozesses befinden, und eine Komponente kann auf einem Computer lokalisiert und/oder zwischen zwei oder mehr Computern verteilt sein. Es kann hier ein Satz von Elementen oder ein Satz von anderen Komponenten beschrieben werden, wobei der Begriff „Satz“ als „eine/r/s oder mehrere“ interpretiert werden kann.

[0009] Ferner können diese Komponenten von verschiedenen computerlesbaren Speichermedien mit darauf gespeicherten verschiedenen Datenstrukturen, wie zum Beispiel mit einem Modul, ausgeführt werden. Die Komponenten können über lokale und/oder abgesetzte Prozesse wie beispielsweise entsprechend einem Signal mit einem oder mehreren Datenpaketen kommunizieren (zum Beispiel Daten von einer Komponente, die mit einer anderen Komponente in einem lokalen System, einem verteilten System und/oder über ein Netzwerk, wie zum Beispiel das Internet, ein lokales Netzwerk, ein Weitbereichsnetzwerk oder ein ähnliches Netzwerk mit anderen Systemen, über das Signal interagiert).

[0010] Als weiteres Beispiel kann eine Komponente eine Einrichtung mit einer spezifischen Funktionalität sein, die durch mechanische Teile bereitgestellt wird, welche durch elektrische oder elektronische Schaltungsanordnungen betrieben werden, wobei die elektrische oder elektronische Schaltungsanordnung durch eine Softwareanwendung oder eine Firmwareanwendung betrieben wird, die durch einen oder mehrere Prozessoren ausgeführt wird. Der eine oder die mehreren Prozessoren können sich innerhalb oder außerhalb der Vorrichtung befinden und können mindestens einen Teil der Software- oder Firmwareanwendung ausführen. Als noch weiteres Beispiel kann eine Komponente eine Einrichtung sein, die eine spezifische Funktionalität durch elektronische Komponenten ohne mechanische Teile bereitstellt; die elektronischen Komponenten können einen oder mehrere Prozessoren darin enthalten, um Software und/oder Firmware auszuführen, die zumindest teilweise die Funktionalität der elektronischen Komponenten verleiht bzw. verleihen.

[0011] Die Verwendung des Worts „beispielhaft“ soll Konzepte auf konkrete Weise vorlegen. Wie in dieser Anmeldung verwendet, soll der Ausdruck „oder“ ein inklusives „oder“ statt ein exklusives „oder“ bedeuten. Das heißt, sofern nicht spezifisch etwas anderes angegeben ist oder aus dem Kontext hervorgeht, soll „X verwendet A oder B“ eine beliebige der natürlichen, inklusiven Permutationen bedeuten. Das heißt, falls X A verwendet; X B verwendet; oder X sowohl A als auch B verwendet, dann ist „X verwendet A oder B“ unter jeglichem der obigen Fälle erfüllt. Darüber hinaus sollten die Artikel „ein/eine/einer“, wie sie in dieser Anmeldung und den angehängten Ansprüchen verwendet werden, allgemein so ausgelegt werden, dass sie „ein oder mehrere“ bedeuten, sofern nicht spezifisch etwas anderes angegeben ist oder aus dem Kontext hervorgeht, dass es sich auf eine Singularform bezieht. Weiterhin sollen in dem Ausmaß, dass die Ausdrücke „enthaltend“ „enthält“ „aufweisen“ „hat“, „mit“ oder Varianten davon entweder in der ausführlichen Beschreibung oder den Ansprüchen verwendet werden, solche Ausdrücke auf eine

Weise inklusiv sein, die dem Ausdruck „umfassend“ ähnlich ist.

[0012] Die folgende detaillierte Beschreibung bezieht sich auf die beiliegenden Zeichnungen. In den verschiedenen Zeichnungen können die gleichen Bezugszahlen verwendet werden, um die gleichen oder ähnliche Elemente zu identifizieren. In der folgenden Beschreibung werden spezielle Details zum Zwecke der Erläuterung und nicht zur Einschränkung angeführt, wie zum Beispiel bestimmte Strukturen, Architekturen, Schnittstellen, Techniken usw., um ein gründliches Verständnis der verschiedenen Aspekte verschiedener Ausführungsformen zu gewährleisten. Für Fachleute, denen die vorliegende Offenbarung zur Verfügung steht, liegt jedoch auf der Hand, dass die verschiedenen Aspekte der verschiedenen Ausführungsformen in anderen Beispielen, die von diesen speziellen Details abweichen, ausgeübt werden können. In bestimmten Fällen werden Beschreibungen von wohlbekanntem Vorrichtungen, Schaltungen und Verfahren weggelassen, um die Beschreibung der verschiedenen Ausführungsformen nicht mit unnötigen Details zu überladen.

[0013] Wie oben angeführt wurde, ist aufgrund der weitverbreiteten Verwendung von Leistungshalbleiterschaltern in der Industrie und der inhärenten Bedingungen hoher Betriebsspannungen eine Bewertung der Fehlermechanismen der Leistungshalbleiterschalter (zum Beispiel Leistungs-MOSFETs) und ihrer Zuverlässigkeit eine zentrale Anforderung. Bei der vorliegenden Offenbarung wird ein Versagen von Leistungshalbleiterschaltern aufgrund eines Verlusts oder Fehlers von Source-Bonddrähten bewertet. Bonddrähte werden in der Halbleiterindustrie dazu verwendet, eine elektrische Verbindung von einem Halbleiterchip, zum Beispiel einem Leistungshalbleiterschalter, mit seinen externen Gehäusepins oder mit anderen elektronischen Bauteilen herzustellen. Der Begriff „Source-Bonddraht“, der in der gesamten Offenbarung verwendet wird, soll jegliche leitende Verbindung von der Source-Metallisierung nach außen, wie zum Beispiel ein Clip, ein Band usw., bedeuten und soll nicht nur auf einen Bonddraht beschränkt sein. Ein Verlust eines oder ein Fehler an einem mit einem Leistungshalbleiterschalter verbundenen Bonddraht(s) kann die Sicherheit und Zuverlässigkeit eines Leistungselektroniksystems beeinträchtigen. Da ein Bonddraht hinsichtlich seiner Strombelastbarkeit beschränkt ist, werden bei einigen Ausführungsformen mehrere Bonddrähte parallel für höhere Amperezahlen verwendet. Ein Verlust eines Source-Bonddrahts in einer Leistungsschalteranwendung, zum Beispiel einem Leistungs-MOSFET, führt zu einer Überlastung des bzw. der verbleibenden Bonddrahts bzw. Bonddrähte. Dieser Verlust ist nicht erkennbar, und über die Lebensdauer ist es möglich, dass die verbleibenden Source-Bonddrähte aufgrund der Zunahme der Stromdichte bei Nor-

malbetrieb auch beschädigt werden. Der Nennstrom muss nur durch die verbleibenden Bonddrähte fließen, und die Regeln für Bonddraht-Dimensionierung werden verletzt. Ebenso kann ein Verlust eines Source-Bonddrahts in Motorwechselrichtern, zum Beispiel dem High-Side-Schalter, zu einem Verlust damit verbundener Freilaufdioden führen. Der Verlust von Freilaufdioden kann zu der zum Beispiel durch einen Lawinendurchbruch von MOSFETs verursachten Erzeugung von hohen Spannungen in der Brücke führen und kann eine Beschädigung anderer Bauteile in dem Wechselrichter verursachen. Wird der Verlust oder das Versagen in Verbindung mit Bonddrähten nicht erkannt, stünde das System für eine kurze Zeit zur Verfügung und würde dann unmittelbar ohne Warnung in einen unsicheren Zustand übergehen, was zu einer gefährlichen Situation (Verletzung von Sicherheitszielen usw.) führen könnte. Deshalb ist es wichtig, einen Verlust oder ein Versagen von mit Leistungsschaltern in Leistungselektroniksystemen verbundenen Bonddrähten zu bestimmen/erkennen.

[0014] Bei aktuellen Implementierungen von Leistungselektroniksystemen wird ein Verlust oder ein Versagen, der bzw. das mit Bonddrähten verbunden ist, bei einigen Ausführungsformen basierend auf einer genauen Messung des Einschaltwiderstands (das heißt Ron) des Leistungsschalters erkannt. Eine genaue Messung des Ron wird zum Beispiel an der ATE (automated test equipment - automatisierten Prüfeinrichtung) implementiert, und jede Vorrichtung wird bei 150°C geprüft, wobei der Ron im Allgemeinen der höchste Wert ist. Die Genauigkeit der Ron-Messung muss in einem Bereich liegen, der einen möglichen gebrochenen Bonddraht erkennen kann. Wenn der gemessene Ron höher als ein zulässiger Maximalwert ist, ist die Vorrichtung fehlerhaft und wird nicht an Kunden ausgeliefert. Bei der obigen Implementierung wird der Verlust oder das Versagen, der bzw. das mit dem Bonddraht verbunden ist, jedoch nur einmal während der Inbetriebsetzung oder der Konfiguration erkannt. Leistungsschalter werden in funktionalen sicherheitsrelevanten Anwendungen mit einem bestimmten ASIL-Level (ASIL - Automotive Safety Integrity Level) verwendet, und deshalb ist es wichtig zu gewährleisten, dass alle Bonddrähte auch bei laufendem System ordnungsgemäß verbunden sind. Ferner werden bei einigen Implementierungen, zum Beispiel im Falle von Motorwechselrichtern, Zener-Klemmen bei MOSFETs verwendet, um die Spannung in dem System auf die Klemmspannung zu begrenzen, und es werden Bauteile verwendet, die der Klemmspannung/Lawinendurchbruchspannung widerstehen können, um dem System zu ermöglichen, einen mit einem Bonddraht verbundenen Fehler zu bewältigen. Bei solchen Ausführungsformen müssen Bauteile, wie zum Beispiel Gate-Treiber, Kondensatoren usw., höheren Spannungen als der normalen Betriebsspannung wider-

stehen, was höhere Kosten für die Wechselrichter verursacht.

[0015] Um die obigen Nachteile zu überwinden, wird bei dieser Offenbarung deshalb ein Verfahren zum Erkennen eines Fehlers von mit Leistungsschaltern verbundenen Bonddrähten in Echtzeit während der Produktlebensdauer vorgeschlagen. Bei einigen Ausführungsformen kann sich ein mit einem Bonddraht verbundener Fehler auf einen Verlust oder eine Beschädigung oder ein Versagen des Bonddrahts beziehen. Insbesondere werden hierin ein Verfahren und eine Einrichtung zum Bestimmen eines Verlusts oder eines Versagens von mit Leistungsschaltern verbundenen Source-Bonddrähten basierend auf einer Messung einer Gate-Ladung oder eines Parameters, der die mit dem Leistungsschalter verbundene Gate-Ladung anzeigt, vorgeschlagen. Bei einigen Ausführungsformen ist das vorgeschlagene Verfahren auf Leistungsschalter anwendbar, die in mehrere kleinere parallele Leistungsschalter getrennt sind. Insbesondere ist das vorgeschlagene Verfahren dazu anwendbar, einen Verlust oder ein Versagen von mit einer Schaltschaltung, der mehrere parallele Schalter umfasst, wobei jeder parallele Schalter einen jeweiligen Source-Bonddraht umfasst, verbundenen Bonddrähten zu erkennen. Der hier verwendete zentrale Gedanke besteht darin, dass bei Verlust oder Beschädigung eines mit mindestens einem parallelen Schalter verbundenen Source-Bonddrahts eine Gate-Ladung der Schaltschaltung reduziert wird. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die Gate-Ladung der Schaltschaltung eine Summe der Gate-Ladungen der mit der Schaltschaltung verbundenen mehreren Schaltungen. Deshalb stellt bei einigen Ausführungsformen eine Messung der Gate-Ladung der Schaltschaltung oder eines Parameters, der die Gate-Ladung der Schaltschaltung anzeigt, eine Anzeige einer möglichen Beschädigung bzw. eines möglichen Verlusts, die bzw. der mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbunden ist, bereit.

[0016] Deshalb ermöglicht das vorgeschlagene Verfahren bei einigen Ausführungsformen, einen Teilfehler/-verlust der Source-Bonddrähte der Schaltschaltung zu erkennen, wodurch die Zuverlässigkeit des Leistungselektroniksystems erhöht wird. Bei einigen Ausführungsformen bietet das Erkennen eines Teilverlusts/-versagens der Source-Bonddrähte eine Möglichkeit, das Leistungselektroniksystem vor einer weiteren Beschädigung zu schützen. Das Erkennen eines Bonddraht-Teilverlusts bietet bei einigen Ausführungsformen zum Beispiel eine Option, Spannung von der Schaltschaltung zu nehmen oder eine Reparatur der Schaltschaltung einzuleiten, wodurch ein schwerer Gesamtverlust der Bonddrähte vermieden wird. In der gesamten Offenbarung beschriebene Ausführungsformen beschreiben ein Verfahren und eine Einrichtung für das Erkennen eines Verlusts

oder Fehlers von mit Leistungs-MOSFETs verbundenen Source-Bonddrähten. Das vorgeschlagene Verfahren ist jedoch gleichermaßen auf andere Leistungsschalter, zum Beispiel IGBTs, JFETs usw., anwendbar und soll nicht als auf MOSFETs beschränkt ausgelegt werden. Insbesondere ist in Schaltschaltungen auf IGBT-Basis das vorgeschlagene Verfahren für das Erkennen eines Verlusts oder Fehlers von Emitter-Bonddrähten anwendbar. Deshalb soll der in der gesamten Offenbarung in Bezug auf Leistungs-MOSFET-Schalter verwendete Begriff Source-Bonddrähte als gleichzusetzen mit Emitter-Bonddrähten in Bezug auf andere Leistungsschalter wie IGBTs betrachtet werden.

