



(10) **DE 10 2012 102 788 A1** 2013.10.02

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 102 788.9**

(22) Anmeldetag: **30.03.2012**

(43) Offenlegungstag: **02.10.2013**

(51) Int Cl.: **H01L 23/62 (2012.01)**

H01L 29/78 (2012.01)

H01L 29/861 (2012.01)

G01K 7/01 (2012.01)

B62D 5/04 (2012.01)

(71) Anmelder:
**ZF Lenksysteme GmbH, 73527, Schwäbisch
Gmünd, DE**

(72) Erfinder:
**Orou, Christoph, 73529, Schwäbisch Gmünd, DE;
Walz, Stefan, 73529, Schwäbisch Gmünd, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 196 52 046 A1

DE 10 2011 050 122 A1

US 2009 / 0 066 404 A1

US 4 963 970 A

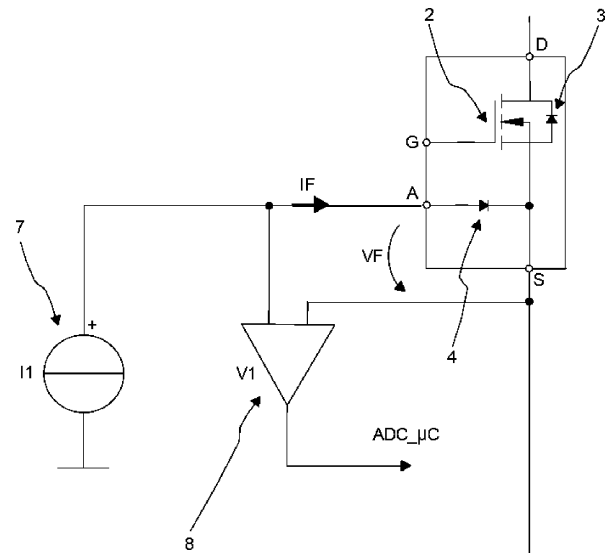
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **SPERRSCHICHTTEMPERATURMESSUNG EINES LEISTUNGS-MOSFETs**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Bauteil als Leistungsschalter für einen Wechselrichter zur Ansteuerung eines Antriebsmotors einer Lenkunterstützung eines Fahrzeugs beschrieben, umfassend: einen Mosfet 2 mit einem Gate, einem Drain und einer Source und eine erste Diode 4 mit einer Anode und einer Kathode, wobei die Diode 4 zur Messung der Sperrschichttemperatur des Mosfets 2 vorgesehen ist, wobei der Mosfet 2 vom N-Kanal-Typ oder P-Kanal-Typ ist und die Source mit der Kathode verbunden ist.



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bauteil als Leistungsschalter für einen Wechselrichter zur Ansteuerung eines Antriebsmotors einer Lenkunterstützung eines Fahrzeugs, eine Servolenkung für ein Kraftfahrzeug und ein Lenksystem.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Im Stand der Technik sind Bauteile bekannt, die einen Mosfet aufweisen sowie eine Diode zur Messung der Sperrschichttemperatur des Mosfets. Die Diode weist dabei einen Anodenanschluss und einen Kathodenanschluss auf, die aus dem Bauteil herausführend ausgebildet sind.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0003] Bauteile des Stands der Technik, die eine Messung der Sperrschichttemperatur des Mosfets ermöglichen, weisen zumindest zwei Anschlüsse einer zusätzlichen Sensordiode auf. Die zwei zusätzlichen Anschlüsse erfordern eine zusätzliche Beschaltung, was zu einem erhöhten Aufwand bei der Herstellung und einem erhöhten Raumbedarf der Schaltung und der Die-Fläche (Chipfläche) des Mosfets führt.

[0004] Eine Aufgabe ist daher ein Bauteil mit einem Mosfet zur Verfügung zu stellen, das eine Messung der Sperrschichttemperatur des Mosfets ermöglicht, wobei möglichst wenige zusätzliche Anschlüsse notwendig sind bzw. die zusätzliche Beschaltung gering gehalten werden kann bzw. der Raumbedarf der Schaltung und der Die-Fläche nicht signifikant vergrößert bzw. verändert werden muss.

[0005] Als erste Ausführungsform der Erfindung wird ein Bauteil als Leistungsschalter für einen Wechselrichter zur Ansteuerung eines Antriebsmotors einer Lenkunterstützung eines Fahrzeugs zur Verfügung gestellt, umfassend: einen Mosfet mit einem Gate, einem Drain und einer Source und eine erste Diode mit einer Anode und einer Kathode, wobei die Diode zur Messung der Sperrschichttemperatur des Mosfets vorgesehen ist, wobei der Mosfet vom N-Kanal-Typ oder P-Kanal-Typ ist und die Source mit der Kathode verbunden ist.

