



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**15.12.2021 Patentblatt 2021/50**

(51) Int Cl.:  
**H05B 45/10 (2020.01)**  
**H05B 45/48 (2020.01)**  
**H05B 45/54 (2020.01)**

(21) Anmeldenummer: **21178471.5**

(22) Anmeldetag: **09.06.2021**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(72) Erfinder:  
• **Jedek, Andreas**  
**72793 Pfullingen (DE)**  
• **Blum, Dirk**  
**72076 Tübingen (DE)**

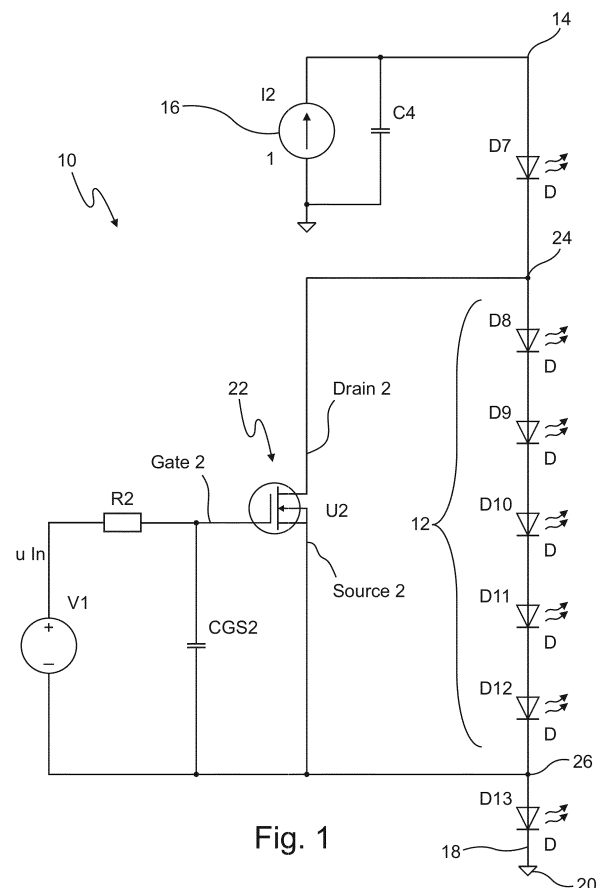
(74) Vertreter: **DREISS Patentanwälte PartG mbB**  
**Friedrichstraße 6**  
**70174 Stuttgart (DE)**

(30) Priorität: **10.06.2020 DE 102020115437**

(71) Anmelder: **Marelli Automotive Lighting**  
**Reutlingen (Germany)**  
**GmbH**  
**72762 Reutlingen (DE)**

(54) **SCHALTUNG ZUM ÜBERBRÜCKEN VON LED-KETTEN**

(57) Vorgestellt wird eine Schaltung zum Einschalten und Ausschalten einer Halbleiterlichtquelle, die innerhalb einer Reihenschaltung von Leuchtdioden angeordnet ist, wobei ein Feldeffekttransistor elektrisch parallel zu der Halbleiterlichtquelle geschaltet ist und ein Gateanschluss des Feldeffekttransistors an eine Steuerstromquelle und über einen Kondensator CGS2 an einen Sourceanschluss des Feldeffekttransistors angeschlossen ist. Die Schaltung zeichnet sich dadurch aus, dass der Drainanschluss des Feldeffekttransistors über einen Kondensator CGD1 an den Gateanschluss des Feldeffekttransistors angeschlossen ist und dass die Steuerstromquelle über eine Parallelschaltung aus einer Diode und einem Widerstand R6 an den Gateanschluss und über einen Widerstand an den Source Anschluss des Feldeffekttransistors angeschlossen ist.



**Fig. 1**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Eine solche Schaltung zum Einschalten und Ausschalten von wenigstens einer Halbleiterlichtquelle, die innerhalb einer Reihenschaltung von ersten Leuchtdioden angeordnet ist wird als per se bekannt vorausgesetzt. Bei der bekannten Schaltung ist ein erstes Ende der Reihenschaltung an eine Arbeitskonstantstromquelle angeschlossen und ein zweites Ende der Reihenschaltung ist an einen Masseanschluss angeschlossen. Dabei ist ein Feldeffekttransistor elektrisch parallel zu der Halbleiterlichtquelle geschaltet. Ein Sourceanschluss des Feldeffekttransistors ist an einen ersten Anschluss der Halbleiterlichtquelle angeschlossen. Ein Drainanschluss des Feldeffekttransistors ist an einen zweiten Anschluss der Halbleiterlichtquelle angeschlossen. Ein Gateanschluss des Feldeffekttransistors ist über einen Kondensator an einen Sourceanschluss des Feldeffekttransistors angeschlossen.