[0017] Fig. 1 veranschaulicht ein vereinfachtes Blockdiagramm eines Leistungselektroniksystems **100** gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung. Die Leistungselektronikschaltung **100** umfasst eine Schaltschaltung **102** und eine Treiberschaltung **104**, die dazu konfiguriert ist, mit der Schaltschaltung **102** gekoppelt zu werden, um die Schaltschaltung **102** anzusteuern. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die Schaltschaltung **102** Leistungshalbleiterschalter oder Leistungsschalter, zum Beispiel Leistungs-MOSFETs. Bei einigen Ausführungsformen kann der Leistungsschalter in der Schaltschaltung **102** als mehrere parallele Leistungsschalter implementiert sein, wobei jeder parallele Schalter einen jeweiligen Source-Bonddraht umfasst. Bei einigen Ausführungsformen kann der mit jedem parallelen Leistungsschalter verbundene Source-Bonddraht einen oder mehrere Bonddrähte umfassen, die zwischen einem mit einem Source-Anschluss des jeweiligen parallelen Leistungsschalters verbundenen Kontaktpad und einem äußeren Gehäusepin des Leistungsschalters oder mit anderen elektronischen Bauteilen, zum Beispiel anderen Leistungsschaltern, gekoppelt sind. Bei dieser Ausführungsform enthält das Leistungselektroniksystem **100** in der Darstellung der Einfachheit halber nur eine einzige Schaltschaltung **102** und eine entsprechende Treiberschaltung **104**. Bei anderen Ausführungsformen kann das Leistungselektroniksystem **100** jedoch mehrere Schaltschaltungen und entsprechende mehrere Treiberschaltungen enthalten. Ausführungsbeispiele, die beschreiben, wie die Source-Bonddrähte zwischen einem mit einem Source-Anschluss eines jeweiligen parallelen Leistungsschalters verbundenen Kontaktpad und einem äußeren Gehäusepin des Leistungsschalters gekoppelt sein können, werden unter Bezugnahme auf die Fig. 2a, Fig. 2b, Fig. 4a, Fig. 4b, Fig. 5a, Fig. 5b, Fig. 6, Fig. 7a und Fig. 7b, in denen der mit dem Source-Anschluss des jeweiligen parallelen Leistungsschalters verbundene Kontaktpad als „pad“ bezeichnet wird und der äußere Gehäusepin des Leistungsschalters als „pin“ bezeichnet wird, veranschaulicht.

[0018] Bei einigen Ausführungsformen können die mehreren Leistungsschalter in der Schaltschaltung **102** einen gemeinsamen Gate-Anschluss und getrennte Source-Anschlüsse umfassen, wie in **Fig. 2a** veranschaulicht wird. Bei einigen Schaltschaltungen, zum Beispiel bei Schaltschaltungen auf IGBT-Basis, wird der gemeinsame Gate-Anschluss durch einen gemeinsamen Basisanschluss ersetzt, und die getrennten Source-Anschlüsse werden durch getrennte Emitter-Anschlüsse ersetzt. Bei anderen Ausführungsformen können die mehreren Leistungsschalter in der Schaltschaltung **102** getrennte Gate-Anschlüsse und getrennte Source-Anschlüsse umfassen, wie in **Fig. 2b** veranschaulicht wird. Bei einigen Schaltschaltungen, zum Beispiel bei Schaltschaltungen auf IGBT-Basis, werden die getrennten Gate-Anschlüsse durch getrennte Basisanschlüsse ersetzt, und die getrennten Source-Anschlüsse werden durch getrennte Emitter-Anschlüsse ersetzt.

[0019] **Fig. 2a** veranschaulicht eine beispielhafte Implementierung einer Schaltschaltung **202**, der zwei parallele Leistungsschalter umfasst. Bei anderen Ausführungsformen kann die Schaltschaltung **202** jedoch mehr als zwei parallele Leistungsschalter umfassen. Bei einigen Ausführungsformen zeigt die Schaltschaltung **202** eine mögliche Implementierung der Schaltschaltung **102** in **Fig. 1**. Die beiden parallelen Leistungsschalter in der Schaltschaltung **202** umfassen bei dieser Ausführungsform MOSFETs. Bei anderen Ausführungsformen können die beiden parallelen Schalter jedoch andere Leistungsschalter wie einen IGBT, FET usw. umfassen und sollen nicht auf Leistungs-MOSFETs beschränkt sein. Die Schaltschaltung **202** umfasst einen ersten Leistungsschalter **202a** und einen zweiten Leistungsschalter **202b**, die parallel sind, mit getrennten Sources **204a** bzw. **204b** und einem gemeinsamen Gate-Anschluss **208**. Der erste Leistungsschalter **202a** und der zweite Leistungsschalter **202b** umfassen ferner einen damit verbundenen ersten Source-Bonddraht **206a** bzw. zweiten Source-Bonddraht **206b**. Bei einigen Ausführungsformen kann der erste Source-Bonddraht **206a** einen einzigen Bonddraht umfassen, wie in **Fig. 2a** veranschaulicht wird. Bei anderen Ausführungsformen kann der erste Source-Bonddraht **206a** jedoch als mehrere Source-Bonddrähte implementiert sein. Ebenso kann der zweite Source-Bonddraht **206b** bei einigen Ausführungsformen einen einzigen Bonddraht umfassen, wie in **Fig. 2a** veranschaulicht wird. Bei anderen Ausführungsformen kann der zweite Source-Bonddraht **206b** jedoch als mehrere Source-Bonddrähte implementiert sein.

[0020] Ebenso veranschaulicht **Fig. 2b** eine andere beispielhafte Implementierung einer Schaltschaltung **252**, der zwei parallele Leistungsschalter umfasst. Bei anderen Ausführungsformen kann die Schaltschaltung **252** jedoch mehr als zwei parallele Leistungsschalter umfassen. Bei einigen Ausführungs-

formen zeigt die Schaltschaltung **252** eine andere mögliche Weise der Implementierung der Schaltschaltung **102** in **Fig. 1**. Die beiden parallelen Leistungsschalter in der Schaltschaltung **252** umfassen bei dieser Ausführungsform MOSFETs. Bei anderen Ausführungsformen können die beiden parallelen Schalter jedoch andere Leistungsschalter wie einen IGBT, FET usw. umfassen und sollen nicht als auf Leistungs-MOSFET beschränkt ausgelegt werden. Die Schaltschaltung **252** umfasst einen ersten Leistungsschalter **252a** und einen zweiten Leistungsschalter **252b**, die parallel sind und getrennte Sources **254a** bzw. **254b** aufweisen. Ferner umfassen der erste Leistungsschalter **252a** und der zweite Leistungsschalter **252b** einen damit verbundenen ersten Gate-Anschluss **258a** bzw. zweiten Gate-Anschluss **258b**. Der erste Leistungsschalter **252a** und der zweite Leistungsschalter **252b** umfassen ferner einen damit verbundenen ersten Source-Bonddraht **256a** bzw. zweiten Source-Bonddraht **256b**. Bei einigen Ausführungsformen kann der erste Source-Bonddraht **256a** einen einzigen Bonddraht umfassen, wie in **Fig. 2b** veranschaulicht wird. Bei anderen Ausführungsformen kann der erste Source-Bonddraht **256a** jedoch als mehrere Source-Bonddrähte implementiert sein. Ebenso kann der zweite Source-Bonddraht **256b** bei einigen Ausführungsformen einen einzigen Bonddraht umfassen, wie in **Fig. 2b** veranschaulicht wird. Bei anderen Ausführungsformen kann der zweite Source-Bonddraht **256b** jedoch als mehrere Source-Bonddrähte implementiert sein.

[0021] Erneut auf **Fig. 1** Bezug nehmend, umfasst die Treiberschaltung **104** eine Gate-Treiberschaltung **106**, die dazu konfiguriert ist, die Schaltschaltung **102** anzusteuern. Bei den Ausführungsformen, bei denen die Schaltschaltung **102** einen gemeinsamen Gate-Anschluss umfasst, wie in **Fig. 2a** veranschaulicht wird, kann die Gate-Treiberschaltung **106** mit dem gemeinsamen Gate-Anschluss gekoppelt sein, um die Schaltschaltung **102** anzusteuern. Bei anderen Ausführungsformen, bei denen die Schaltschaltung **102** getrennte Gate-Anschlüsse umfasst, wie in **Fig. 2b** veranschaulicht wird, kann die Gate-Treiberschaltung **106** alternativ verschiedene Treiberstufen zum Ansteuern der jeweiligen Gate-Anschlüsse umfassen. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die Treiberschaltung **104** ferner eine Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **108**, die dazu konfiguriert ist, einen mit mindestens einem mit der Schaltschaltung **102** verbundenen Source-Bonddraht verbundenen Fehler zu erkennen. Bei einigen Ausführungsformen kann ein mit dem Source-Bonddraht verbundener Fehler einen gebrochenen oder beschädigten oder verlorenen Bonddraht umfassen. Es kommen innerhalb des Schutzzumfangs der vorliegenden Offenbarung jedoch auch andere Arten von Fehlern als die obigen in Betracht. Bei einigen Ausführungsformen ist die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **108** mit der Gate-Treiberschaltung

tung **106** gekoppelt. Bei einigen Ausführungsformen ist die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **108** ferner zum Koppeln mit der Schaltschaltung **102** konfiguriert. Bei einigen Ausführungsformen sind sowohl die Gate-Treiberschaltung **106** als auch die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **108** als Teil einer gleichen Treiber-IC (IC - integrated circuit/integrierte Schaltung) implementiert. Bei anderen Ausführungsformen können die Gate-Treiberschaltung **106** und die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **108** jedoch auf getrennten ICs implementiert sein.

[0022] Bei einigen Ausführungsformen umfasst die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **108** eine Gate-Ladungsschätzungsschaltung **112**, die dazu konfiguriert ist, einen Parameter der Schaltschaltung **102** zu messen, der eine Gate-Ladung der Schaltschaltung **102** oder einen Parameter, der die mit der Schaltschaltung **102** verbundene Gate-Ladung anzeigt, umfasst. Bei einigen Ausführungsformen ist die Gate-Ladungsschätzungsschaltung **112** zum Koppeln mit der Gate-Treiberschaltung **102** oder der Schaltschaltung **102** zum Messen der Gate-Ladung der Schaltschaltung **102** oder des Parameters, der die mit der Schaltschaltung **102** verbundene Gate-Ladung anzeigt, konfiguriert. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **108** ferner eine Erkennungsschaltung **110**, die dazu konfiguriert ist, einen mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **102** verbundenen Fehler basierend auf dem gemessenen Parameter der Schaltschaltung **102** zu erkennen. Wie oben angeführt wurde, besteht der hierin verwendete zentrale Gedanke darin, dass im Falle eines Verlusts oder einer Beschädigung eines mit mindestens einem parallelen Schalter verbundenen Source-Bonddrahts eine Gate-Ladung der Schaltschaltung **102** reduziert wird. Bei einigen Ausführungsformen ist die Gate-Ladung der Schaltschaltung **102** proportional zu einer Ladung der inneren Kondensatoren, zum Beispiel der mit der Schaltschaltung **102** verbundenen Gate-Source-Kondensatoren. Bei Verlust oder Beschädigung eines mit einem parallelen Schalter verbundenen Source-Bonddrahts wird eine entsprechende Gate-Source-Kapazität des parallelen Schalters nicht aufgeladen, was zu einer Reduzierung der mit der Schaltschaltung **102** verbundenen Gate-Ladung führt.

[0023] Deshalb stellt eine Messung der Gate-Ladung der Schaltschaltung **102** oder eines Parameters, der die Gate-Ladung der Schaltschaltung **102** anzeigt, bei einigen Ausführungsformen eine Anzeige eines (einer) mit mindestens einem Source-Bonddraht (zum Beispiel 206a oder 206b oder beide in **Fig. 2a**) der Schaltschaltung **102** verbundene(n) mögliche(n) Beschädigung/Verlust bereit. Bei einigen Ausführungsformen ist die Gate-Ladungsschätzungsschaltung **112** dazu konfiguriert, die Gate-Ladung der Schaltschaltung **102** oder den Parame-

ter, der die mit der Schaltschaltung **102** verbundene Gate-Ladung anzeigt, bei jedem Schaltereignis oder mehreren Schaltereignissen, die mit der Schaltschaltung **102** verbunden ist bzw. sind, zu messen. Bei einigen Ausführungsformen ermöglicht das Messen der Gate-Ladung bei mehreren Schaltereignissen der Schaltschaltung **102**, dass die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **108** einen mit den Bonddrähten der Schaltschaltung **102** verbundenen Fehler während einer Produktlebensdauer in Echtzeit erkennt. Die Erkennungsschaltung **110** ist bei einigen Ausführungsformen ferner dazu konfiguriert, bei Erkennen des Fehlers ein Fehleranzeigesignal (nicht gezeigt) zu erzeugen, das eine Anzeige eines möglichen Verlusts oder einer möglichen Beschädigung, der bzw. die mit den Source-Bonddrähten der Schaltschaltung **102** verbunden ist, bereitstellt.

[0024] **Fig. 3a** veranschaulicht die Wellenformen der Gate-Ladung eines Schalt-MOSFETs. Ferner veranschaulicht **Fig. 3b** die Abhängigkeit der Gate-Spannung und der Gate-Ladung des Schalt-MOSFETs von der Drain-Spannung VDS und dem angelegten Drain-Strom ID. Erneut auf **Fig. 1** Bezug nehmend, ist die Erkennungsschaltung **110** bei einigen Ausführungsformen dazu konfiguriert, den Fehler basierend auf einem Vergleich des gemessenen Parameters der Schaltschaltung **102** mit einem vorbestimmten Messparameterschwellenwert zu erkennen. Bei einigen Ausführungsformen umfasst der vorbestimmte Messparameterschwellenwert einen früheren Wert des gemessenen Parameters der Schaltschaltung **102**, der zu einem früheren Zeitpunkt gemessen wurde, wobei weitere Details darüber bei den nachfolgenden Ausführungsformen angegeben werden. Als Alternative ist die Erkennungsschaltung **110** bei anderen Ausführungsformen dazu konfiguriert, den Fehler basierend auf einem Vergleich des gemessenen Parameters der Schaltschaltung **102** mit einem vorbestimmten Schwellenwertbereich zu erkennen, wobei weitere Details darüber bei einer nachfolgenden Ausführungsform angegeben werden.

[0025] **Fig. 4a** veranschaulicht eine beispielhafte Implementierung eines Leistungselektroniksystems **400** gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung. Bei einigen Ausführungsformen umfasst das Leistungselektroniksystem **400** eine mögliche Weise der Implementierung des Leistungselektroniksystems **100** in **Fig. 1**. Das Leistungselektroniksystem **400** umfasst eine Schaltschaltung **402** und eine Treiberschaltung **404**, die zum Ansteuern der Schaltschaltung **402** konfiguriert ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel enthält die Schaltschaltung **402** in der Darstellung einen ersten Leistungsschalter **402a** und einen zweiten Leistungsschalter **402b**, die parallel zueinander sind. Bei anderen Ausführungsformen kann die Schaltschaltung **402** jedoch mehr als zwei Leistungsschalter parallel umfassen. Die Schaltschaltung **402** umfasst einen gemeinsamen Gate-Anschluss **403** und

getrennte Source-Anschlüsse **402e** und **402f**. Die Schaltschaltung **402** umfasst ferner Source-Bonddrähte **402c** bzw. **402d**, die mit den Source-Anschlüssen **402e** und **402f** gekoppelt sind. Bei dieser Ausführungsform sind die Source-Bonddrähte **402c** und **402d** in der Darstellung mit einem einzigen äußeren Ausgangspin **402g** gekoppelt. Bei anderen Ausführungsformen können die Source-Bonddrähte **402c** und **402d** jedoch mit zwei getrennten Ausgangspins **402g** bzw. **402h** gekoppelt sein, wie in **Fig. 4b** veranschaulicht wird. Obgleich nicht explizit so angegeben, ist das Konzept der Verwendung getrennter Ausgangspins für die Source-Bonddrähte, die mit parallelen Schaltern der Schaltschaltung verbunden sind, auf alle in dieser Offenbarung beschriebenen Ausführungsformen anwendbar.