[0006] Vorteilhafterweise kann durch das erfindungsgemäße Bauteil eine optimale Ausnutzung der thermischen Fähigkeiten des Bauteils erfolgen, und zwar dadurch, dass dank dem erfindungsgemäßen Bauteil eine Leistungsreduzierung der Lenkunterstützung vorgenommen werden kann, falls durch das Bauteil eine obere Grenztemperatur des Mosfets festgestellt wird. Hierdurch kann das komplette Po-

tential des betreffenden Mosfets des Wechselrichters ausgeschöpft werden.

[0007] Erfindungsgemäß wird die Source des Mosfets und die Kathode der Diode miteinander verbunden, wodurch die Anzahl der aus dem Chip herauszuführenden Anschlüsse reduziert werden kann.

[0008] Als zweite Ausführungsform der Erfindung wird eine Servolenkung für ein Kraftfahrzeug zur Verfügung gestellt, umfassend: einen Antriebsmotor zum Erzeugen eines Antriebsmoments auf eine Zahnstange eines Lenksystems und einen Wechselrichter zur Ansteuerung des Antriebsmotors, wobei der Wechselrichter ein Bauteil und/oder sechs Bauteile nach einem der Ansprüche 1 bis 4 umfasst.

[0009] Durch den Einsatz mindestens eines erfindungsgemäßen Bauteils kann eine Servolenkung bereitgestellt werden, die eine weniger aufwändige externe Beschaltung notwendig macht und daher im Vergleich zu Servolenkungen des Stands der Technik einen kleineren Bauraum benötigt.

[0010] Als dritte Ausführungsform der Erfindung wird ein Lenksystem umfassend eine Servolenkung nach Anspruch 5 zur Verfügung gestellt.

[0011] Als vierte Ausführungsform der Erfindung wird ein Verfahren zur Messung der Sperrschichttemperatur eines Mosfets eines Bauteils nach den Ansprüchen 1 bis 4 zur Verfügung gestellt, umfassend die Schritte: Einspeisen eines konstanten Vorwärtstrom I_F in die Diode und Messen der Vorwärtsspannung V_F der Diode.

[0012] Als fünfte Ausführungsform der Erfindung wird ein Verfahren zur Messung der Sperrschichttemperatur eines Mosfets eines Bauteils nach den Ansprüchen 1 bis 4 zur Verfügung gestellt, umfassend die Schritte: Konstanthalten der Vorwärtsspannung V_F der Diode und Messen des Vorwärtstroms I_F der Diode.

[0013] Bei einem erfindungsgemäßen Bauteil kann die Sensordiode/Diode grundsätzlich auf zwei verschiedene Weisen beschaltet werden, um die Sperrschichttemperatur des entsprechenden Mosfets bestimmen zu können. Zum einen kann in die Diode in Durchlassrichtung ein konstanter Strom eingespeist werden und die temperaturabhängige Spannung der Diode gemessen werden. Zum anderen kann die Durchlassspannung der Diode konstant gehalten werden und der Diodenstrom gemessen werden und daraus die Sperrschichttemperatur bestimmt werden.

[0014] Beispielhafte Ausführungsformen werden in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0015] Gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung wird ein Bauteil zur Verfügung gestellt, wobei die erste Diode und der Mosfet auf demselben Halbleitersubstrat angeordnet sind.

[0016] Durch die Anordnung der Diode und des Mosfets auf demselben Halbleitersubstrat wird ein sehr guter thermischer Kontakt der Diode mit der Sperrschicht des Mosfets erzielt. Somit kann eine direkte Temperaturmessung vorgenommen werden, wodurch sich präzise Angaben über die Sperrschichttemperatur ergeben.

[0017] In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform wird ein Bauteil zur Verfügung gestellt, wobei die erste Diode als Si-Diode, Suppressordiode, Schottkydiode, PIN-Diode oder als Zenerdiode ausgebildet ist.

[0018] Durch die Verwendung von Standardtypen von Dioden, beispielsweise eine Si-Diode, eine Suppressordiode, eine Schottkydiode, eine PIN-Diode oder eine Zenerdiode, kann ein kostengünstiger Aufbau eines erfindungsgemäßen Bauteils erreicht werden.

[0019] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird ein Bauteil zur Verfügung gestellt, wobei das Bauteil eine zweite Diode und/oder eine dritte Diode und/oder eine vierte Diode und/oder beliebig viele weitere Dioden umfasst, wobei die erste Diode und/oder die zweite Diode und/oder die dritte Diode und/oder die vierte Diode und/oder beliebig viele Dioden in Reihe geschaltet sind und/oder thermisch mit der Sperrschicht des Mosfets gekoppelt sind.