**[0002]** Darüber hinaus ist aus der DE 10 2006 031 679 A1 eine Schaltungsanordnung zur elektrischen Ansteuerung eines Kraftfahrzeugscheinwerfers bekannt.

**[0003]** Bei der per se bekannten Schaltung ist die wenigstens eine Halbleiterlichtquelle zum Beispiel eine einzelne LED oder eine Kette, also eine Reihenschaltung von mehreren LEDs. Solche Reihenschaltungen werden zum Beispiel als Lichtquellen in Beleuchtungseinrichtungen von Kraftfahrzeugen verwendet. Diese Lichtquellen werden in der Regel mit einem pulsweitenmodulierten Signal betrieben, das eine Frequenz von zum Beispiel 100 Hz bis 200 Hz aufweist. Mit dieser Frequenz werden die Lichtquellen ein- und ausgeschaltet, so dass sich Stromphasen und Strompausen abwechseln. Der menschliche Sehsinn nimmt dies als eine mittlere Helligkeit wahr, wobei die Lichtquellen umso heller erscheinen, je länger die Stromphasen und je kürzer die Strompausen sind.

**[0004]** Das schnelle Ein- und Ausschalten führt zu steilen Flanken im Stromverlauf über der Zeit. Als Folge kann eine Emission von Störstrahlung auftreten, die zur Verletzung von Vorschriften zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) führen kann. Mit dem Kondensator CGS2 der bekannten Schaltung kann die Flankensteilheit verringert werden. Ein Nachteil dieser Lösung besteht darin, dass ein Einstellbereich dieser Maßnahme, d.h. ein mögliches Ausmaß der Verringerung der Flankensteilheit sehr begrenzt ist.

**[0005]** Vor diesem Hintergrund besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung in der Angabe einer Schaltung der eingangs genannten Art, die sich durch einen vergrößerten Einstellbereich und damit durch eine verbesserte elektromagnetische Verträglichkeit auszeichnet.

**[0006]** Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Dabei unterscheidet sich die vorliegende Erfindung von der per se bekannten Schaltung da-

durch, dass der Drainanschluss des Feldeffekttransistors über einen Kondensator CGD1 an den Gateanschluss des Feldeffekttransistors angeschlossen ist und dass die Steuerstromquelle über eine Parallelschaltung aus einer Diode und einem Widerstand R6 an den Gateanschluss des Feldeffekttransistors angeschlossen und über einen Widerstand R4 an den Source Anschluss des Feldeffekttransistors angeschlossen ist.

**[0007]** Die Steuerstromquelle begünstigt die Einstellbarkeit der Flankensteigungen und lädt den Kondensator CGD1 mit konstantem Strom. Damit steigt die Gate Source Spannung des Feldeffekttransistors konstant an. Die Parallelschaltung der Diode Ddischarge mit dem Widerstand R4 ermöglicht ein unterschiedlich langes Entladen im Vergleich zum Laden der MOSFET-Kapazitäten und der externen Kapazitäten.

**[0008]** Durch den zusätzlichen Kondensator CGD1 ist es möglich, die kritische Flanke beim Einschalten des MOSFET, die mit einem hohen Strompeak verbunden ist, flacher zu gestalten und die Höhe des Strompeaks zu reduzieren. Durch die Diode Ddischarge und den Widerstand R6 ist es nun möglich, die unkritische Flanke beim Abschalten des MOSFETs zu beschleunigen, die Drain-Source-Spannungsänderung zu vergrößern, um damit die Verlustleistung im Feldeffekttransistor zu reduzieren und die Verzögerung, mit der in den gewünschten hochohmigen Zustand gewechselt wird, zu verringern.

**[0009]** Die Erfindung ermöglicht durch die Reduzierung der Entladeströme die Verwendung größerer Ausgangskondensatoren eines DC/DC-Wandlers als Steuerstromquelle, was die Einhaltung von EMV-Richtlinien erleichtert.