[0026] Die Treiberschaltung **404** umfasst eine Gate-Treiberschaltung **406**, die mit dem gemeinsamen Gate-Anschluss **403** der Schaltschaltung **402** gekoppelt ist und zum Ansteuern der Schaltschaltung **402** konfiguriert ist. Ferner umfasst die Treiberschaltung eine Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **408**, die zum Erkennen eines mit mindestens einem mit der Schaltschaltung **402** verbundenen Source-Bonddraht (zum Beispiel **402c** oder **402d**) verbundenen Fehlers konfiguriert ist. Die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **408** umfasst eine Gate-Ladungsschätzungsschaltung **412**, die dazu konfiguriert ist, eine mit der Schaltschaltung **402** verbundene Gate-Ladung zu bestimmen, und eine Erkennungsschaltung **410**, die dazu konfiguriert ist, basierend auf der bestimmten Gate-Ladung einen mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **402** verbundenen Fehler zu bestimmen. Bei einigen Ausführungsformen ist die mit der Schaltschaltung **402** verbundene Gate-Ladung proportional zu einer mit inneren Kondensatoren, zum Beispiel den Gate-Source-Kondensatoren der Schaltschaltung **402**, verbundenen Ladung. Bei einigen Ausführungsformen umfassen sowohl der erste Leistungsschalter **402a** als auch der zweite Leistungsschalter **402b** eine jeweilige Gate-Source-Kapazität. Bei einem Verlust oder einer Beschädigung eines der Source-Bonddrähte, zum Beispiel **402c**, wird bei einigen Ausführungsformen eine entsprechende Gate-Source-Kapazität nicht aufgeladen, was zu einer Reduzierung der mit der Schaltschaltung **402** verbundenen Gate-Ladung führt

[0027] Die Gate-Ladungsschätzungsschaltung **412** umfasst eine Strommessschaltung **412a**, die mit dem gemeinsamen Gate-Anschluss **403** gekoppelt ist und dazu konfiguriert ist, eine Replika eines Gate-Stroms an dem gemeinsamen Gate-Anschluss **403** zu erzeugen. Die Gate-Ladungsschätzungsschaltung **412** umfasst ferner eine Ladungsmessschaltung **412**, die mit der Strommessschaltung **412a** gekoppelt ist und dazu konfiguriert ist, basierend auf einer Integration der erzeugten Replika des Gate-Stroms eine

entsprechende Gate-Ladung zu bestimmen. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die Strommessschaltung **412a** eine Stromspiegelschaltung. Bei einigen Ausführungsformen kann die Ladungsmessschaltung **412b** ferner einen Kondensator als ein Integrationsglied umfassen. Bei anderen Ausführungsformen können die Strommessschaltung **412a** und die Ladungsmessschaltung **412b** jedoch anders implementiert sein. Die Erkennungsschaltung **410** ist dazu konfiguriert, bei Bestimmen der mit der Schaltschaltung **402** verbundenen Gate-Ladung die bestimmte Gate-Ladung mit einem vorbestimmten Schwellenwert, der eine vorbestimmte Gate-Ladung umfasst, zu vergleichen, um einen mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **402** verbundenen Fehler zu bestimmen.

[0028] Ein mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **402** verbundener Fehler wird bei einigen Ausführungsformen an der Erkennungsschaltung **410** bestimmt, wenn sich die bestimmte Gate-Ladung um einen bestimmten vordefinierten Wert von der vorbestimmten Gate-Ladung unterscheidet. Ein mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **402** verbundener Fehler wird bei einigen Ausführungsformen zum Beispiel an der Erkennungsschaltung **410** bestimmt, wenn die bestimmte Gate-Ladung um einen bestimmten vordefinierten Wert geringer als die vorbestimmte Gate-Ladung ist. Die vorbestimmte Gate-Ladung umfasst bei einigen Ausführungsformen einen früheren Wert der mit der Schaltschaltung **402** verbundenen Gate-Ladung, der zu einem früheren Zeitpunkt gemessen wurde. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die vorbestimmte Gate-Ladung eine mit der Schaltschaltung **402** verbundene Gate-Ladung, die zu einem Zeitpunkt gemessen wurde, zu dem beide Source-Bonddrähte **402c** und **402d** ordnungsgemäß verbunden waren. Bei anderen Ausführungsformen kann die vorbestimmte Gate-Ladung jedoch anders als oben bestimmt werden und kann einen Vorgabewert umfassen. Ferner ist die Erkennungsschaltung **410** bei einigen Ausführungsformen dazu konfiguriert, bei Erkennen eines Fehlers ein Fehleranzeigesignal (nicht gezeigt) zu erzeugen, das eine Anzeige eines bzw. einer mit den Source-Bonddrähten der Schaltschaltung **402** verbundenen möglichen Verlusts oder Beschädigung bereitstellt.

[0029] **Fig. 5a** veranschaulicht eine beispielhafte Implementierung eines Leistungselektroniksystems **500** gemäß einer anderen Ausführungsform der Offenbarung. Bei einigen Ausführungsformen umfasst das Leistungselektroniksystem **500** eine andere mögliche Weise der Implementierung des Leistungselektroniksystems **100** in **Fig. 1**. Das Leistungselektroniksystem **500** umfasst eine Schaltschaltung **502** und eine Treiberschaltung **504**, die zum Ansteuern der Schaltschaltung **502** konfiguriert ist. Bei dieser beispielhaften Ausführungsform enthält die Schaltschaltung

502 in der Darstellung einen ersten Leistungsschalter **502a** und einen zweiten Leistungsschalter **502b**, die parallel zueinander sind. Bei anderen Ausführungsformen kann die Schaltschaltung **502** jedoch mehr als zwei Leistungsschalter parallel umfassen. Die Schaltschaltung **502** umfasst einen gemeinsamen Gate-Anschluss **503** und getrennte Source-Anschlüsse **502e** und **502f**. Ferner umfasst die Schaltschaltung **502** Source-Bonddrähte **502c** und **502d**, die mit den Source-Anschlüssen **502e** bzw. **502f** gekoppelt sind.

[0030] Die Treiberschaltung **504** umfasst eine Gate-Treiberschaltung **506**, die mit dem gemeinsamen Gate-Anschluss **503** der Schaltschaltung **502** gekoppelt ist und zum Ansteuern der Schaltschaltung **502** konfiguriert ist. Ferner umfasst die Treiberschaltung **504** eine Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **508**, die zum Erkennen eines mit mindestens einem mit der Schaltschaltung **502** verbundenen Source-Bonddraht (zum Beispiel **502c** oder **502b**) verbundenen Fehlers konfiguriert ist. Bei einigen Ausführungsformen sind sowohl die Gate-Treiberschaltung **506** als auch die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **508** als Teil einer gleichen Treiber-IC (IC - integrated circuit/integrierte Schaltung) implementiert. Bei anderen Ausführungsformen können die Gate-Treiberschaltung **506** und die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **508** auf getrennten ICs implementiert sein. Die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **508** umfasst eine Zeitmessschaltung **512**, die dazu konfiguriert ist, eine zum Einschalten der Schaltschaltung **502** erforderliche Einschaltzeit oder eine zum Ausschalten der Schaltschaltung **502** erforderliche Ausschaltzeit zu messen. Bei einigen Ausführungsformen zeigt die Einschaltzeit oder die Ausschaltzeit der Schaltschaltung **502** eine Gate-Ladung der Schaltschaltung **502** an. Bei einigen Ausführungsformen ist die Einschaltzeit oder die Ausschaltzeit der Schaltschaltung **502** proportional zu der Gate-Ladung der Schaltschaltung **502**. Bei Verlust oder Beschädigung eines der Source-Bonddrähte **502c** ist zum Beispiel die mit der Schaltschaltung **502** verbundene Gate-Ladung reduziert (da die entsprechende Gate-Source-Kapazität nicht aufgeladen werden muss), was zu einer Reduzierung der Einschaltzeit oder Ausschaltzeit der Schaltschaltung **502** führt. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die Zeitmessschaltung **512** eine mögliche Weise der Implementierung der Gate-Ladungsschätzungsschaltung **112**, die oben unter Bezugnahme auf **Fig. 1** erläutert wird.

[0031] Bei einigen Ausführungsformen umfasst die Zeitmessschaltung **512** eine CLK-Zählerschaltung **512a**, die einen Zähler oder ein Schieberegister und eine Gate-Spannungskomparatorschaltung **512b** umfasst, wie in **Fig. 5b** veranschaulicht wird. Bei anderen Ausführungsformen kann die Zeitmessschaltung **512** jedoch anders implementiert sein. Bei einigen Ausführungsformen ist das Leistungselektroniksystem **500** in **Fig. 5b** das gleiche wie das Leis-

tungselektroniksystem **500** in **Fig. 5a** und wird hier dazu verwendet, nur eine mögliche Weise der Implementierung der Zeitmessschaltung **512** in **Fig. 5a** zu veranschaulichen. Deshalb sind alle der oben unter Bezugnahme auf **Fig. 5a** angeführten Erläuterungen auch auf **Fig. 5b** anwendbar. Zum Messen der Einschaltzeit der Schaltschaltung **502** ist die CLK-Zählerschaltung **512a** bei einigen Ausführungsformen dazu konfiguriert, das Zählen zu einem Startzeitpunkt der Gate-Treiberschaltung **506** zu beginnen. Bei einigen Ausführungsformen ist die CLK-Zählerschaltung **512a** mit einem Eingangsanschluss der Gate-Treiberschaltung **506** gekoppelt und ist dazu konfiguriert, das Zählen bei Umschalten eines Eingangssignals der Gate-Treiberschaltung **506** zu beginnen. Bei einigen Ausführungsformen ist die CLK-Zählerschaltung **512a** ferner dazu konfiguriert, das Zählen anzuhalten, wenn die Schaltschaltung **502** eingeschaltet wird. Bei einigen Ausführungsformen ist die CLK-Zählerschaltung **512a** dazu konfiguriert, das Zählen basierend auf einer Anzeige von der Gate-Spannungskomparatorschaltung **512b** anzuhalten. Bei einigen Ausführungsformen stellt die Gate-Spannungskomparatorschaltung **512b** eine Anzeige für die CLK-Zählerschaltung **512a** bereit, wenn die Schaltschaltung **502** eingeschaltet wird. Als Alternative kann die CLK-Zählerschaltung **512a** bei anderen Ausführungsformen dazu konfiguriert sein, die Ausschaltzeit der Schaltschaltung **502** zu messen, um die Gate-Ladung zu schätzen.

[0032] Erneut auf **Fig. 5a** Bezug nehmend, umfasst die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **508** bei einigen Ausführungsformen ferner eine Erkennungsschaltung **510**, die dazu konfiguriert ist, basierend auf der gemessenen Einschaltzeit oder der Ausschaltzeit einen mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **502** verbundenen Fehler zu bestimmen. Bei einigen Ausführungsformen ist die Erkennungsschaltung **510** dazu konfiguriert, die gemessene Einschaltzeit oder die Ausschaltzeit mit einem vorbestimmten Schwellenwert, der eine vorbestimmte Einschaltzeit bzw. eine vorbestimmte Ausschaltzeit umfasst, zu vergleichen, um den mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **502** verbundenen Fehler zu bestimmen. Bei einigen Ausführungsformen wird ein mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **502** verbundener Fehler an der Erkennungsschaltung **510** bestimmt, wenn sich die gemessene Einschaltzeit um einen bestimmten vordefinierten Wert von der vorbestimmten Einschaltzeit unterscheidet oder sich die gemessene Ausschaltzeit um einen bestimmten vordefinierten Wert von der vorbestimmten Ausschaltzeit unterscheidet. Bei einigen Ausführungsformen wird zum Beispiel ein mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **502** verbundener Fehler an der Erkennungsschaltung **510** bestimmt, wenn die gemessene Einschaltzeit um einen bestimmten vordefinierten Wert kürzer als die vorbestimmte Einschalt-

zeit ist oder die gemessene Ausschaltzeit um einen bestimmten vordefinierten Wert kürzer als die vorbestimmte Ausschaltzeit ist. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die vorbestimmte Einschaltzeit einen früheren Wert der mit der Schaltschaltung **502** verbundenen Einschaltzeit, der zu einem früheren Zeitpunkt gemessen wurde. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die vorbestimmte Einschaltzeit eine mit der Schaltschaltung **502** verbundene Einschaltzeit, die zu einem Zeitpunkt gemessen wird, zu dem die beiden Source-Bonddrähte **502c** und **502d** ordnungsgemäß verbunden sind. Bei anderen Ausführungsformen kann die vorbestimmte Einschaltzeit jedoch anders als oben bestimmt werden und kann einen Vorgabewert umfassen. Ebenso umfasst bei einigen Ausführungsformen die vorbestimmte Ausschaltzeit einen früheren Wert der mit der Schaltschaltung **502** verbundenen Ausschaltzeit, der zu einem früheren Zeitpunkt gemessen wurde. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die vorbestimmte Ausschaltzeit eine mit der Schaltschaltung **502** verbundene Ausschaltzeit, die zu einem Zeitpunkt gemessen wird, zu dem die beiden Bonddrähte **502c** im **502d** ordnungsgemäß verbunden sind. Bei anderen Ausführungsformen kann die vorbestimmte Ausschaltzeit jedoch anders als oben bestimmt werden und kann einen Vorgabewert umfassen. Ferner ist die Erkennungsschaltung **510** bei einigen Ausführungsformen dazu konfiguriert, bei Erkennen eines Fehlers ein Fehleranzeigesignal (nicht gezeigt) zu erzeugen, das eine Anzeige eines bzw. einer mit den Source-Bonddrähten der Schaltschaltung **502** verbundenen möglichen Verlusts oder Beschädigung bereitstellt.