[0020] Durch eine Verwendung von mehreren Dioden, die in Reihe geschaltet sind, kann die Temperatur der Sperrschicht genauer gemessen werden, da hierdurch das Phänomen der Temperaturabhängigkeit der entsprechenden Vorwärtsspannungen mehrfach genutzt werden kann.

[0021] Als eine Idee der Erfindung kann angesehen werden, ein Bauteil mit einem Mosfet zur Verfügung zu stellen, das on-board eine Diode zur Messung der Sperrschichttemperatur aufweist. Die Kathode der Diode ist hierbei intern mit der Source des Mosfets verbunden, wodurch die Anzahl der herausgeführten Anschlüsse verringert werden kann. Hierdurch kann nicht nur eine genaue Messung der Sperrschichttemperatur vorgenommen werden, sondern auch eine kleine Chipfläche des Bauteils erreicht werden.

[0022] Die einzelnen Merkmale können selbstverständlich auch untereinander kombiniert werden, wodurch sich zum Teil auch vorteilhafte Wirkungen einstellen können, die über die Summe der Einzelwirkungen hinausgehen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0023] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele deutlich. Es zeigen

[0024] [Fig. 1](#) ein Schaltbild eines Wechselrichters mit sechs erfindungsgemäßen Bauteilen für einen Antriebsmotor einer Servolenkung,

[0025] [Fig. 2](#) ein Schaltbild eines erfindungsgemäßen Bauteils mit einem Mosfet des N-Kanal-Typs,

[0026] [Fig. 3](#) ein Schaubild von Spannungskennlinien einer Diode bei unterschiedlichen konstanten Strömen,

[0027] [Fig. 4](#) ein Schaltbild eines erfindungsgemäßen Bauteils mit einem Mosfet des P-Kanal-Typs,

[0028] [Fig. 5](#) ein erfindungsgemäßes Bauteil mit externer Beschaltung zur Messung der Sperrschichttemperatur eines Mosfets.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEISPIELHAFTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0029] [Fig. 1](#) zeigt eine Wechselrichterschaltung mit sechs erfindungsgemäßen Bauteilen **1** zur Ansteuerung eines Antriebsmotors **9** einer Servolenkung (EPS-Wechselrichter). Die erfindungsgemäßen Bauteile **1** weisen jeweils eine Sensordiode/Diode zur Messung der Sperrschichttemperatur auf. Die Sperrschichttemperatur ist die wichtigste zu begrenzen- de Größe eines Leistungsschalters, wie beispielsweise eines Mosfets/Power-Mosfets/Leistungs-Mosfets. Die Sperrschichttemperatur darf im Betrieb nicht bzw. nicht dauerhaft überschritten werden. Andernfalls droht ein thermischer Event im betreffenden Bauteil und das Bauteil funktioniert nicht mehr korrekt bzw. fällt vollständig aus. Der Ausfall eines oder mehrerer Mosfets eines EPS-Wechselrichters kann zum Blockieren der Lenkung des betreffenden Fahrzeugs führen. Eine Messung der jeweils aktuellen Sperrschichttemperatur ist daher vorteilhaft, um zum einen das Leistungspotential des betreffenden EPS-Wechselrichters voll ausschöpfen zu können und zum anderen eine Blockierung der Lenkung sicher ausschließen zu können.

[0030] [Fig. 2](#) zeigt ein erfindungsgemäßes Bauteil mit einem Mosfet **2** vom N-Kanal-Typ, der einen Drainanschluss **9**, einen Sourceanschluss **10** und einen Gateanschluss **13** umfasst. Das Bauteil weist eine Diode **4** auf, die in sehr gutem thermischen Kontakt mit der Sperrschicht des Mosfets **2** ist. Die Kathode der Diode **4** ist innerhalb des Bauteils mit dem Sourceanschluss **10** des Bauteils verbunden, wodurch vorteilhafterweise nur ein Anschluss der Diode **4** aus dem Bauteil herausgeführt werden muss

statt beide Anschlüsse bei Bauteilen des Stands der Technik.

[0031] **Fig. 3** zeigt eine Schar von Kennlinien, die die Durchlassspannungen/Vorwärtsspannungen U_F , die über eine Diode abfallen, bezüglich der Temperatur in Grad Celsius darstellt. Hierbei ergeben sich in Abhängigkeit von dem Parameter des konstant gehaltenen Vorwärtsstroms parallel verschobene Kennlinien. Zur Mosfet-Temperaturmessung wird das Phänomen der Temperaturabhängigkeit der Vorwärtsspannung ausgenutzt. Bei einer Si-Diode (Silizium-Diode) ist beispielsweise eine Vorwärtsspannungsänderung ΔV_F in Abhängigkeit von der Temperatur von ca. -2mV/K zu erwarten. Um den temperaturabhängigen Effekt der Vorwärtsspannung nutzen zu können, muss ein konstanter Strom durch die Diode in Vorwärtsrichtung fließen. Es ist dabei zu beachten, dass der Strom in Vorwärtsrichtung klein genug ist, dass die Mosfet-Temperatur nicht durch die Verlustleistung, die durch den Diodenstrom selbst entsteht, beeinflusst wird. Bei den Ausführungsformen der **Fig. 2** und **Fig. 4** kann ein konstanter Diodenstrom I_F mit einer hochgenauen Stromquelle erzeugt und über den herausgeführten Anodenanschluss **14** bzw. **15** eingespeist werden.