**[0010]** Die Erfindung ermöglicht kleinere Spitzenströme beim Überbrücken der LED-Ketten, dadurch geringere EMV-Störgrößen, und weniger Maximalstromüberschreitungen für die nichtüberbrückbaren LEDs.

**[0011]** Die Erfindung ermöglicht es, dass auch mehreren LEDs zur gleichen Zeit überbrückt werden können, da maximale Stromwerte eingehalten werden.

**[0012]** Die Erfindung schafft die Möglichkeit, mit Ddischarge und R4 die Drain-Source-Spannungsänderung zwischen Drain und Source und damit für den Ausgangskondensator des DC/DC-Wandlers für den Ausschaltmoment des MOSFETs anders zu gestalten als für den Einschaltmoment über R6.

**[0013]** Dadurch können die Verluste im Feldeffekttransistor reduziert werden, bei Beibehaltung der Stromspitzenunterdrückung, während des verlangsamten Einschaltens. Der Feldeffekttransistor kann schneller in den gewünschten hochohmigen Zustand wechseln.

**[0014]** Eine bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass der Arbeitskonstantstromquelle ein Kondensator parallel geschaltet ist.

**[0015]** Bevorzugt ist auch, dass der Feldeffekttransistor ein MOSFET, insbesondere ein n-Kanal MOSFET ist.

**[0016]** Weiter ist bevorzugt, dass die Halbleiterlichtquelle eine Zusammenschaltung von mehreren zweiten Leuchtdioden aufweist.

**[0017]** Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass die Zusammenschaltung eine Reihenschaltung von mehreren zweiten Leuchtdioden aufweist.

**[0018]** Bevorzugt ist auch, dass die ersten Leuchtdioden und die zweiten Leuchtdioden gleich sind.

**[0019]** Weiter ist bevorzugt, dass die ersten Leuchtdioden von einem ersten Typ sind und die zweiten Leuchtdioden von einem zweiten Typ sind, wobei sich die beiden Typen voneinander unterscheiden. Der Unterschied besteht zum Beispiel darin, dass die beiden Typen unterschiedlich große Lichtströme emittieren.

**[0020]** Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass die ersten Leuchtdioden dazu eingerichtet sind, Licht einer ersten Lichtfarbe zu emittieren und die zweiten Leuchtdioden dazu eingerichtet sind, Licht einer zweiten Lichtfarbe zu emittieren, die sich von der ersten Lichtfarbe unterscheidet.

**[0021]** Eine bevorzugte Verwendung der Schaltung erfolgt zum Einschalten und Ausschalten von Leuchtdioden in Beleuchtungseinrichtungen von Kraftfahrzeugen.

**[0022]** Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, den Zeichnungen und den Unteransprüchen. Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

**[0023]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

**[0024]** Dabei zeigen, jeweils in schematischer Form:

- Figur 1 ein Schaltbild der als per se bekannt vorausgesetzten Schaltung;
- Figur 2a Verläufe der Gate-Source-Spannung über der Zeit bei der Schaltung nach Figur 1;
- Figur 2b zeigt Verläufe des Stroms durch die LED D7 der Figur 1;
- Figur 2c Verläufe des Stroms durch die Halbleiterlichtquelle;
- Figur 2d Verläufe des Stroms durch die LED D13 der Figur 1 ;
- Figur 2e Verläufe der Drain-Source-Spannung des in der Schaltung nach Figur 1 verwendeten MOSFETs;
- Figur 3 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaltung;
- Figur 4 ein Strom - Spannungs - Kennlinienfeld eines MOSFET;

Figur 5a Verläufe der Gate-Source-Spannung in der Schaltung nach Figur 1 über der Zeit;

Figur 5b Verläufe des Stroms durch die LED D7 der Schaltung nach Figur 1;

Figur 5c Verläufe des Stroms durch die Halbleiterlichtquelle der Schaltung nach Figur 1;

Figur 5d Verläufe des Stroms durch die LED D13 der Schaltung nach Figur 1;

Figur 5e Verläufe der Drain-Source-Spannung des in der Schaltung nach Figur 3 verwendeten MOSFETs; und

Figur 6 an sich bekannte Zusammenhänge zwischen einigen Feldeffekttransistor Parametern beim Einschalten eines MOSFET.