[0033] Fig. 6 veranschaulicht eine beispielhafte Implementierung eines Leistungselektroniksystems **600** gemäß einer anderen Ausführungsform der Offenbarung. Bei einigen Ausführungsformen umfasst das Leistungselektroniksystem **600** eine andere mögliche Weise der Implementierung des Leistungselektroniksystems **100** in Fig. 1. Das Leistungselektroniksystem **600** umfasst eine Schaltschaltung **602** und eine Treiberschaltung **604**, die zum Ansteuern der Schaltschaltung **602** konfiguriert ist. Bei dieser beispielhaften Ausführungsform enthält die Schaltschaltung **602** in der Darstellung einen ersten Leistungsschalter **602a** und einen zweiten Leistungsschalter **602b**, die parallel zueinander sind. Bei anderen Ausführungsformen kann die Schaltschaltung **602** jedoch mehr als zwei Leistungsschalter parallel umfassen. Die Schaltschaltung **602** umfasst einen gemeinsamen Gate-Anschluss **603** und getrennte Source-Anschlüsse **602e** und **602f**. Ferner umfasst die Schaltschaltung **602** Source-Bonddrähte **602c** und **602d**, die mit den Source-Anschlüssen **602e** bzw. **602f** gekoppelt sind.

[0034] Die Treiberschaltung **604** umfasst eine Gate-Treiberschaltung **606**, die mit dem gemeinsamen Gate-Anschluss **603** der Schaltschaltung **602** gekoppelt ist und zum Ansteuern der Schaltschaltung

602 konfiguriert ist. Ferner umfasst die Treiberschaltung eine Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **608**, die zum Erkennen eines mit mindestens einem mit der Schaltschaltung **602** verbundenen Source-Bonddraht (zum Beispiel **602c** oder **602d** oder beide) verbundenen Fehlers konfiguriert ist. Bei einigen Ausführungsformen sind sowohl die Gate-Treiberschaltung **606** als auch die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **608** als Teil einer gleichen Treiber-IC implementiert. Bei anderen Ausführungsformen können die Gate-Treiberschaltung **606** und die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **608** auf getrennten ICs implementiert sein. Die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **608** umfasst eine Gate-Ladungsschätzungsschaltung **612**, die dazu konfiguriert ist, einen Parameter zu bestimmen, der eine mit der Schaltschaltung **602** verbundene Gate-Ladung anzeigt, und eine Erkennungsschaltung **610**, die dazu konfiguriert ist, basierend auf dem bestimmten Parameter einen mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **602** verbundenen Fehler zu bestimmen.

[0035] Bei einigen Ausführungsformen umfasst die Gate-Ladungsschätzungsschaltung **612** eine Wechselstrom-Source-Schaltung (AC-Source-Schaltung) **612a**, die mit dem gemeinsamen Gate-Anschluss **603** der Schaltschaltung **602** gekoppelt ist und zur Ausgabe eines AC-Signals an den gemeinsamen Gate-Anschluss **603** konfiguriert ist. Bei einigen Ausführungsformen ist die Wechselstrom-Source-Schaltung (AC-Source-Schaltung) **612a** über die Gate-Treiberschaltung **606** mit dem gemeinsamen Gate-Anschluss **603** gekoppelt. Die Gate-Ladungsschätzungsschaltung **612** umfasst ferner eine Amplitudendetektorschaltung **612b**, die dazu konfiguriert ist, den gemeinsamen Gate-Anschluss **603** zu koppeln, und dazu konfiguriert ist, eine Amplitude des AC-Signals an dem gemeinsamen Gate-Anschluss **603** zu messen. Bei einigen Ausführungsformen zeigt die Amplitude des AC-Signals an dem gemeinsamen Gate-Anschluss **603** die Gate-Ladung der Schaltschaltung **602** an. Bei Verlust oder Beschädigung eines der Source-Bonddrähte, zum Beispiel des Source-Bonddrahts **602c** wird bei einigen Ausführungsformen zum Beispiel die Gate-Ladung der Schaltschaltung **602** reduziert. Bei einigen Ausführungsformen führt eine Reduzierung der Gate-Ladung der Schaltschaltung **602** zu einer Vergrößerung der Amplitude des AC-Signals im Vergleich zu einem früheren Wert des AC-Signals (zum Beispiel, wenn die beiden Bonddrähte **602c** und **602d** ordnungsgemäß verbunden sind). Deshalb stellt eine Messung der Amplitude des AC-Signals an dem gemeinsamen Gate-Anschluss **603** der Schaltschaltung **602** bei einigen Ausführungsformen eine Anzeige eines möglichen Verlusts oder einer möglichen Beschädigung mindestens eines Source-Bonddrahts der Schaltschaltung **602** bereit.

[0036] Die Erkennungsschaltung **610** ist dazu konfiguriert, nach dem Messen des AC-Signals an der Amplitudendetektorschaltung **612b** die gemessene AC-Signalamplitude mit einem vorbestimmten Schwellenwert, der eine vorbestimmte AC-Signalamplitude umfasst, zu vergleichen, um einen mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **602** verbundenen Fehler zu bestimmen. Bei einigen Ausführungsformen wird ein mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **602** verbundener Fehler an der Erkennungsschaltung **610** bestimmt, wenn sich die gemessene AC-Signalamplitude um einen bestimmten vordefinierten Wert von der vorbestimmten AC-Signalamplitude unterscheidet. Bei einigen Ausführungsformen wird zum Beispiel ein mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **602** verbundener Fehler an der Erkennungsschaltung **610** bestimmt, wenn die bestimmte AC-Signalamplitude um einen bestimmten vordefinierten Wert größer als die vorbestimmte AC-Signalamplitude ist. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die vorbestimmte AC-Signalamplitude einen früheren Wert der mit der Schaltschaltung **602** verbundenen AC-Signalamplitude, der zu einem früheren Zeitpunkt gemessen wurde. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die vorbestimmte AC-Signalamplitude eine mit der Schaltschaltung **602** verbundene AC-Signalamplitude, die zu einem Zeitpunkt gemessen wird, zu dem die beiden Source-Bonddrähte **602c** und **602d** ordnungsgemäß verbunden sind. Bei anderen Ausführungsformen kann die vorbestimmte AC-Signalamplitude jedoch anders als oben bestimmt werden und kann einen Vorgabewert umfassen. Ferner ist die Erkennungsschaltung **610** bei einigen Ausführungsformen dazu konfiguriert, bei Erkennen eines Fehlers ein Fehleranzeigesignal (nicht gezeigt) zu erzeugen, das eine Anzeige eines bzw. einer mit den Source-Bonddrähten der Schaltschaltung **602** verbundenen möglichen Verlusts oder Beschädigung bereitstellt.

[0037] Fig. 7a veranschaulicht eine beispielhafte Implementierung eines Leistungselektroniksystems **700** gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung. Bei einigen Ausführungsformen umfasst das Leistungselektroniksystem **700** eine andere mögliche Weise der Implementierung des Leistungselektroniksystems **100** in Fig. 1. Das Leistungselektroniksystem **700** umfasst eine Schaltschaltung **702** und eine Treiberschaltung **704**, die zum Ansteuern der Schaltschaltung **702** konfiguriert ist. Bei dieser beispielhaften Ausführungsform enthält die Schaltschaltung **702** in der Darstellung einen ersten Leistungsschalter **702a** und einen zweiten Leistungsschalter **702b**, die parallel zueinander sind. Bei anderen Ausführungsformen kann die Schaltschaltung **702** jedoch mehr als zwei parallele Leistungsschalter umfassen. Die Schaltschaltung **702** umfasst einen ersten Gate-Anschluss **703a** und einen zweiten Gate-Anschluss **703b**, die mit dem ersten Leistungsschalter **702a**

bzw. dem zweiten Leistungsschalter **702b** verbunden sind. Ferner umfasst die Schaltschaltung **702** getrennte Source-Anschlüsse **702e** und **702f** und Source-Bonddrähte **702c** und **702d**, die mit den Source-Anschlüssen **702e** bzw. **702f** gekoppelt sind.

[0038] Die Treiberschaltung **704** umfasst eine Gate-Treiberschaltung **706**, die mit dem ersten Gate-Anschluss **703a** und dem zweiten Gate-Anschluss **703b** der Schaltschaltung **702** gekoppelt ist und zum Ansteuern der Schaltschaltung **702** konfiguriert ist. Ferner umfasst die Treiberschaltung **704** eine Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **708**, die zum Erkennen eines mit mindestens einem mit der Schaltschaltung **702** verbundenen Source-Bonddraht (zum Beispiel **702c** oder **702d** oder beide) verbundenen Fehlers konfiguriert ist. Bei einigen Ausführungsformen sind sowohl die Gate-Treiberschaltung **706** als auch die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **708** als Teil einer gleichen Treiber-IC implementiert. Bei anderen Ausführungsformen können die Gate-Treiberschaltung **706** und die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **708** auf getrennten ICs implementiert sein. Die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **708** umfasst eine Gate-Spannungskomparatorschaltung **712**, die dazu konfiguriert ist, eine Spannungsdifferenz zwischen einer mit dem ersten Leistungsschalter **702a** verbundenen ersten Gate-Spannung und einer mit dem zweiten Leistungsschalter **702b** verbundenen zweiten Gate-Spannung während einer Einschaltphase oder einer Ausschaltphase der Schaltschaltung **702** zu messen. Bei einigen Ausführungsformen zeigt die gemessene Spannungsdifferenz die Gate-Ladung der Schaltschaltung **702** an.

[0039] Wenn zum Beispiel beide Source-Bonddrähte **702c** und **702d** ordnungsgemäß verbunden sind, erhöhen oder verringern sich die Gate-Spannungen der jeweiligen Leistungsschalter auf die gleiche Weise, da die gleiche Gate-Ladung an beiden Gates erforderlich ist. In solchen Fällen wird deshalb eine Spannungsdifferenz zwischen der ersten Gate-Spannung und der zweiten Gate-Spannung minimal sein. Bei Verlust oder Beschädigung eines Source-Bonddrahts, zum Beispiel des Source-Bonddrahts **702c**, wird das jeweilige Gate im Vergleich zu dem anderen Gate, das auf normale Weise aufgeladen oder entladen wird, viel schneller aufgeladen oder entladen. Deshalb wird in solch einem Fall eine Spannungsdifferenz zwischen der ersten Gate-Spannung und der zweiten Gate-Spannung erhöht. Bei Ausführungsformen, bei denen die Schaltschaltung **702** mehr als zwei parallele Leistungsschalter umfasst, kann die Gate-Spannungskomparatorschaltung **712** dazu konfiguriert sein, eine Spannungsdifferenz zwischen den Gate-Spannungen, die jeweils mit den verschiedenen Leistungsschaltern in der Schaltschaltung **702** verbunden sind, zu messen. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die Gate-Spannungskomparatorschaltung **712** eine mögliche Weise der Implemen-

tierung der oben unter Bezugnahme auf **Fig. 1** erläuterten Gate-Ladungsschätzungsschaltung **112**.

[0040] Bei einigen Ausführungsformen umfasst die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **708** ferner eine Erkennungsschaltung **710**, die dazu konfiguriert ist, basierend auf der gemessenen Spannungsdifferenz einen mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **702** verbundenen Fehler zu bestimmen. Bei einigen Ausführungsformen ist die Erkennungsschaltung **710** dazu konfiguriert, die gemessene Spannungsdifferenz mit einem vorbestimmten Schwellenwertbereich, der einen vordefinierten Spannungsdifferenzbereich umfasst, zu vergleichen, um einen mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **702** verbundenen Fehler zu bestimmen. Bei einigen Ausführungsformen wird ein mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung **702** verbundener Fehler an der Erkennungsschaltung **710** erkannt, wenn die gemessene Spannungsdifferenz nicht innerhalb des vordefinierten Spannungsdifferenzbereichs liegt. Ferner ist die Erkennungsschaltung **710** bei einigen Ausführungsformen dazu konfiguriert, bei Erkennen eines Fehlers ein Fehleranzeigesignal (nicht gezeigt) zu erzeugen, das eine Anzeige eines bzw. einer mit den Source-Bonddrähten der Schaltschaltung **702** verbundenen möglichen Verlusts oder Beschädigung bereitstellt. Bei einigen Ausführungsformen zeigt das Leistungselektroniksystem **750** in **Fig. 7b** eine mögliche Weise der Implementierung des Leistungselektroniksystems **700** in **Fig. 7a**. Das Leistungselektroniksystem **750** umfasst eine Schaltschaltung **752**, einen Delta-Gate-Spannungskomparator **758** und eine Gate-Treiberschaltung **756**. Bei einigen Ausführungsformen zeigt der Delta-Gate-Spannungskomparator **758** eine mögliche Weise der Implementierung der Bonddrahtfehlererkennungsschaltung **708** in **Fig. 7a**. Bei einigen Ausführungsformen bestimmt der Delta-Gate-Spannungskomparator **758**, ob eine Spannungsdifferenz zwischen zwei Gate-Spannungen innerhalb eines vordefinierten Bereichs liegt. Bei einigen Ausführungsformen zeigt die Gate-Treiberschaltung **756** in **Fig. 7b** eine mögliche Weise der Implementierung der Gate-Treiberschaltung **706** in **Fig. 7a**. Die Gate-Treiberschaltung **756** umfasst getrennte Ladungs-/Entladungsstrukturen zur Kopplung mit den mit der Schaltschaltung verbundenen getrennten Gates.

Fig. 8 veranschaulicht ein Flussdiagramm für ein Verfahren **800** zum Erkennen eines mit einem Source-Bonddraht einer Schaltschaltung verbundenen Fehlers gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung. Bei einigen Ausführungsformen umfasst die Schaltschaltung mehrere parallele Schalter, wobei jeder Schalter einen jeweiligen Source-Bonddraht umfasst. Das Verfahren **800** wird hier unter Bezugnahme auf das Leistungselektroniksystem **100** in **Fig. 1** erläutert. Das Verfahren ist jedoch gleichermaßen auch auf das Leistungselektroniksystem **400** in den **Fig. 4a**

und **Fig. 4b**, das Leistungselektroniksystem **500** in den **Fig. 5a** und **Fig. 5b**, das Leistungselektroniksystem **600** in **Fig. 6** und das Leistungselektroniksystem **700** in **Fig. 7a** und **Fig. 7b** anwendbar. Ferner kann das Verfahren **800** auf irgendein Leistungselektroniksystem angewandt werden, das eine Schaltschaltung aufweist, welcher mehrere parallele Leistungsschalter umfasst, um einen Verlust oder eine Beschädigung des mindestens einen mit der Schaltschaltung verbundenen Bonddrahts zu bestimmen. Bei **802** wird ein Parameter einer Schaltschaltung (zum Beispiel der Schaltschaltung **102** in **Fig. 1**), der eine Gate-Ladung der Schaltschaltung oder einen Parameter, der die mit der Schaltschaltung verbundene Gate-Ladung anzeigt, umfasst, an einer Gate-Ladungsschätzungsschaltung (zum Beispiel der Gate-Ladungsschätzungsschaltung **112** in **Fig. 1**) gemessen. Bei einigen Ausführungsformen stellt eine Messung der Gate-Ladung der Schaltschaltung oder des Parameters, der die Gate-Ladung der Schaltschaltung anzeigt, eine Anzeige einer möglichen Beschädigung bzw. eines möglichen Verlusts, die bzw. der mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbunden ist, bereit.