[0032] **Fig. 4** zeigt ein Bauteil mit einem Mosfet **5** vom P-Kanal-Typ ist. Die Sperrschichttemperatur des Mosfets **5** kann erfindungsgemäß durch eine Anordnung einer Diode **6** analog zu der Ausführungsform der **Fig. 2** bestimmt werden, wobei die Kathode der Diode **6** mit dem Sourceanschluss **12** des Mosfets **5** verbunden ist und der Anodenanschluss **15** der Diode **6** aus dem Bauteil herausgeführt ausgebildet ist.

[0033] **Fig. 5** zeigt eine Beschaltung eines erfindungsgemäßen Bauteils zur Sperrschichttemperaturmessung mit einem Mosfet **2** entsprechend der Ausführungsform der **Fig. 2** mit einem herausgeführten Drainanschluss, einem Sourceanschluss und einem Gateanschluss. Das Bauteil weist eine Diode **4** on-board auf, wobei die Kathode der Diode **4** mit dem Sourceanschluss des Mosfets verbunden ist. Die Diode **4** ist thermisch mit der Sperrschicht des Mosfets **2** gekoppelt, wodurch eine direkte Messung der Sperrschichttemperatur des Mosfets **2** ermöglicht wird. Durch diese Messung können thermisch kritische Betriebszustände des Mosfets **2** festgestellt werden und nötigenfalls Gegenmaßnahmen, insbesondere ein Abschalten des Mosfets **2**, eingeleitet werden. Zur Bestimmung der Sperrschichttemperatur des Mosfets **2** wird ein Strom I_F verwendet mit dem die Diode **4** in Vorwärtsrichtung betrieben wird. Der Strom I_F wird durch die Stromquelle **7** erzeugt. Durch den Stromfluss I_F durch die Diode **4** fällt eine Vorwärtsspannung V_F über der Diode **4** ab, die gemäß der Beziehung $V_F = f(I_F = \text{const}, T)$ temperaturabhängig ist. Diese Spannung V_F kann zwischen der Anode der Diode **4** und dem Sourceanschluss des Mos-

fets **2** gemessen/abgegriffen werden. Die Spannung V_F kann nach einer analogen Signalaufbereitung mittels einer Verstärkerschaltung **8** und nachfolgender AD-Wandlung digitalisiert zur Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt werden.

[0034] Die so ermittelten Temperaturinformationen können z.B. dafür verwendet werden, die Mosfets vor einer thermischen Überlastung zu schützen. Wird beispielsweise eine kritische Sperrschichttemperatur erreicht, wird die Lenkunterstützung für das Fahrzeug reduziert und somit die Verlustleistung, die in den Wechselrichter-Mosfets entsteht, verringert. Als weitere Anwendungsmöglichkeit könnte aus den direkt gemessenen Mosfets-Sperrschichttemperaturen ein Temperaturstrommodell abgeleitet werden, mit dem die aktuellen Motorphasenströme geschätzt werden können. Dies hat den Vorteil, dass die Sensoren für die Phasenstrommessung entfallen können.

[0035] Die Hilfsbeschaltung zum Einprägen des Konstantstroms I_F , also insbesondere die Konstantstromquelle **7**, und die Signalaufbereitungsschaltung des Messwertes, insbesondere die Verstärkerschaltung **8** und die AD-Wandlung, können als diskrete Schaltung aufgebaut sein oder als Schaltungsblock im Endstufentreiber oder im Mosfet selbst integriert werden.

[0036] Der Vorteil der Mosfet-Temperaturmessung ergibt sich aus der Genauigkeit der Temperaturmesswerte, die sich direkt auf die Sperrschichttemperatur des Mosfets beziehen. Es werden somit keine komplexen thermischen Modelle mehr benötigt, bei denen z.B. aus einer NTC-Sensortemperatur die Mosfet-Temperatur abgeleitet werden muss. Somit kann ein derartiger NTC-Sensor zur Bestimmung der Endstufentemperatur entfallen und Kosten eingespart werden.