**[0025]** Im Einzelnen zeigt die Figur 1 eine Schaltung 10 zum Einschalten und Ausschalten von wenigstens einer Halbleiterlichtquelle 12, die innerhalb einer Reihenschaltung von Leuchtdioden angeordnet ist. Die Halbleiterlichtquelle 12 ist hier eine Kette von LEDs D8, D9, D10, D11, D12, die ihrerseits in Reihe geschaltet sind. Die Kette bildet mit den äußeren LEDs D7 und D13 die genannte Reihenschaltung. Ein erstes Ende 14 der Reihenschaltung ist an eine Arbeitskonstantstromquelle 16 angeschlossen, und ein zweites Ende 18 der Reihenschaltung ist an einen Masseanschluss 20 angeschlossen. Die Arbeitskonstantstromquelle 16 ist bevorzugt ein DC/DC Wandler. Ein zur Glättung dienender Ausgangskondensator C4 ist parallel zu der Arbeitskonstantstromquelle 16 geschaltet. Ein Feldeffekttransistor 22 ist elektrisch parallel zu der Halbleiterlichtquelle 12 geschaltet. Dabei ist ein Sourceanschluss Source 2 des Feldeffekttransistors 22 an einen ersten Anschluss 24 der Halbleiterlichtquelle 12 angeschlossen, und ein Drainanschluss Drain 2 des Feldeffekttransistors 22 ist an einen zweiten Anschluss 26 der Halbleiterlichtquelle 12 angeschlossen. Ein Gateanschluss Gate2 des Feldeffekttransistors 22 ist über einen Kondensator CGS2 an den Sourceanschluss Source 2 des Feldeffekttransistors 22 und über einen Widerstand R2 an eine Steuerspannungsquelle V1 angeschlossen. Die Steuerspannungsquelle gibt eine Steuerspannung  $u_{in}$  aus.

**[0026]** Die Schaltgeschwindigkeit, mit der die LEDs D8 bis D12 der Halbleiterlichtquelle 12 überbrückt werden, hängt von diversen Feldeffekttransistor-typischen Parametern ab, wie zum Beispielseiner Gesamt-Gate-Ladung, seiner Risettime und seiner Fulltime.

**[0027]** Dadurch, dass, wie im Beispiel der Figur 1, mehrere LEDs D8 bis D12 zur gleichen Zeit überbrückt werden müssen, ist das Verhältnis der Drain-Source-Spannungsänderung  $\Delta u$  zur Änderungszeitspanne  $\Delta t$  sehr groß, was wiederum zu einer Stromspitze in den nicht geschalteten LEDs D7 und D13 in Figur 1 führt.

Diese Stromspitze kann zum LED-Totalschaden oder einer Vorschädigung führen.

**[0028]** Die Stromspitze kann im Prinzip durch gezieltes Steuern der Drain-Source-Spannung des Feldeffekttransistors 22 reduziert werden, in dem dessen Schaltgeschwindigkeit verringert wird. Um die Schaltgeschwindigkeit des Feldeffekttransistors 22 zu verringern, wurde zum Beispiel bei einem n-Kanal Feldeffekttransistor 22 ein Kondensator CGS2 zwischen Gate2 und Source Source2 eingebaut. Ein Nachteil dieser Lösung ist, dass der Einstellbereich sehr begrenzt ist.

**[0029]** Die Figuren 2a bis 2e zeigen qualitativ Verläufe verschiedener Größen, wie sie beim Betrieb der Schaltung 10 auftreten, jeweils für drei verschiedene Werte des Kondensators CG2. Für jede der Figuren 2a bis 2e gilt, dass eine Vergrößerung der Kapazität des Kondensators CGS2 die Steilheit der Verläufe verringert.

**[0030]** Figur 2a zeigt Verläufe der Gate-Source-Spannung über der Zeit. Figur 2b zeigt Verläufe des Stroms durch die LED D7. Figur 2c zeigt Verläufe des Stroms durch die LED D8, also durch die Halbleiterlichtquelle 12, und Figur 2d zeigt Verläufe des Stroms durch die LED D13. Figur 2e zeigt Verläufe der Drain-Source-Spannung des Feldeffekttransistors 22.

**[0031]** Wie man sieht, liegen die Verläufe in jeder Teilfigur noch relativ dicht beieinander, was ein Abbild eines relativ kleinen Einstellbereichs bei Änderungen der Kapazität des Kondensators CGS2 darstellt.