[0041] Bei einigen Ausführungsformen kann die Gate-Ladungsschätzungsschaltung eine Strommessschaltung, die dazu konfiguriert ist, eine Replika eines Gate-Stroms an einem gemeinsamen Gate-Anschluss der Schaltschaltung zu erzeugen, und eine Ladungsmessschaltung, die dazu konfiguriert ist, basierend auf einer Integration der erzeugten Replika des Gate-Stroms eine entsprechende Gate-Ladung zu bestimmen, wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 4** erläutert wurde, umfassen. Bei einigen Ausführungsformen kann die Gate-Ladungsschätzungsschaltung eine Zeitmessschaltung, die dazu konfiguriert ist, eine zum Einschalten der Schaltschaltung erforderliche Einschaltzeit oder eine zum Ausschalten der Schaltschaltung erforderliche Ausschaltzeit zu messen, umfassen, wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 5a** erläutert wurde. Bei einigen Ausführungsformen zeigt die Einschaltzeit oder die Ausschaltzeit der Schaltschaltung die Gate-Ladung der Schaltschaltung an. Bei einigen Ausführungsformen kann die Gate-Ladungsschätzungsschaltung eine Wechselstrom-Source-Schaltung (AC-Source-Schaltung), die mit einem gemeinsamen Gate-Anschluss der Schaltschaltung gekoppelt ist und dazu konfiguriert ist, ein AC-Signal an den gemeinsamen Gate-Anschluss auszugeben, und eine Amplitudendetektor-schaltung, die dazu konfiguriert ist, eine Amplitude des AC-Signals an dem gemeinsamen Gate-Anschluss zu messen, umfassen, wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 6** erläutert wurde. Bei einigen Ausführungsformen zeigt die Amplitude des AC-Signals die Gate-Ladung der Schaltschaltung an. Ferner kann die Gate-Ladungsschätzungsschaltung bei einigen Ausführungsformen eine Gate-Spannungskomparatorschaltung umfassen, die dazu konfiguriert

ist, eine Spannungsdifferenz zwischen einer mit einem ersten Leistungsschalter der mehreren Schalter verbundenen ersten Gate-Spannung und einer mit einem zweiten Leistungsschalter der mehreren Schalter verbundenen zweiten Gate-Spannung während einer Einschaltphase oder einer Ausschaltphase der Schaltschaltung zu messen, wie oben unter Bezugnahme auf **Fig. 7a** erläutert wurde. Bei einigen Ausführungsformen zeigt die gemessene Spannungsdifferenz die Gate-Ladung der Schaltschaltung an.

[0042] Bei **804** wird an einer Erkennungsschaltung (zum Beispiel der Erkennungsschaltung **110** in **Fig. 1**) basierend auf dem gemessenen Parameter der Schaltschaltung ein mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundener Fehler erkannt. Bei einigen Ausführungsformen wird der mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundene Fehler basierend auf einem Vergleich des gemessenen Parameters der Schaltschaltung mit einem vorbestimmten Messparameterschwellenwert an der Erkennungsschaltung erkannt. Bei einigen Ausführungsformen umfasst der vorbestimmte Messparameterschwellenwert einen früheren Wert des gemessenen Parameters der Schaltschaltung, der zu einem früheren Zeitpunkt gemessen wurde. Alternativ wird der mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundene Fehler bei anderen Ausführungsformen basierend auf einem Vergleich des gemessenen Parameters der Schaltschaltung mit einem vordefinierten Schwellenwertbereich an der Erkennungsschaltung erkannt. Bei **806** wird an der Erkennungsschaltung bei Erkennen eines mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundenen Fehlers ein Fehleranzeigesignal erzeugt. Bei einigen Ausführungsformen stellt das Fehleranzeigesignal eine Anzeige eines möglichen Verlusts oder einer möglichen Beschädigung, der bzw. die mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung in Verbindung steht, bereit.

[0043] Obgleich die Verfahren vorstehend als eine Reihe von Handlungen oder Ereignissen dargestellt und beschrieben werden, versteht sich, dass die veranschaulichte Reihenfolge solcher Handlungen oder Ereignisse nicht in einem einschränkenden Sinne zu interpretieren ist. Beispielsweise können manche Handlungen in anderen Reihenfolgen und/oder gleichzeitig mit anderen Handlungen oder Ereignissen neben den hierin veranschaulichten und/oder beschriebenen erfolgen. Darüber hinaus ist es nicht erforderlich, dass hier alle veranschaulichten Handlungen einen oder mehrere Aspekte oder Ausführungsformen der Offenbarung implementieren. Ferner können eine oder mehrere der hier gezeigten Handlungen in einer oder mehreren getrennten Handlungen und/oder Phasen durchgeführt werden.

[0044] Obgleich die Einrichtung unter Bezugnahme auf eine oder mehrere Implementierungen veranschaulicht und beschrieben wurde, können an den veranschaulichten Beispielen Abänderungen und/oder Modifikationen durchgeführt werden, ohne von dem Wesen und Schutzzumfang der angehängten Ansprüche abzuweichen. Unter besonderer Berücksichtigung der durch die oben beschriebenen Komponenten oder Strukturen (Anordnungen, Vorrichtungen, Schaltungen, Systeme usw.) durchgeführten verschiedenen Funktionen sollen die zur Beschreibung solcher Komponenten verwendeten Begriffe (einschließlich eines Verweises auf ein „Mittel“), wenn nicht anders angegeben, jeglicher Komponente oder Struktur entsprechen, die die spezielle Funktion der beschriebenen Komponente durchführt (das heißt, die funktional äquivalent ist), selbst wenn sie mit der offenbarten Struktur, die die Funktion in den hier veranschaulichten beispielhaften Implementierungen der Erfindung durchführt, strukturell nicht äquivalent ist.

[0045] Beispiele können einen Gegenstand, wie ein Verfahren, ein Mittel zum Durchführen von Handlungen oder Blöcken des Verfahrens, mindestens ein maschinenlesbares Medium, einschließlich Anweisungen, die bei Ausführung durch eine Maschine die Maschine dazu veranlassen, Handlungen des Verfahrens oder einer Einrichtung oder eines Systems zur gleichzeitigen Kommunikation unter Verwendung von mehreren Kommunikationstechnologien gemäß hierin beschriebenen Ausführungsformen und Beispielen durchzuführen, einschließen.

[0046] Beispiel 1 ist eine Treiberschaltung, umfassend eine Gate-Treiberschaltung, die dazu konfiguriert ist, eine Schaltschaltung, der mehrere parallele Schalter umfasst, anzusteuern, wobei jeder Schalter einen jeweiligen Bonddraht umfasst; und eine Bonddrahtfehlererkennungsschaltung, die eine Gate-Ladungsschätzungsschaltung, die dazu konfiguriert ist, einen Parameter der Schaltschaltung zu messen, der eine Gate-Ladung der Schaltschaltung oder einen Parameter, der die mit der Schaltschaltung verbundene Gate-Ladung anzeigt, umfasst; und eine Erkennungsschaltung, die dazu konfiguriert ist, einen mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundenen Fehler basierend auf dem gemessenen Parameter der Schaltschaltung zu erkennen.

[0047] Beispiel 2 ist eine Treiberschaltung, die den Gegenstand von Beispiel 1 enthält, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung dazu konfiguriert ist, den Parameter der Schaltschaltung bei mehreren mit der Schaltschaltung verbundenen Schaltereignissen zu messen.

[0048] Beispiel 3 ist eine Treiberschaltung, die den Gegenstand der Beispiele 1-2 enthält, unter Ein-

schluss oder Auslassung von Elementen, wobei die Erkennungsschaltung dazu konfiguriert ist, den Fehler basierend auf einem Vergleich des gemessenen Parameters der Schaltschaltung mit einem vorbestimmten gemessenen Parameterschwellenwert zu erkennen.

[0049] Beispiel 4 ist eine Treiberschaltung, die den Gegenstand der Beispiele 1-3 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei der vorbestimmte gemessene Parameterschwellenwert einen früheren Wert des gemessenen Parameters der Schaltschaltung, der zu einem früheren Zeitpunkt gemessen wurde, umfasst.

[0050] Beispiel 5 ist eine Treiberschaltung, die den Gegenstand der Beispiele 1-4 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung eine Strommessschaltung, die dazu konfiguriert ist, eine Replika eines Gate-Stroms an einem gemeinsamen Gate-Anschluss der Schaltschaltung zu erzeugen, und eine Ladungsmessschaltung, die dazu konfiguriert ist, eine entsprechende Gate-Ladung basierend auf einer Integration der erzeugten Replika des Gate-Stroms zu bestimmen, umfasst.

[0051] Beispiel 6 ist eine Treiberschaltung, die den Gegenstand der Beispiele 1-5 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung eine Zeitmessschaltung umfasst, die dazu konfiguriert ist, eine zum Einschalten der Schaltschaltung erforderliche Einschaltzeit oder eine zum Ausschalten der Schaltschaltung erforderliche Ausschaltzeit zu messen, wobei die Einschaltzeit und die Ausschaltzeit die Gate-Ladung der Schaltschaltung anzeigen.

[0052] Beispiel 7 ist eine Treiberschaltung, die den Gegenstand der Beispiele 1-6 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei die Zeitmessschaltung einen Zähler umfasst, der dazu konfiguriert ist, Zählen zu einem Startzeitpunkt der Gate-Treiberschaltung zu beginnen und Zählen anzuhalten, wenn die Schaltschaltung eingeschaltet wird, wodurch die Einschaltzeit der Schaltschaltung gemessen wird.

[0053] Beispiel 8 ist eine Treiberschaltung, die den Gegenstand der Beispiele 1-7 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung eine Wechselstrom-Source-Schaltung (AC-Source-Schaltung), die mit einem gemeinsamen Gate-Anschluss der Schaltschaltung gekoppelt ist und dazu konfiguriert ist, ein AC-Signal an den gemeinsamen Gate-Anschluss auszugeben; und eine Amplitudendetektor-schaltung, die dazu konfiguriert ist, eine Amplitude des AC-Signals an dem gemeinsamen Gate-Anschluss zu messen, umfasst, wobei die Amplitude

des AC-Signals die Gate-Ladung der Schaltschaltung anzeigt.

[0054] Beispiel 9 ist eine Treiberschaltung, die den Gegenstand der Beispiele 1-8 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung eine Gate-Spannungskomparatorschaltung umfasst, die dazu konfiguriert ist, eine Spannungsdifferenz zwischen einer mit einem ersten Schalter der mehreren Schalter verbundenen ersten Gate-Spannung und einer mit einem zweiten Schalter der mehreren Schalter verbundenen zweiten Gate-Spannung während einer Einschaltphase oder einer Ausschaltphase der Schaltschaltung zu messen, wobei die gemessene Spannungsdifferenz die Gate-Ladung der Schaltschaltung anzeigt.

[0055] Beispiel 10 ist eine Treiberschaltung, die den Gegenstand der Beispiele 1-9 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei die Erkennungsschaltung dazu konfiguriert ist, den Fehler basierend auf einem Vergleich der gemessenen Spannungsdifferenz mit einem vordefinierten Spannungsdifferenzbereich zu erkennen.

[0056] Beispiel 11 ist ein Verfahren zum Erkennen eines mit einem Source-Bonddraht in einer Schaltschaltung, der mehrere parallele Schalter umfasst, wobei jeder Schalter einen jeweiligen Source-Bonddraht umfasst, verbundenen Fehlers, wobei das Verfahren Messen eines Parameters der Schaltschaltung, der eine Gate-Ladung der Schaltschaltung oder einen Parameter, der die mit der Schaltschaltung verbundene Gate-Ladung anzeigt, umfasst; und Erkennen eines mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundenen Fehlers basierend auf dem gemessenen Parameter der Schaltschaltung umfasst.

[0057] Beispiel 12 ist ein Verfahren, das den Gegenstand von Beispiel 11 umfasst, ferner umfassend Wiederholen der Messung des Parameters der Schaltschaltung bei mehreren mit der Schaltschaltung verbundenen Schaltereignissen.

[0058] Beispiel 13 ist ein Verfahren, das den Gegenstand der Beispiele 11-12 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei das Erkennen des mit dem mindestens einen Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundenen Fehlers Vergleichen des gemessenen Parameters der Schaltschaltung mit einem vorbestimmten gemessenen Parameterschwellenwert umfasst.

[0059] Beispiel 14 ist ein Verfahren, das den Gegenstand der Beispiele 11-13 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei der vorbestimmte gemessene Parameterschwellenwert einen früheren Wert des gemessenen Parameters der

Schaltschaltung, der zu einem früheren Zeitpunkt gemessen wurde, umfasst.

[0060] Beispiel 15 ist ein Verfahren, das den Gegenstand der Beispiele 11-14 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei das Detektieren des mit dem mindestens einen Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundenen Fehlers Vergleichen des gemessenen Parameters der Schaltschaltung mit einem vorbestimmten Schwellenwertbereich umfasst.

[0061] Beispiel 16 ist eine Bonddrahtfehlererkennungsschaltung, die eine Gate-Ladungsschätzungsschaltung, welche dazu konfiguriert ist, einen Parameter einer mehrere parallele Schalter umfassenden Schaltschaltung zu messen, wobei jeder Schalter einen jeweiligen Source-Bonddraht umfasst, wobei der Parameter der Schaltschaltung eine Gate-Ladung der Schaltschaltung oder einen Parameter, der die mit der Schaltschaltung verbundene Gate-Ladung anzeigt, umfasst; und eine Erkennungsschaltung, die dazu konfiguriert ist, einen mit mindestens einem mit der Schaltschaltung verbundenen Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundenen Fehler basierend auf dem gemessenen Parameter der Schaltschaltung zu erkennen, umfasst.

[0062] Beispiel 17 ist eine Schaltung, die den Gegenstand von Beispiel 16 enthält, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung dazu konfiguriert ist, den Parameter der Schaltschaltung bei mehreren mit der Schaltschaltung verbundenen Schaltereignissen zu messen.

[0063] Beispiel 18 ist eine Schaltung, die den Gegenstand der Beispiele 16-17 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei die Erkennungsschaltung dazu konfiguriert ist, den Fehler basierend auf einem Vergleich des gemessenen Parameters der Schaltschaltung mit einem vorbestimmten gemessenen Parameterschwellenwert zu erkennen.