[0037] Als weitere Variante wäre es denkbar, dass die Spannung V_F konstant gehalten wird und der Strom I_F in Abhängigkeit der Sperrschichttemperatur gemessen wird. Bei dieser Variante muss allerdings berücksichtigt werden, dass der Vorwärtsstrom I_F sehr klein ist. Ein derart erhaltener Strom I_F könnte mit Hilfe eines Stromspiegels verstärkt werden und als Spannung an einem Messshunt abgegriffen werden. Der Spannungsabfall am Messshunt entspräche dann der Sperrschichttemperatur des Leistungs-Mosfets.

[0038] Es sei angemerkt, dass der Begriff „umfassen“ weitere Elemente oder Verfahrensschritte nicht ausschließt, ebenso wie der Begriff „ein“ und „eine“ mehrere Elemente und Schritte nicht ausschließt.

[0039] Die verwendeten Bezugszeichen dienen lediglich zur Erhöhung der Verständlichkeit und sollen keinesfalls als einschränkend betrachtet werden, wo-

bei der Schutzbereich der Erfindung durch die Ansprüche wiedergegeben wird.

Bezugszeichenliste

1	Bauteil
2	Mosfet
3	Freilaufdiode
4	Diode
5	Mosfet
6	Diode
7	Konstantstromquelle
8	Verstärkerschaltung
9	Antriebsmotor einer Servoschaltung
10	Sourceanschluss
11	Drainanschluss
12	Sourceanschluss
13	Gateanschluss
14	Anodenanschluss
15	Anodenanschluss

Patentansprüche

1. Bauteil als Leistungsschalter für einen Wechselrichter zur Ansteuerung eines Antriebsmotors einer Lenkunterstützung eines Fahrzeugs, umfassend einen Mosfet (2) mit einem Gate, einem Drain und einer Source und eine erste Diode (4) mit einer Anode und einer Kathode, wobei die Diode (4) zur Messung der Sperrschichttemperatur des Mosfets (2) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mosfet (2) vom N-Kanal-Typ oder P-Kanal-Typ ist und die Source mit der Kathode verbunden ist.

2. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Diode (4) und der Mosfets (2) auf demselben Halbleitersubstrat angeordnet sind.

3. Bauteil nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Diode (4) als Si-Diode, Suppressordiode, Schottkydiode, PIN-Diode oder als Zenerdiode ausgebildet ist.

4. Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil eine zweite Diode und/oder eine dritte Diode und/oder eine vierte Diode und/oder beliebig viele weitere Dioden umfasst, wobei die erste Diode und/oder die zweite Diode und/oder die dritte Diode und/oder die vierte Diode und/oder beliebig viele Dioden in Reihe geschaltet sind und/oder thermisch mit der Sperrschicht des Mosfets (2) gekoppelt sind.

5. Servolenkung für ein Kraftfahrzeug umfassend einen Antriebsmotor zum Erzeugen eines Antriebsmoments auf eine Zahnstange eines Lenksystems und einen Wechselrichter zur Ansteuerung des Antriebsmotors,

dadurch gekennzeichnet, dass der Wechselrichter ein Bauteil und/oder sechs Bauteile nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst.

6. Lenksystem umfassend eine Servolenkung nach Anspruch 5.

7. Verfahren zur Messung der Sperrschichttemperatur eines Mosfets eines Bauteils nach den Ansprüchen 1 bis 4, umfassend die Schritte
Einspeisen eines konstanten Vorwärtsstrom I_F in die Diode und
Messen der Vorwärtsspannung V_F der Diode.

8. Verfahren zur Messung der Sperrschichttemperatur eines Mosfets eines Bauteils nach den Ansprüchen 1 bis 4, umfassend die Schritte
Konstanthalten der Vorwärtsspannung V_F der Diode und
Messen des Vorwärtsstroms I_F der Diode.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