**[0032]** Im Prinzip hat der Kondensator CGS2 den folgenden technischen Effekt: Im Moment des Umschaltens, in dem die LEDs D8 bis D12 überbrückt werden, wird die Energie, die im Ausgangskondensator C4 der Arbeitskonstantstromquelle 16 gespeichert ist, entladen. Am Kondensator CGS2 ergibt sich eine Änderung der Drain-Source-Spannung des Feldeffekttransistors 22 in einer bestimmten Zeit. Der Strom wird durch den Ausgangswiderstand des Feldeffekttransistors 22 begrenzt. Je langsamer der Ausgangswiderstand fällt, also je länger er hochohmig bleibt, umso kleiner ist die Stromspitze.

**[0033]** Mit der zusätzlichen Kapazität CGS2 kann der Anstieg des Ausgangswiderstands des MOSFETs 22 verlangsamt werden, da die Gate-Source-Spannung durch den externen Kondensator CGS2 langsamer anwächst, und somit der LED-Spitzen-Strom später seinen Scheitelwert erreicht. Der maximale Wert des LED-Stroms ist mit der externen Gate-Source-Kapazität CGS2 immer kleiner als ohne, was den Ablauf des Schaltprozesses erwünscht verlangsamt. Wie bereits erwähnt, besteht ein Nachteil dieser Lösung darin, dass ein Einstellbereich dieser Maßnahme, d.h. ein mögliches Ausmaß der Verringerung der Flankensteilheit, in Abhängigkeit von der Kapazität des Kondensators CGS2 sehr begrenzt ist.

**[0034]** Figur 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaltung 100 mit welcher der Einstellbereich der Schaltgeschwindigkeit des MOSFETs 22 erweitert wird. Im Einzelnen zeigt die Figur 3, wie auch schon die Figur 1, eine Halbleiterlichtquelle 12, beste-

hend aus einer LED-Kette, die innerhalb einer Reihenschaltung von Leuchtdioden angeordnet ist. Dabei ist ein erstes Ende SEG3 der Reihenschaltung an eine Arbeitskonstantstromquelle 16 angeschlossen, und ein zweites Ende 18 der Reihenschaltung ist an einen Masseanschluss 20 angeschlossen. Ein Feldeffekttransistor 22 ist elektrisch parallel zu der Halbleiterlichtquelle 12 geschaltet, wobei ein Sourceanschluss Source1 des Feldeffekttransistors 22 an einen ersten Anschluss SEG1 der Halbleiterlichtquelle 12 angeschlossen ist, ein Drainanschluss Drain1 des Feldeffekttransistors 22 an einen zweiten Anschluss SEG 2 der Halbleiterlichtquelle 12 angeschlossen ist und ein Gateanschluss Gate1 des Feldeffekttransistors 22 an eine Steuerstromquelle I2 und über einen Kondensator CGS1 an den Sourceanschluss Source1 des Feldeffekttransistors 22 angeschlossen ist.

**[0035]** Die Schaltung 100 nach der Figur 3 unterscheidet sich von der Schaltung 10 nach der Figur 1 dadurch, dass der Drainanschluss Drain1 des Feldeffekttransistors 22 bei der Schaltung 100 über einen Kondensator CGD1 an den Gateanschluss Gate1 des Feldeffekttransistors 22 angeschlossen ist und dass die Steuerstromquelle I2 über eine Parallelschaltung aus einer Diode Ddischarge und einem ohmschen Widerstand R6 an den Gateanschluss Gate1 des Feldeffekttransistors 22 angeschlossen und über einen ohmschen Widerstand R4 an den Sourceanschluss Source1 des Feldeffekttransistors 22 angeschlossen ist. Die Steuerstromquelle I2 ist bevorzugt eine Konstantstromquelle.