[0064] Beispiel 19 ist eine Schaltung, die den Gegenstand der Beispiele 16-18 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei der vorbestimmte gemessene Parameterschwellenwert einen früheren Wert des gemessenen Parameters der Schaltschaltung, der zu einem früheren Zeitpunkt gemessen wurde, umfasst.

[0065] Beispiel 20 ist eine Schaltung, die den Gegenstand der Beispiele 16-19 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung eine Strommessschaltung, die dazu konfiguriert ist, einen Gate-Strom an einem gemeinsamen Gate-Anschluss der Schaltschaltung zu messen, und eine Ladungsmessschaltung, die dazu konfiguriert ist, eine entsprechen-

de Gate-Ladung basierend auf einer Integration des gemessenen Gate-Stroms zu bestimmen, umfasst.

[0066] Beispiel 21 ist eine Schaltung, die den Gegenstand der Beispiele 16-20 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung eine Zeitmessschaltung umfasst, die dazu konfiguriert ist, eine zum Einschalten der Schaltschaltung erforderliche Einschaltzeit oder eine zum Ausschalten der Schaltschaltung erforderliche Ausschaltzeit zu messen, wobei die Einschaltzeit und die Ausschaltzeit die Gate-Ladung der Schaltschaltung anzeigen.

[0067] Beispiel 22 ist eine Schaltung, die den Gegenstand der Beispiele 16-21 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung eine Wechselstrom-Source-Schaltung (AC-Source-Schaltung), die mit einem gemeinsamen Gate-Anschluss der Schaltschaltung gekoppelt ist und dazu konfiguriert ist, ein AC-Signal an den gemeinsamen Gate-Anschluss auszugeben; und eine Amplitudendetektor-schaltung, die dazu konfiguriert ist, eine Amplitude des AC-Signals an dem gemeinsamen Gate-Anschluss zu messen, umfasst, wobei die Amplitude des AC-Signals die Gate-Ladung der Schaltschaltung anzeigt.

[0068] Beispiel 23 ist eine Schaltung, die den Gegenstand der Beispiele 16-22 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung eine Gate-Spannungskomparatorschaltung umfasst, die dazu konfiguriert ist, eine Spannungsdifferenz zwischen einer mit einem ersten Schalter der mehreren Schalter verbundenen ersten Gate-Spannung und einer mit einem zweiten Schalter der mehreren Schalter verbundenen zweiten Gate-Spannung während einer Einschaltphase oder einer Ausschaltphase der Schaltschaltung zu messen, wobei die gemessene Spannungsdifferenz die Gate-Ladung der Schaltschaltung anzeigt.

[0069] Beispiel 24 ist eine Schaltung, die den Gegenstand der Beispiele 16-23 enthält, unter Einschluss oder Auslassung von Elementen, wobei die Erkennungsschaltung dazu konfiguriert ist, den Fehler basierend auf einem Vergleich der gemessenen Spannungsdifferenz mit einem vordefinierten Spannungsdifferenzbereich zu erkennen.

[0070] Verschiedene veranschaulichende Logiken, Logikblöcke, Module und Schaltschaltungen, die in Verbindung mit hier offenbarten Aspekten beschrieben werden, können mit einem Mehrzweckprozessor, einem digitalen Signalprozessor (DSP), einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltschaltung (ASIC), einem feldprogrammierbaren Gate-Array (FPGA) oder einer anderen programmierbaren

Logikvorrichtung, einer diskreten Gate- oder Transistorlogik, diskreten Hardwarekomponenten oder einer beliebigen Kombination daraus, die zum Durchführen hier beschriebener Funktionen konzipiert ist, implementiert oder durchgeführt werden. Ein Mehrzweckprozessor kann ein Mikroprozessor sein, aber alternativ dazu kann ein Prozessor ein(e) beliebige(r) herkömmliche(r) Prozessor, Steuerung, Mikrosteuerung oder Zustandsmaschine sein.

[0071] Die obige Beschreibung veranschaulicht Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung einschließlich dem in der Zusammenfassung beschriebenen soll nicht erschöpfend sein oder die offenbarten Ausführungsformen auf die offenbarten genauen Formen beschränken. Obgleich spezielle Ausführungsformen und Beispiele hier zu veranschaulichenden Zwecken beschrieben werden, sind verschiedene Modifikationen möglich, die als innerhalb des Schutzzumfangs solcher Ausführungsformen und Beispiele betrachtet werden, wie Fachleute auf dem relevanten Gebiet erkennen können.

[0072] Obgleich der offenbarte Gegenstand in Verbindung mit verschiedenen Ausführungsformen und entsprechenden Figuren beschrieben worden ist, versteht sich in dieser Hinsicht, wo zutreffend, dass andere ähnliche Ausführungsformen verwendet werden können oder Modifikationen und Hinzufügungen zu den beschriebenen Ausführungsformen zur Durchführung derselben, einer ähnlichen, einer anderen oder einer ersetzenden Funktion des beschriebenen Gegenstands vorgenommen werden können, ohne davon abzuweichen. Deshalb sollte der offenbarte Gegenstand nicht auf irgendeine einzige hierin beschriebene Ausführungsformen beschränkt werden, sondern sollte stattdessen hinsichtlich Breite und Schutzzumfang gemäß den nachfolgenden angehängten Ansprüchen ausgelegt werden.

[0073] Unter besonderer Bezugnahme auf die verschiedenen Funktionen, die durch die oben beschriebenen Komponenten (Anordnungen, Vorrichtungen, Schaltungen, Systeme usw.) durchgeführt werden, sollen die Begriffe (einschließlich eines Verweises auf ein „Mittel“), die dazu verwendet werden, solche Komponenten zu beschreiben, wenn nicht anders angegeben, jeglicher Komponente oder Struktur entsprechen, die die spezielle Funktion der beschriebenen Komponente durchführt (das heißt, die funktional äquivalent ist), selbst wenn sie mit der offenbarten Struktur, die die Funktion in den hier veranschaulichten beispielhaften Implementierungen der Erfindung durchführt, strukturell nicht äquivalent ist. Obgleich möglicherweise ein bestimmtes Merkmal bezüglich nur einer mehrerer Implementierungen offenbart wurde, kann darüber hinaus solch ein Merkmal mit einem oder mehreren anderen Merkmalen der anderen Implementierungen kombiniert werden, wie für irgendei-

ne gegebene oder bestimmte Anwendung erwünscht oder von Vorteil ist.

Patentansprüche

1. Bonddrahtfehlererkennungsschaltung, umfassend:

eine Gate-Ladungsschätzungsschaltung, die dazu konfiguriert ist, einen Parameter einer mehrere parallele Schalter umfassenden Schaltschaltung zu messen, wobei jeder Schalter einen jeweiligen Source-Bonddraht umfasst, wobei der Parameter der Schaltschaltung eine Gate-Ladung der Schaltschaltung oder einen Parameter, der die mit der Schaltschaltung verbundene Gate-Ladung anzeigt, umfasst; und eine Erkennungsschaltung, die dazu konfiguriert ist, einen mit mindestens einem mit der Schaltschaltung verbundenen Source-Bonddraht verbundenen Fehler basierend auf dem gemessenen Parameter der Schaltschaltung zu erkennen.

2. Schaltung nach Anspruch 1, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung dazu konfiguriert ist, den Parameter der Schaltschaltung bei mehreren mit der Schaltschaltung verbundenen Schalterereignissen zu messen.

3. Schaltschaltung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Erkennungsschaltung dazu konfiguriert ist, den Fehler basierend auf einem Vergleich des gemessenen Parameters der Schaltschaltung mit einem vorbestimmten gemessenen Parameterschwellenwert zu erkennen.

4. Schaltung nach Anspruch 3, wobei der vorbestimmte gemessene Parameterschwellenwert einen früheren Wert des gemessenen Parameters der Schaltschaltung, der zu einem früheren Zeitpunkt gemessen wurde, umfasst.

5. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung Folgendes umfasst:

eine Strommessschaltung, die dazu konfiguriert ist, einen Gate-Strom an einem gemeinsamen Gate-Anschluss der Schaltschaltung zu messen, und eine Ladungsmessschaltung, die dazu konfiguriert ist, eine entsprechende Gate-Ladung basierend auf einer Integration des gemessenen Gate-Stroms zu bestimmen.

6. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung eine Zeitmessschaltung umfasst, die dazu konfiguriert ist, eine zum Einschalten der Schaltschaltung erforderliche Einschaltzeit oder eine zum Ausschalten der Schaltschaltung erforderliche Ausschaltzeit zu messen, wobei die Einschaltzeit und die Ausschaltzeit die Gate-Ladung der Schaltschaltung anzeigen.

7. Schaltung nach Anspruch 6, wobei die Zeitmessschaltung einen Zähler umfasst, der dazu konfiguriert ist, Zählen zu einem Startzeitpunkt der Gate-Treiberschaltung zu beginnen und Zählen anzuhalten, wenn die Schaltschaltung eingeschaltet wird, wodurch die Einschaltzeit der Schaltschaltung gemessen wird.

8. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung Folgendes umfasst:

eine Wechselstrom-Source-Schaltung, die mit einem gemeinsamen Gate-Anschluss der Schaltschaltung gekoppelt ist und dazu konfiguriert ist, ein Wechselstromsignal an den gemeinsamen Gate-Anschluss auszugeben; und

eine Amplitudendetektorschaltung, die dazu konfiguriert ist, eine Amplitude des AC-Signals an dem gemeinsamen Gate-Anschluss zu messen, wobei die Amplitude des AC-Signals die Gate-Ladung der Schaltschaltung anzeigt.

9. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Gate-Ladungsschätzungsschaltung eine Gate-Spannungskomparatorschaltung umfasst, die dazu konfiguriert ist, eine Spannungsdifferenz zwischen einer mit einem ersten Schalter der mehreren Schalter verbundenen ersten Gate-Spannung und einer mit einem zweiten Schalter der mehreren Schalter verbundenen zweiten Gate-Spannung während einer Einschaltphase oder einer Ausschaltphase der Schaltschaltung zu messen, wobei die gemessene Spannungsdifferenz die Gate-Ladung der Schaltschaltung anzeigt.

10. Schaltung nach Anspruch 9, wobei die Erkennungsschaltung dazu konfiguriert ist, den Fehler basierend auf einem Vergleich der gemessenen Spannungsdifferenz mit einem vordefinierten Spannungsdifferenzbereich zu erkennen.

11. Treiberschaltung, umfassend:

die Bonddrahtfehlererkennungsschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 10; und

eine Gate-Treiberschaltung, die dazu konfiguriert ist, die die mehreren parallelen Schalter umfassende Schaltschaltung anzusteuern.

12. Verfahren zum Erkennen eines mit einem Source-Bonddraht in einer Schaltschaltung, der mehrere parallele Schalter umfasst, wobei jeder Schalter einen jeweiligen Source-Bonddraht umfasst, verbundenen Fehlers, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Messen eines Parameters der Schaltschaltung, der eine Gate-Ladung der Schaltschaltung oder einen Parameter, der die mit der Schaltschaltung verbundene Gate-Ladung anzeigt, umfasst; und

Erkennen eines mit mindestens einem Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundenen Fehlers ba-

sierend auf dem gemessenen Parameter der Schaltschaltung.

13. Verfahren nach Anspruch 12, ferner umfassend Wiederholen der Messung des Parameters der Schaltschaltung bei mehreren mit der Schaltschaltung verbundenen Schaltereignissen.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, wobei das Erkennen des mit dem mindestens einen Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundenen Fehlers Vergleichen des gemessenen Parameters der Schaltschaltung mit einem vorbestimmten gemessenen Parameterschwellenwert umfasst.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der vorbestimmte gemessene Parameterschwellenwert einen früheren Wert des gemessenen Parameters der Schaltschaltung, der zu einem früheren Zeitpunkt gemessen wurde, umfasst.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, wobei das Detektieren des mit dem mindestens einen Source-Bonddraht der Schaltschaltung verbundenen Fehlers Vergleichen des gemessenen Parameters der Schaltschaltung mit einem vorbestimmten Schwellenwertbereich umfasst.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