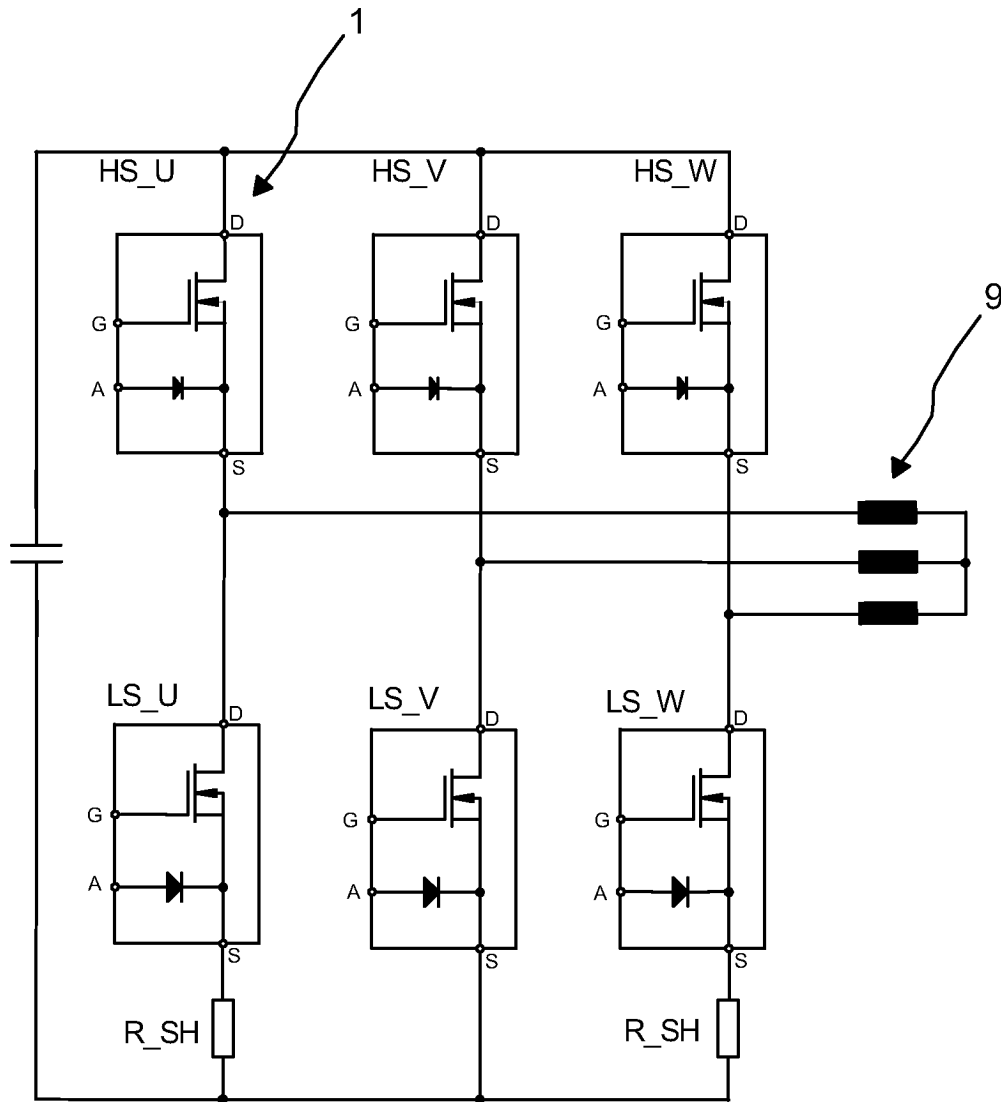


Fig. 1

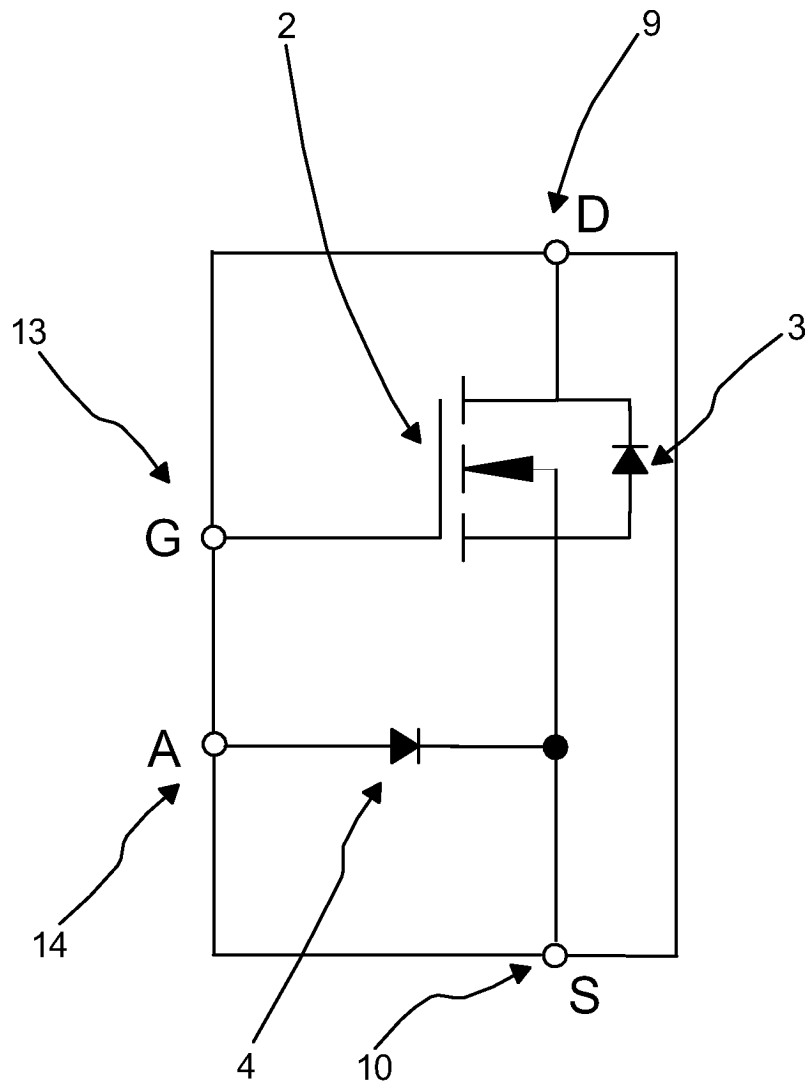