**[0036]** Fig. 4 zeigt ein Strom ( $I_{ds}$ ) - Spannungs ( $V_{ds}$ ) - Kennlinienfeld eines MOSFET. Das Kennlinienfeld weist einen ohmschen Bereich 30 und einen Sättigungsbereich 32 auf. Bei einem n-Kanal-MOSFET als Feldeffekttransistor 22 wird die Änderung der Spannung zwischen Gate und Source durch den weiteren Kondensator CGD1 während des Schaltvorgangs verlangsamt. Damit benötigt der Feldeffekttransistor mehr Zeit, um vom ohmschen Bereich 30 seiner Strom-Spannungs-Kennlinien in den gesättigten Bereich 32 zu wechseln. Je länger der Feldeffekttransistor 22 während des Schaltvorgangs im ohmschen Bereich 30 seiner Strom-Spannungs-Kennlinien bleibt, desto mehr im Ausgangskondensator C4 gespeicherte elektrische Energie wird im Feldeffekttransistor 22 in Wärme umgewandelt. Daraus ergibt sich die erwünschte Wirkung, dass der über den Feldeffekttransistor 22 und die LEDs D0 und D6 fließende Strom nicht ganz so hohe Werte erreicht wie es ohne den weiteren Kondensator CGD1 der Fall wäre.

**[0037]** Der erfindungsgemäß zusätzliche Kondensator CGD1 liegt elektrisch zwischen dem Gate Gate1 und dem Drain Drain1 des Feldeffekttransistors 22.

**[0038]** Die Figuren 5a bis 5e zeigen qualitativ Verläufe verschiedener Größen, wie sie beim Betrieb der Schaltung auftreten, jeweils für drei verschiedene Werte des Kondensators CG2. Für jede der Figuren gilt, dass eine Vergrößerung der Kapazität des Kondensators CGS2 die Steilheit der Verläufe verringert.

**[0039]** Figur 5a zeigt Verläufe der Gate-Source-Span-

nung  $V(\text{Gate1, SEG1})$  über der Zeit. Figur 5b zeigt Verläufe des Stroms durch die LED D0. Figur 5c zeigt Verläufe des Stroms durch die LED D1, also durch die Halbleiterlichtquelle 12 der Schaltung 100, und Figur 2d zeigt Verläufe des Stroms durch die LED D6. Figur 2e zeigt Verläufe der Drain-Source-Spannung  $V(\text{Drain1, SEG1})$ .

**[0040]** Wie man sieht, liegen die Verläufe in zeitlicher Hinsicht weniger dicht beieinander als die dazu korrespondierenden Verläufe der Figur 2, die sich ohne den Kondensator CGD1 ergeben. Diese Streckung der zeitlichen Verläufe der Figur 5 im Vergleich zu den zeitlichen Verläufen der Figur 2 verdeutlicht die erwünschte Vergrößerung des Einstellbereiches, die sich bei Verwendung der erfindungsgemäßen Schaltung 100 an Stelle der Schaltung 10 nach der Figur 1 ergibt.

**[0041]** Figur 6 zeigt an sich bekannte Zusammenhänge zwischen einigen Feldeffekttransistor Parametern beim Einschalten eines Feldeffekttransistors. Dabei steht V für eine Spannung, I für einen Strom, Q für eine Ladung, D für Drain, S für Source, G für Gate, pl für Plateau, th für threshold, tot für total und T für einen Zeitpunkt.

**[0042]** In der Zeitspanne  $T_1 - T_0$  wird die Gate Source Kapazität des Feldeffekttransistors 22 bis zur Durchbruchspannung  $V_{GS(th)}$  geladen. Die Drain Source Spannung  $V_{DS}$  und der Drain Strom  $I_D$  ändern sich nicht. In der Zeitspanne  $T_2 - T_1$  wächst die Gatespannung  $V_{GS}$  weiter bis zum Plateau. Der Drain Strom  $I_D$  wächst bis zum Maximalwert an. In der Zeitspanne  $T_3 - T_2$  verharrt die Gate Source Spannung auf dem Millerplateau  $V_{GS(pl)}$ .

**[0043]** Wie in Figur 5a  $V(\text{Gate1, SEG1})$  zu erkennen ist, steigt der am meisten rechts verlaufende Verlauf langsamer an, als der am meisten links liegende Verlauf und der mittlere Verlauf. Der am meisten rechts liegende Verlauf ergibt sich aus dem größten CGD1. Durch die Maßnahme wird erreicht, dass nicht nur der Anstieg der Durchbruchspannung  $V_{GS(th)}$  zur Plateauspannung  $V_{GS(pl)}$  verzögert wird (siehe Figur 6), sondern dass durch die Verlängerung des Miller-Plateaus  $V_{GS(pl)}$  die Drain Source Spannung  $V_{DS}$  nicht so schnell abfallen kann. Damit reduziert sich die Spannung zwischen Drain Drainl und Source Sourcel über eine definierte Zeit. Die im parallel zur Arbeitskonstantstromquelle 16 liegenden Kondensator C2 gespeicherte Energie wird als Folge über einen verlängerten Zeitraum im Feldeffekttransistor 22 in Wärme umgewandelt. Der Stromanstieg ist daher reduziert. Die Fläche unter der Stromkurve bleibt konstant.