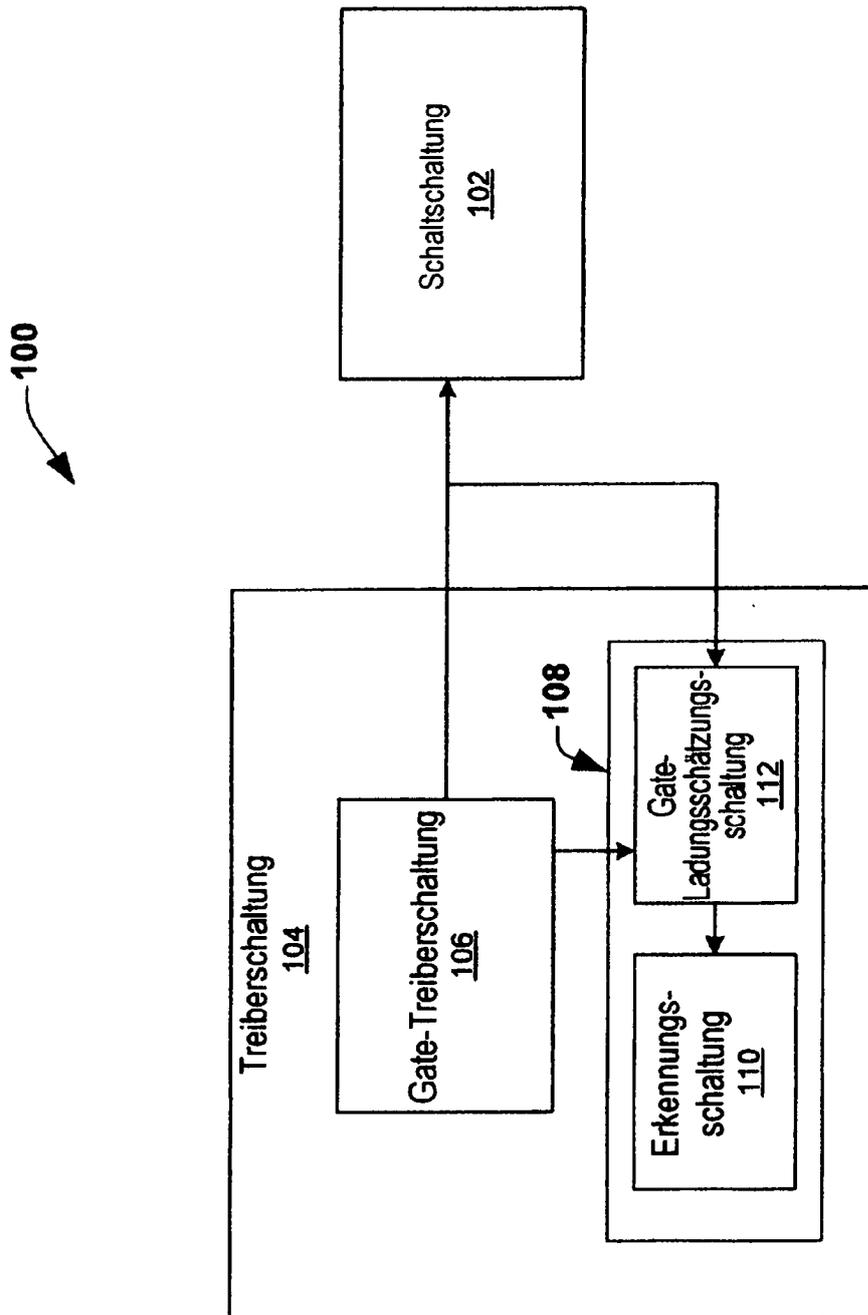


FIG. 1

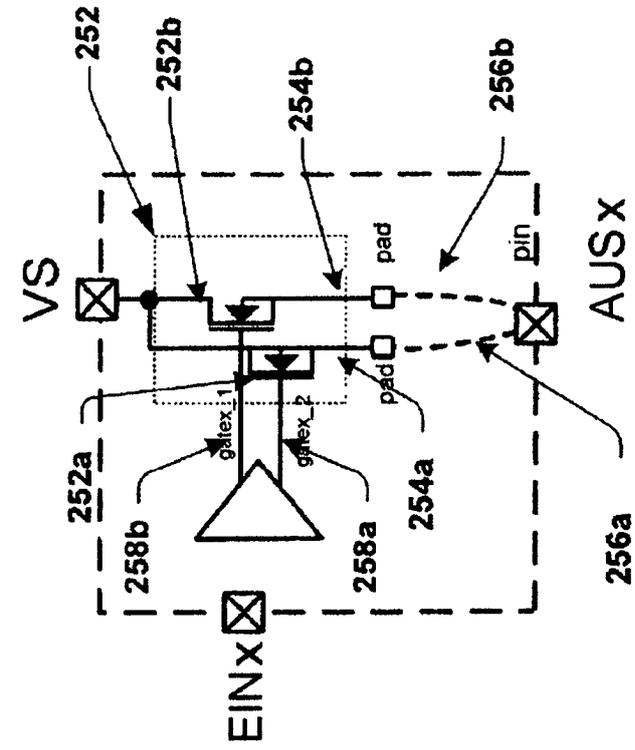


FIG. 2b

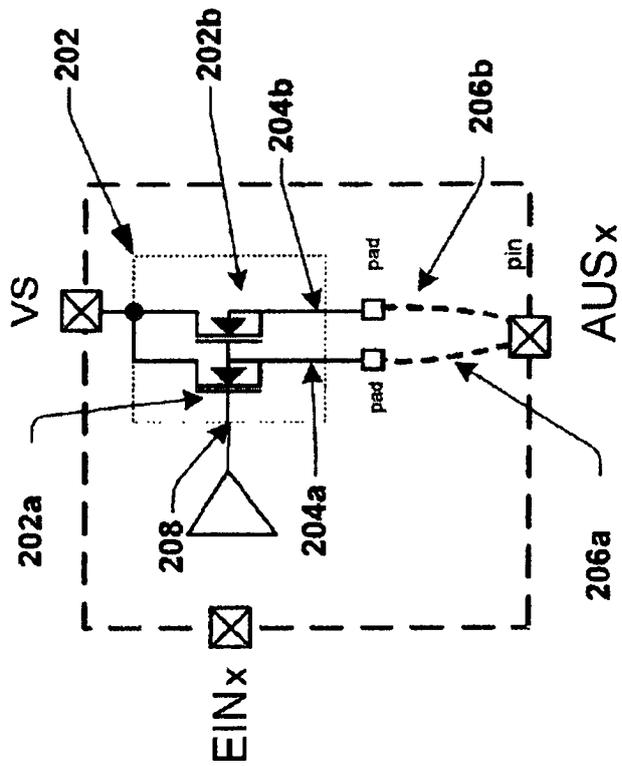


FIG. 2a

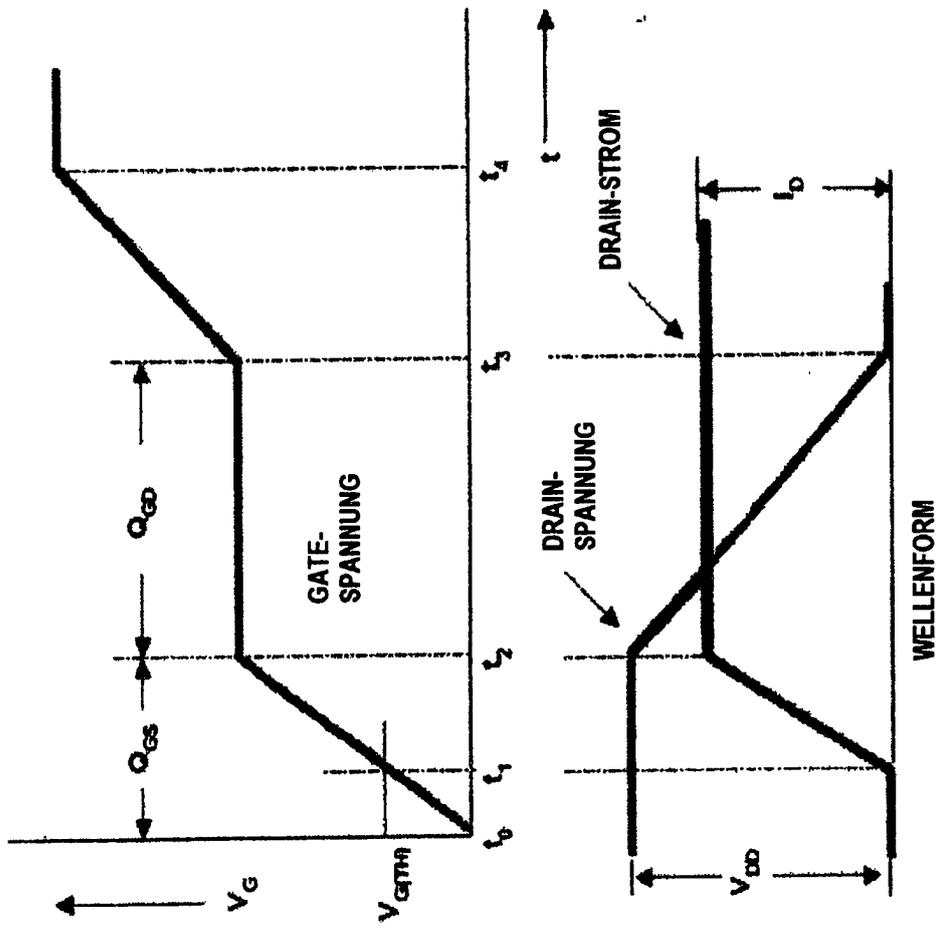


FIG. 3a

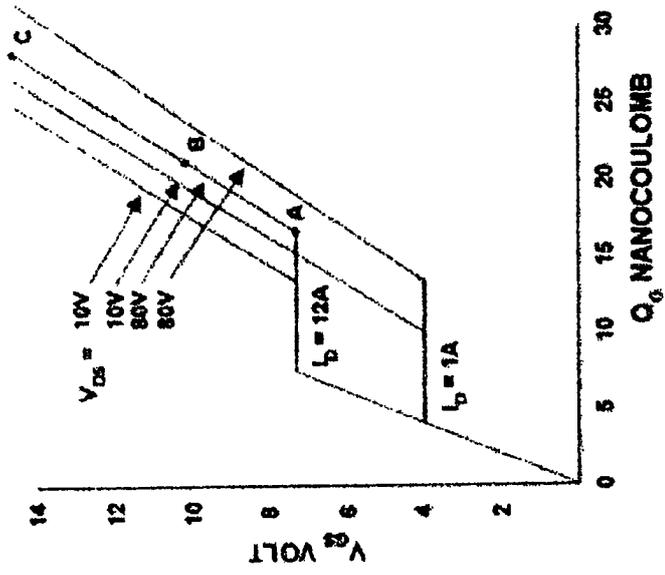


FIG. 3b

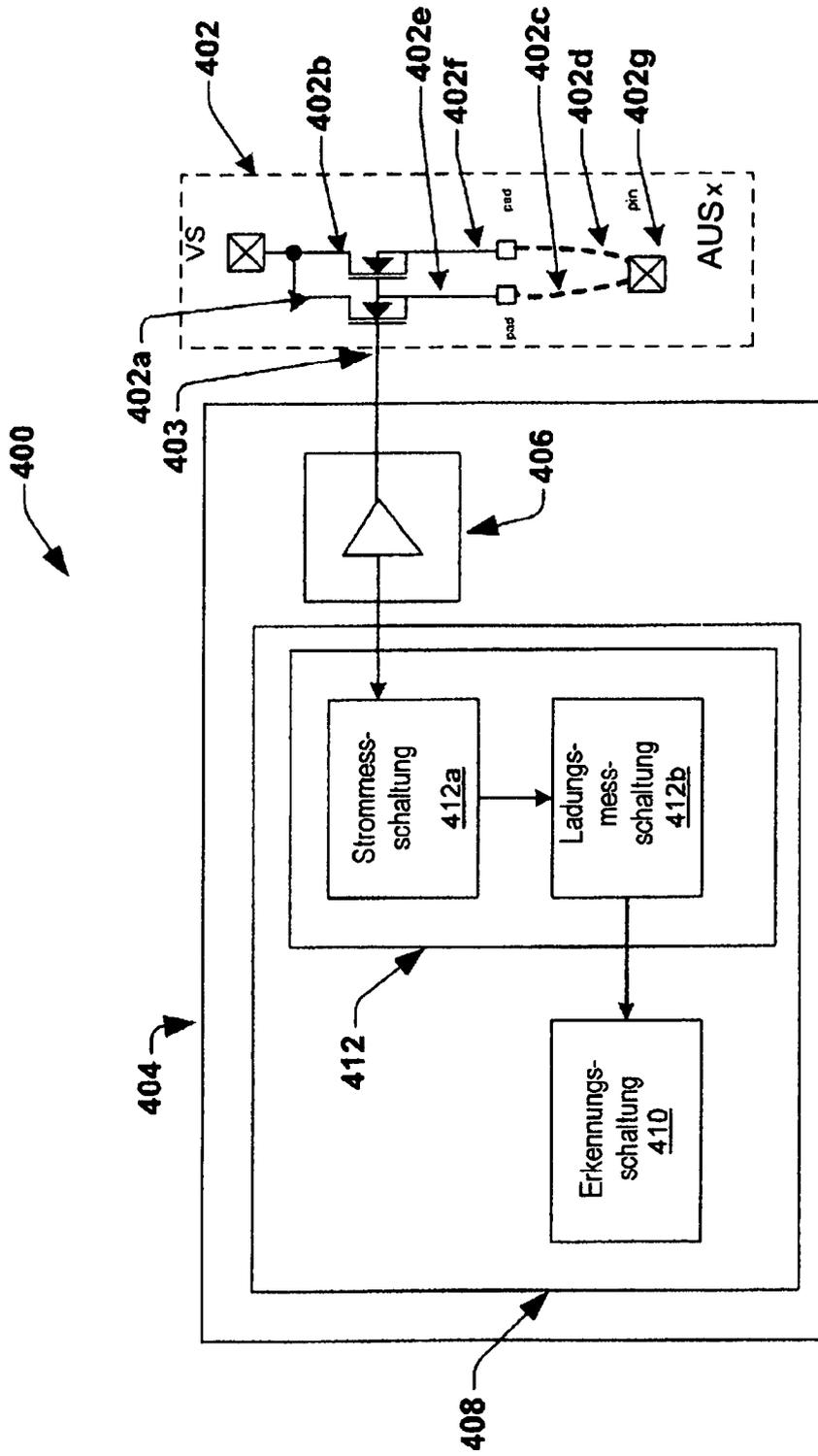