Fig. 2

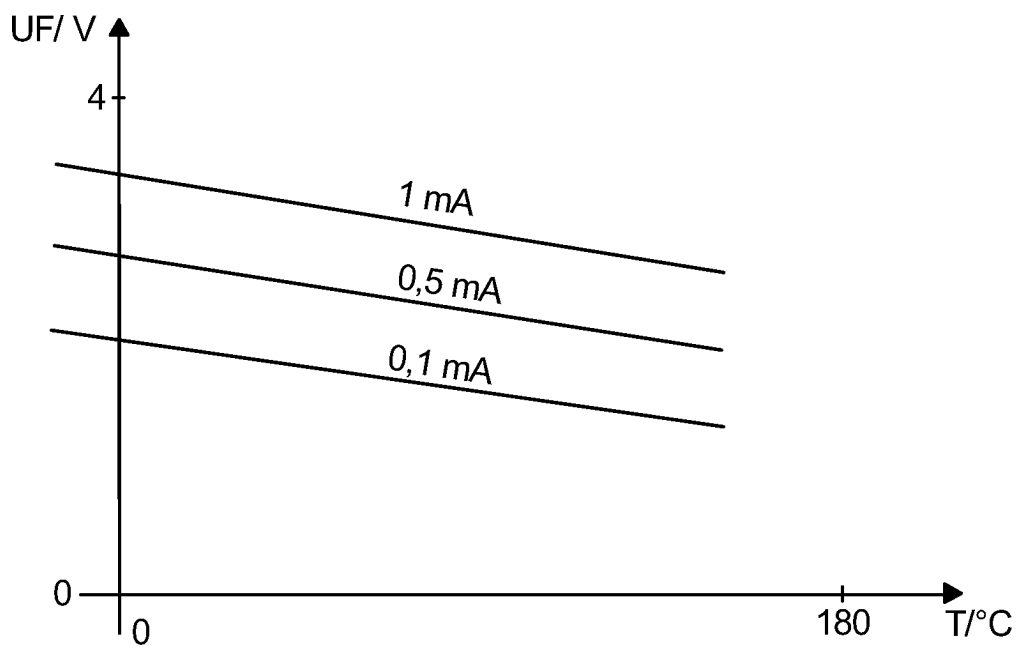


Fig. 3