**[0044]** Die Verwendung einer Konstantstromquelle als Steuerstromquelle I2 begünstigt die Verbreiterung der Einstellbarkeit und lädt den Kondensator CGD1 mit konstantem Strom. Damit steigt die Spannung  $V_{GS}$  konstant an. Die Parallelschaltung aus Diode Ddischarge mit dem Widerstand R4 (siehe Figur 6) ermöglicht ein unterschiedlich langes Entladen im Vergleich zum Laden der Kapazitäten des Feldeffekttransistors 22 und der externen Kapazitäten CGD1 und CGS1, das über den ohmschen Widerstand R6 erfolgt.

**[0045]** Durch den zusätzlichen Kondensator CGD1 ist

es möglich, die kritische Flanke beim Einschalten des Feldeffekttransistors 22, die mit einem hohen Strompeak verbunden ist, weniger steil zu gestalten und die Höhe des Strompeaks zu reduzieren. Eine weniger steile MOSFET-Einschaltflanke bedeutet, dass das Verhältnis  $\Delta u$  zu  $\Delta t$  (Drain-Source-Spannungsänderung zu  $\Delta t$ ) verkleinert wird. Als Folge wird der Feldeffekttransistor 22 länger im ohmschen Bereich 30 seines Kennlinienfeldes betrieben, wodurch die Höhe des Strompeaks erwünscht reduziert wird. Durch die Diode Ddischarge und den Widerstand R6 ist es nun möglich, die unkritische Flanke beim Abschalten des MOSFETs zu beschleunigen und damit die Drain-Source-Spannungsänderung zu vergrößern. Damit wird die Verlustleistung im Feldeffekttransistor 22 reduziert, und die Verzögerung, mit welcher der Feldeffekttransistor 22 in den gewünschten hochohmigen Zustand wechselt, wird verringert.

**[0046]** Ein Element der Erfindung ist die Konstantstromquelle I3 zum konstanten Laden der Kapazitäten des Feldeffekttransistors 22 und der externen Kapazitäten.

**[0047]** Die Erfindung ermöglicht durch die Reduzierung der Entladeströme die Verwendung größerer Ausgangskondensatoren (C2, C4) des als Arbeitskonstantstromquelle 16 dienenden DC/DC-Wandlers. Dadurch können EMV-Vorschriften besser Richtlinien eingehalten werden.

**[0048]** Die Erfindung ermöglicht weiter kleinere Spitzenströme im Moment der Überbrückung der LED-Ketten, dadurch geringere EMV-Störgrößen, und weniger Maximalstromüberschreitungen für die nichtüberbrückbaren LEDs.

**[0049]** Die Erfindung ermöglicht es, dass auch mehrere LEDs zur gleichen Zeit überbrückt werden können, da maximale Stromwerte eingehalten werden.

**[0050]** Die Erfindung schafft die Möglichkeit, mit Ddischarge und R4 die Drain-Source-Spannungsänderung zwischen Drain und Source und damit für den Ausgangskondensator C4 der Arbeitskonstantstromquelle 16 für den Ausschaltprozess des Feldeffekttransistors anders zu gestalten als für den Einschaltprozess, bei dem ein Ladestrom über den ohmschen Widerstand R6 fließt.

**[0051]** Dadurch können die Verluste im Feldeffekttransistor 22 während des verlangsamten Einschaltens unter Beibehaltung der Stromspitzenunterdrückung reduziert werden. Der Feldeffekttransistor 22 kann schneller in den gewünschten hochohmigen Zustand wechseln.