FIG. 4a

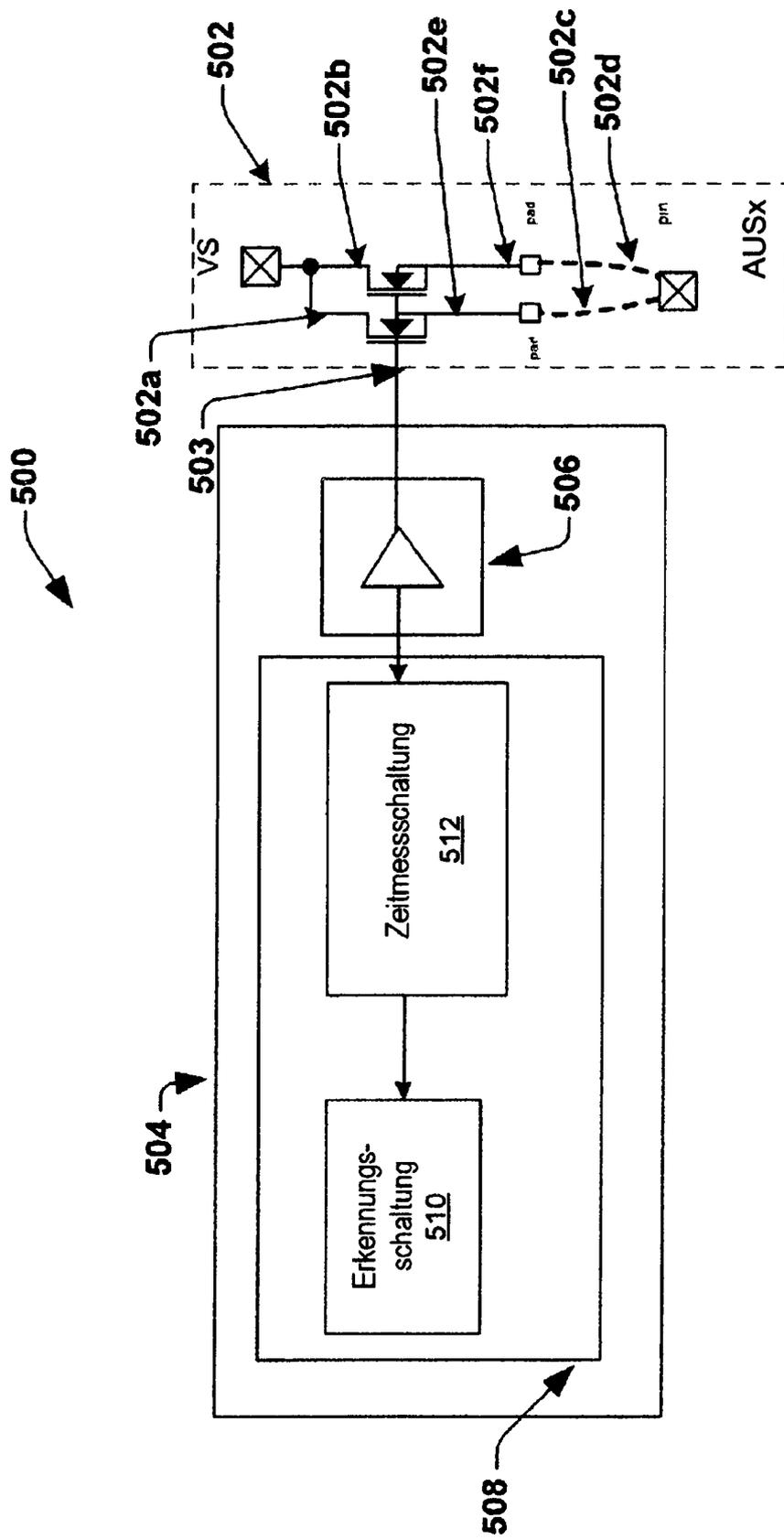


FIG. 5a

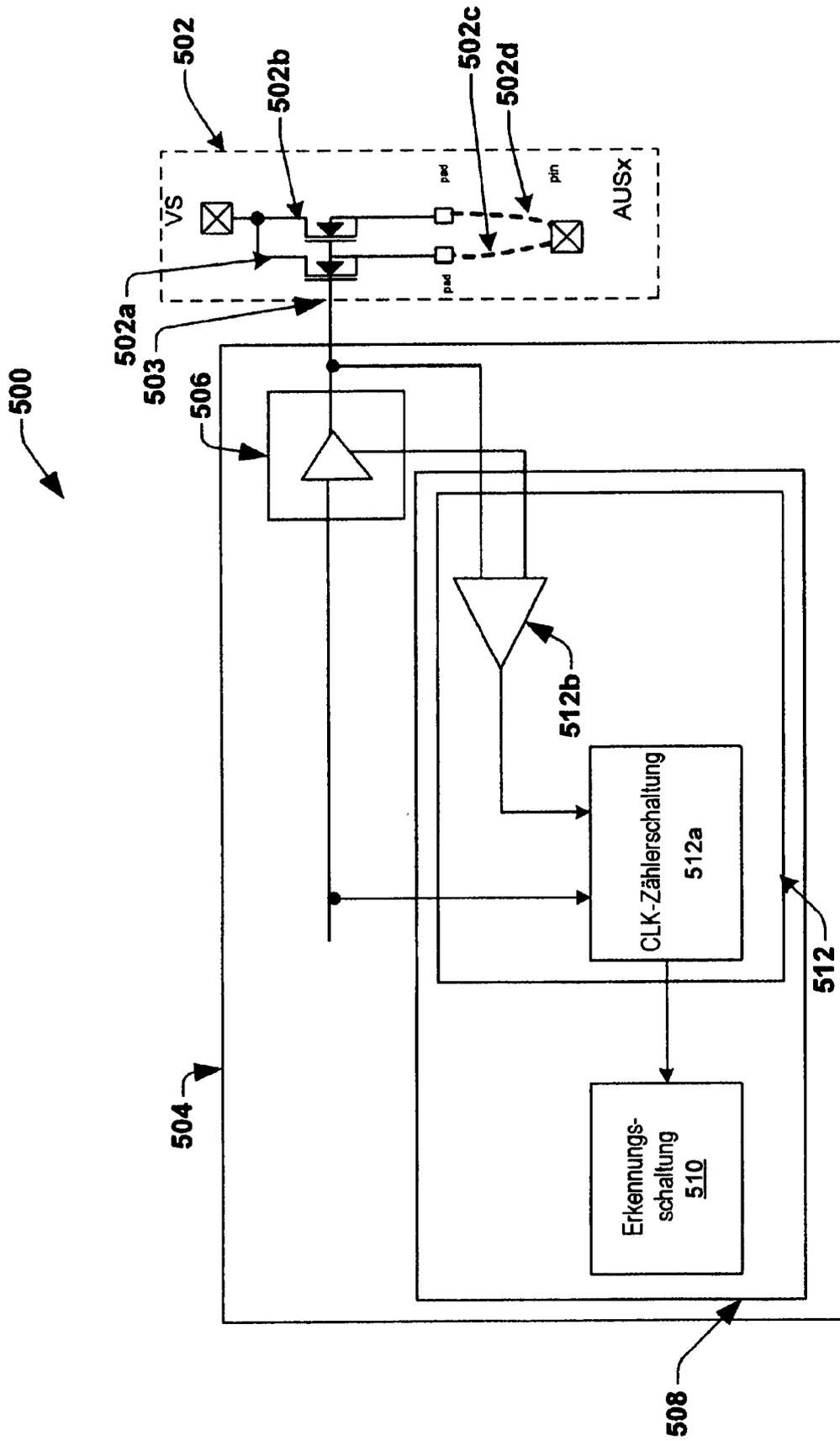


FIG. 5b

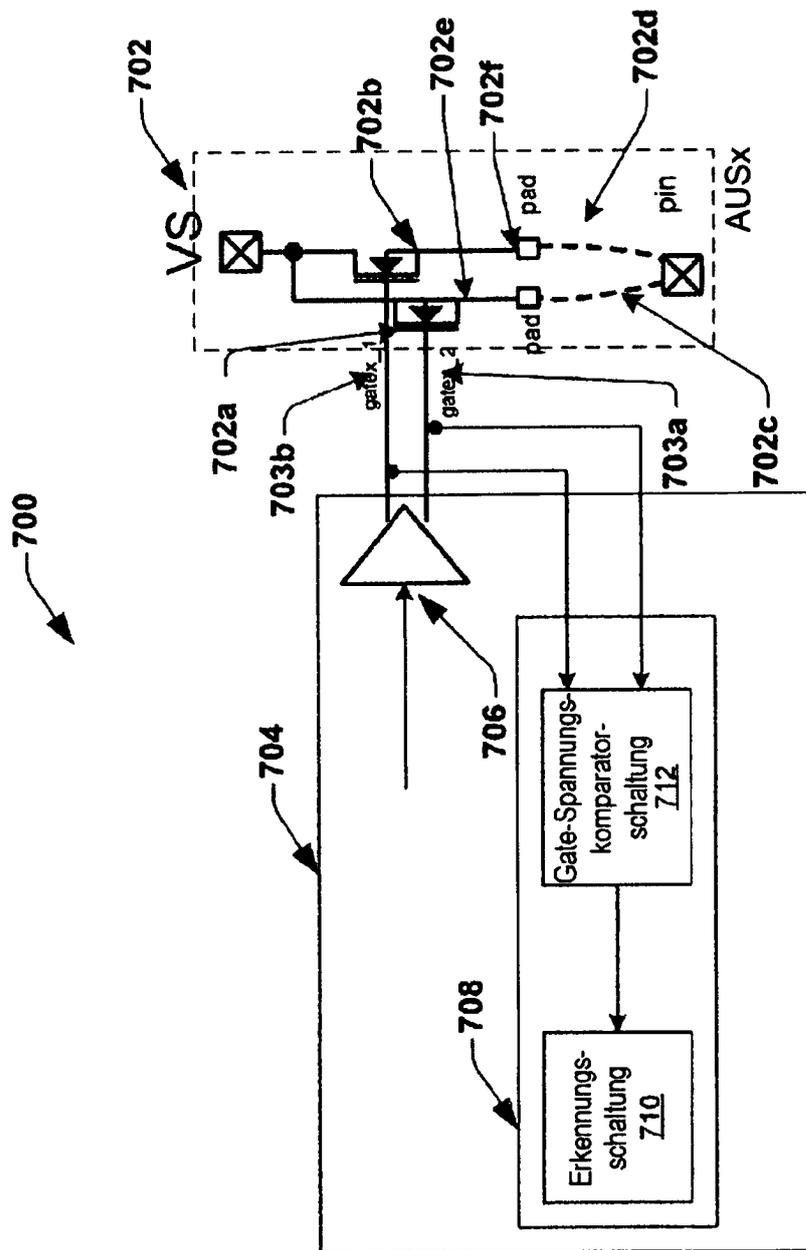


FIG. 7a

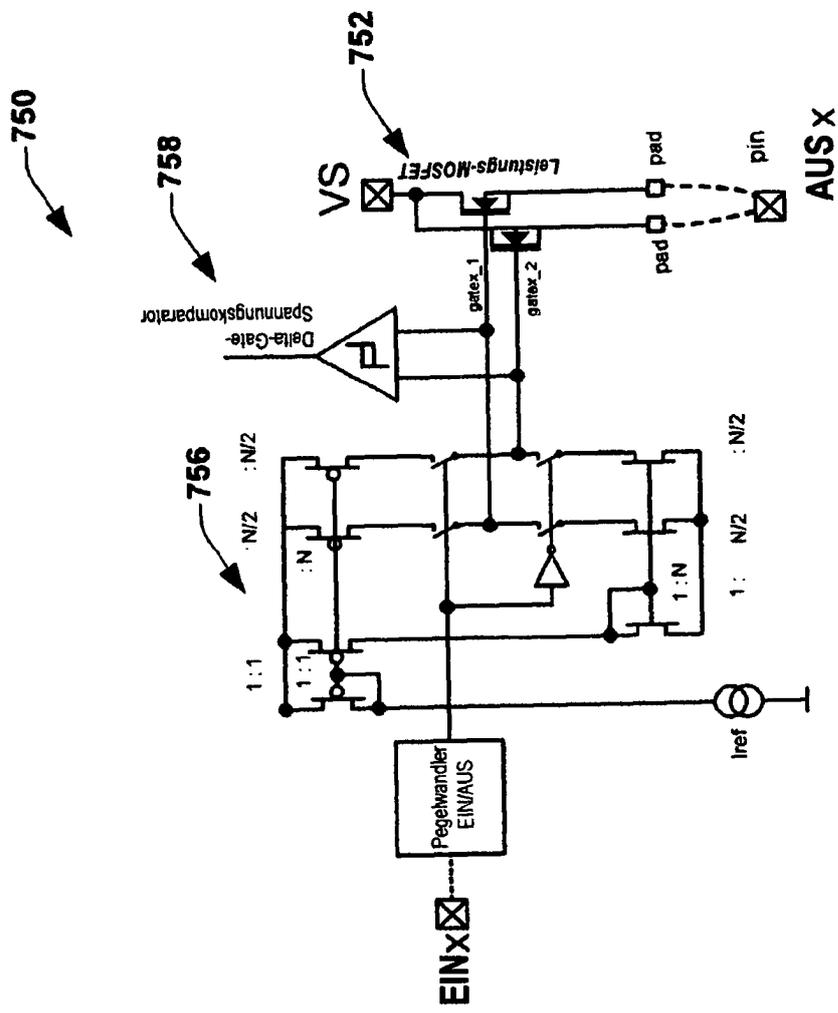


FIG. 7b

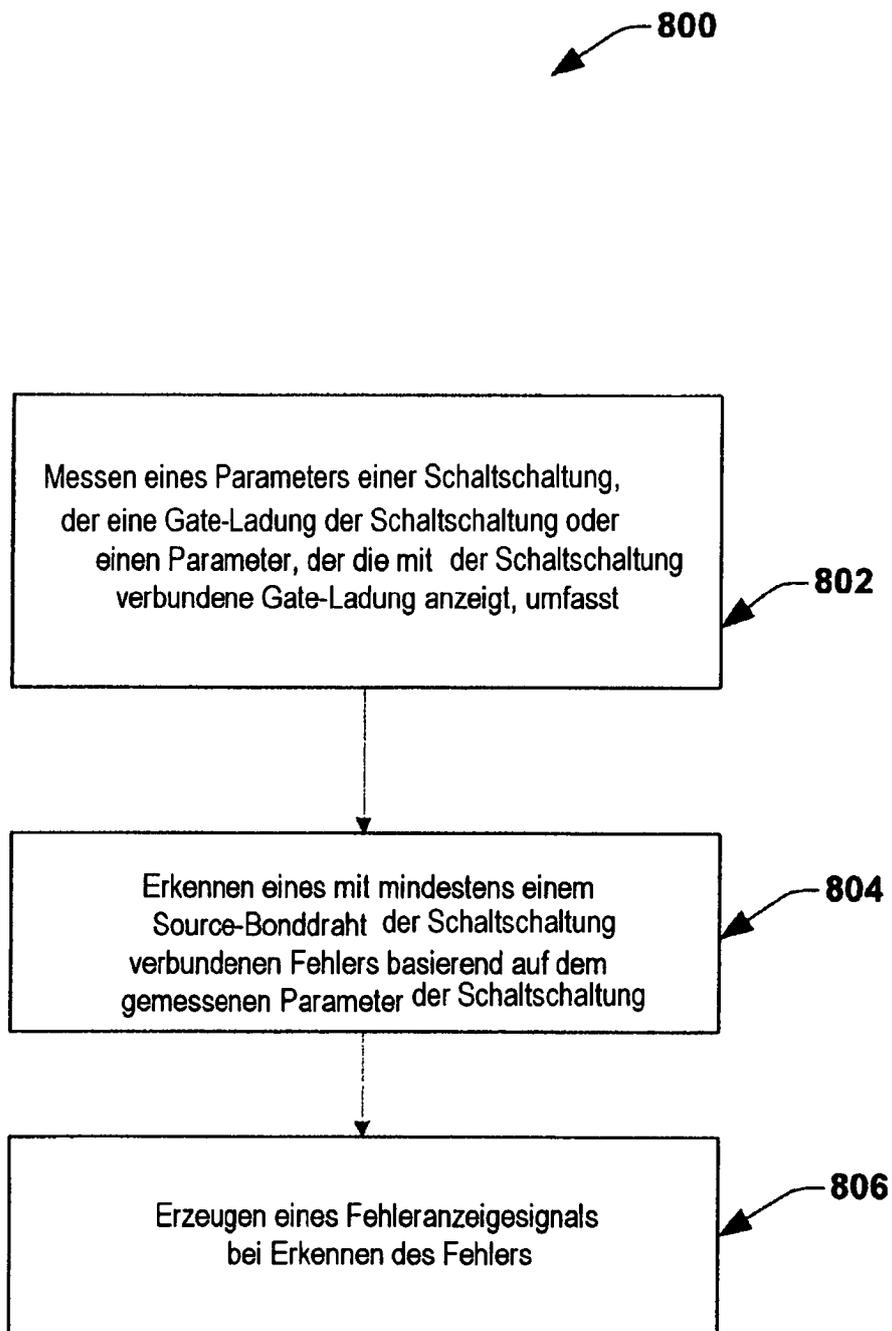


FIG. 8