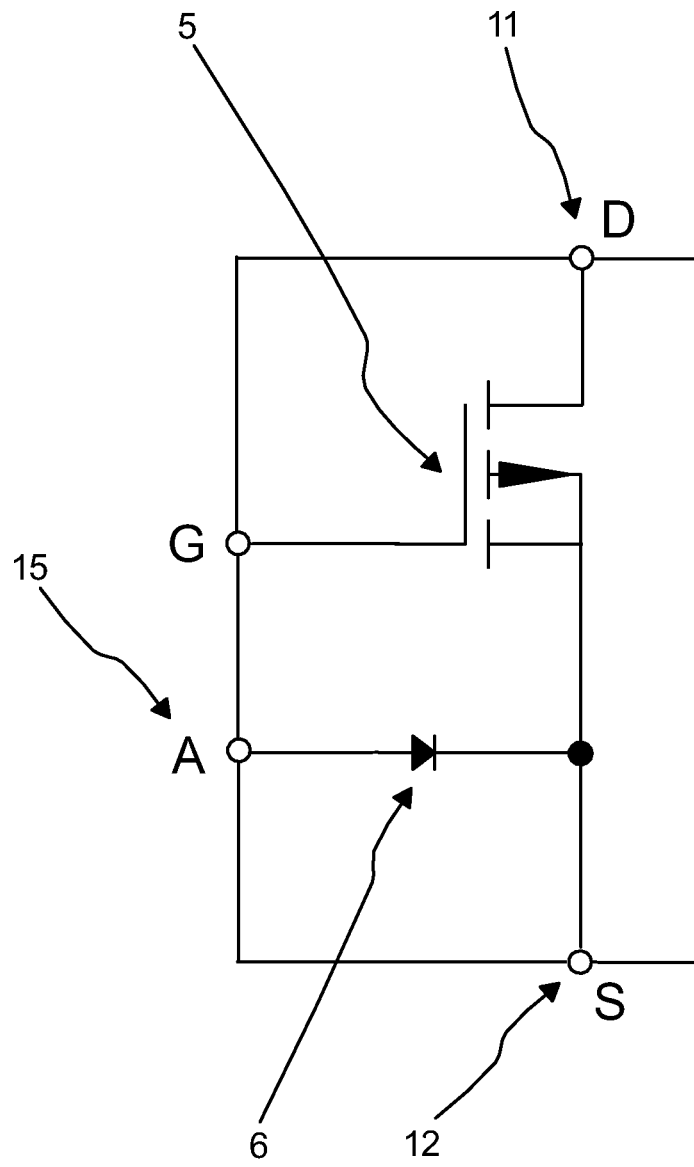


Fig. 4

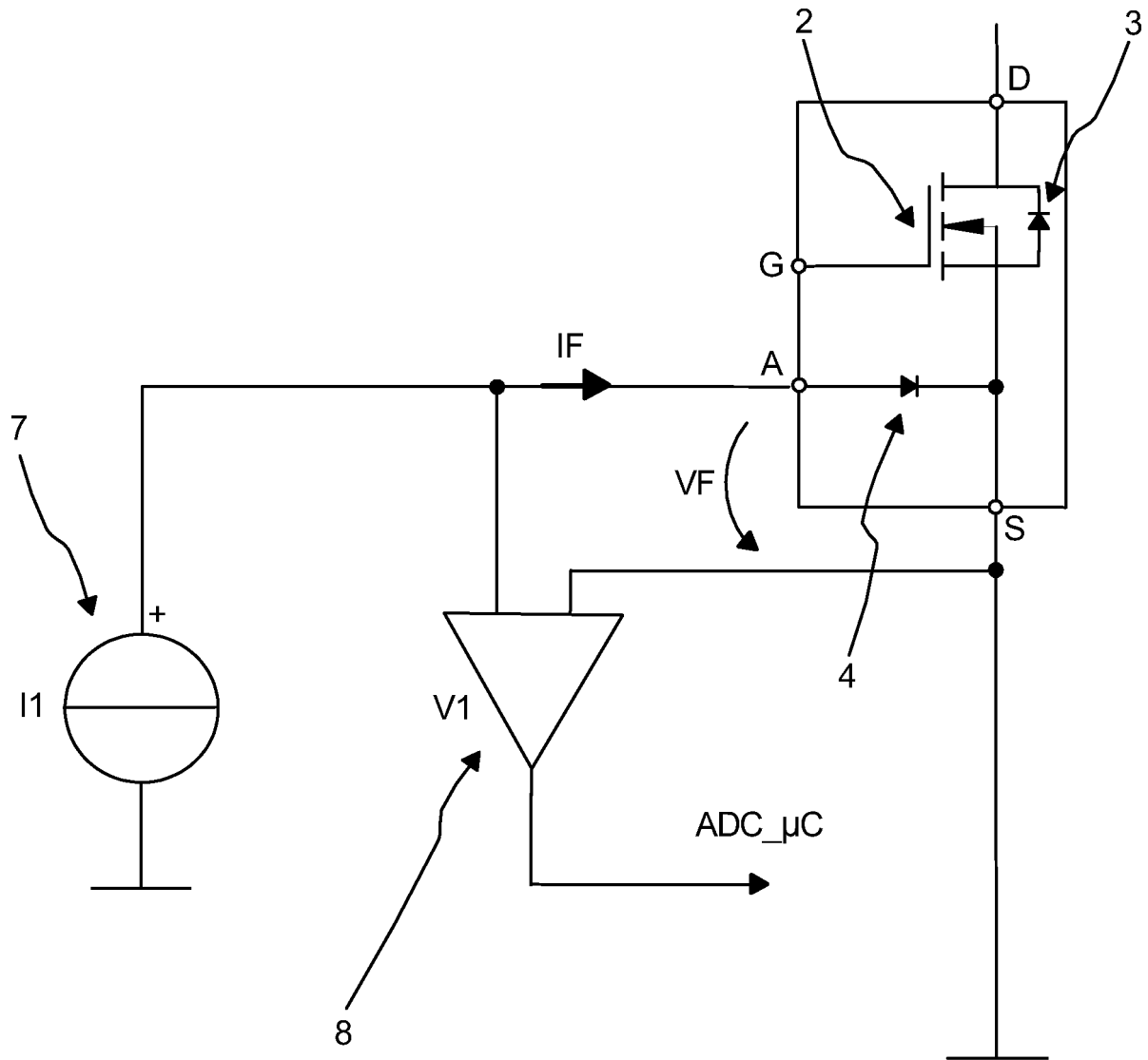


Fig. 5