**[0052]** Die Steuerkonstantstromquelle I2 lädt während des Einschaltprozesses die Kapazitäten des Feldeffekttransistors 22 und auch die externen Kondensatoren CGS1 und CGD1 über den ohmschen Widerstand R6. Je größer CGD1 gewählt wird, umso mehr Zeit vergeht, bis die notwendige Gate-Source-Spannung für den leitenden Zustand aufgebaut ist. Siehe hierzu in der Figur 5a den am meisten rechts liegenden Verlauf (größter CGD1) im Vergleich zum mittleren Verlauf (mittlerer CGD1) und zum am meisten links liegenden Verlauf (kleinster CGD1). Der Ausgangswiderstand steigt durch

den verlangsamt den Anstieg der Gate-Source-Spannung ebenso verlangsamt an und limitiert den Strom. Die Spannung von Drain nach Source fällt verlangsamt ab. Siehe hierzu den Kurvenverlauf  $v(\text{Drain-SEG1})$  in Figur 5e. Die Entladung des Kondensators C2 erfolgt mit zunehmendem CGD1 und zunehmendem CGS2 zunehmend langsamer.

**[0053]** Das Abschalten des Feldeffekttransistors 22 erfolgt durch Entladen, bzw. Umladen der internen Kapazitäten durch die Diode Ddischarge und den Widerstand R4.

### Patentansprüche

1. Schaltung (100) zum Einschalten und Ausschalten von wenigstens einer Halbleiterlichtquelle (12), die innerhalb einer Reihenschaltung von ersten Leuchtdioden (D0, D6) angeordnet ist, wobei ein erstes Ende (SEG3) der Reihenschaltung an eine Arbeitskonstantstromquelle (I2) angeschlossen ist und ein zweites Ende (SEG1) der Reihenschaltung an einen Masseanschluss (20) angeschlossen ist, und wobei ein Feldeffekttransistor (22) elektrisch parallel zu der Halbleiterlichtquelle (12) geschaltet ist, wobei ein Sourceanschluss (Source1) des Feldeffekttransistors (22) an einen ersten Anschluss (SEG1) der Halbleiterlichtquelle (12) angeschlossen ist, ein Drainanschluss (Drain1) des Feldeffekttransistors (22) an einen zweiten Anschluss (SEG2) der Halbleiterlichtquelle (12) angeschlossen ist, ein Gateanschluss (Gatel) des Feldeffekttransistors (22) über einen Kondensator (CGS2) an einen Sourceanschluss (Source1) des Feldeffekttransistors (22) angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drainanschluss (Drain1) des Feldeffekttransistors (22) über einen Kondensator (CGD1) an den Gateanschluss (Gatel) des Feldeffekttransistors (22) angeschlossen ist und dass eine Steuerstromquelle (I2) über eine Parallelschaltung aus einer Diode (Ddischarge) und einem Widerstand (R6) an den Gateanschluss (Gatel) des Feldeffekttransistors (22) angeschlossen und über einen Widerstand (R4) an den Source Anschluss (Source1) des Feldeffekttransistors (22) angeschlossen ist.
2. Schaltung (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerstromquelle (I2) eine Konstantstromquelle ist.
3. Schaltung (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Arbeitskonstantstromquelle (16) ein Kondensator (C2) parallel geschaltet ist.
4. Schaltung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Feldeffekttransistor (22) ein MOSFET ist.

5. Schaltung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halbleiterlichtquelle (12) eine Zusammenschaltung von mehreren zweiten Leuchtdioden (D1, D2, D3, D4, D5) aufweist.
6. Schaltung (100) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammenschaltung eine Reihenschaltung von mehreren zweiten Leuchtdioden (D1, D2, D3, D4, D5) aufweist.
7. Schaltung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Leuchtdioden (D0, D6) und die zweiten Leuchtdioden (D1, D2, D3, D4, D5) gleich sind.
8. Schaltung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Leuchtdioden (D0, D6) von einem ersten Typ sind und die zweiten Leuchtdioden (D1, D2, D3, D4, D5) von einem zweiten Typ sind, wobei sich die beiden Typen voneinander unterscheiden.
9. Schaltung (100) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Leuchtdioden (D0, D6) dazu eingerichtet sind, Licht einer ersten Lichtfarbe zu emittieren und die zweiten Leuchtdioden (D1, D2, D3, D4, D5) dazu eingerichtet sind, Licht einer zweiten Lichtfarbe zu emittieren, die sich von der ersten Lichtfarbe unterscheidet.
10. Verwendung einer Schaltung (100) nach Anspruch 1 zum Einschalten und Ausschalten von Leuchtdioden in Beleuchtungseinrichtungen von Kraftfahrzeugen.

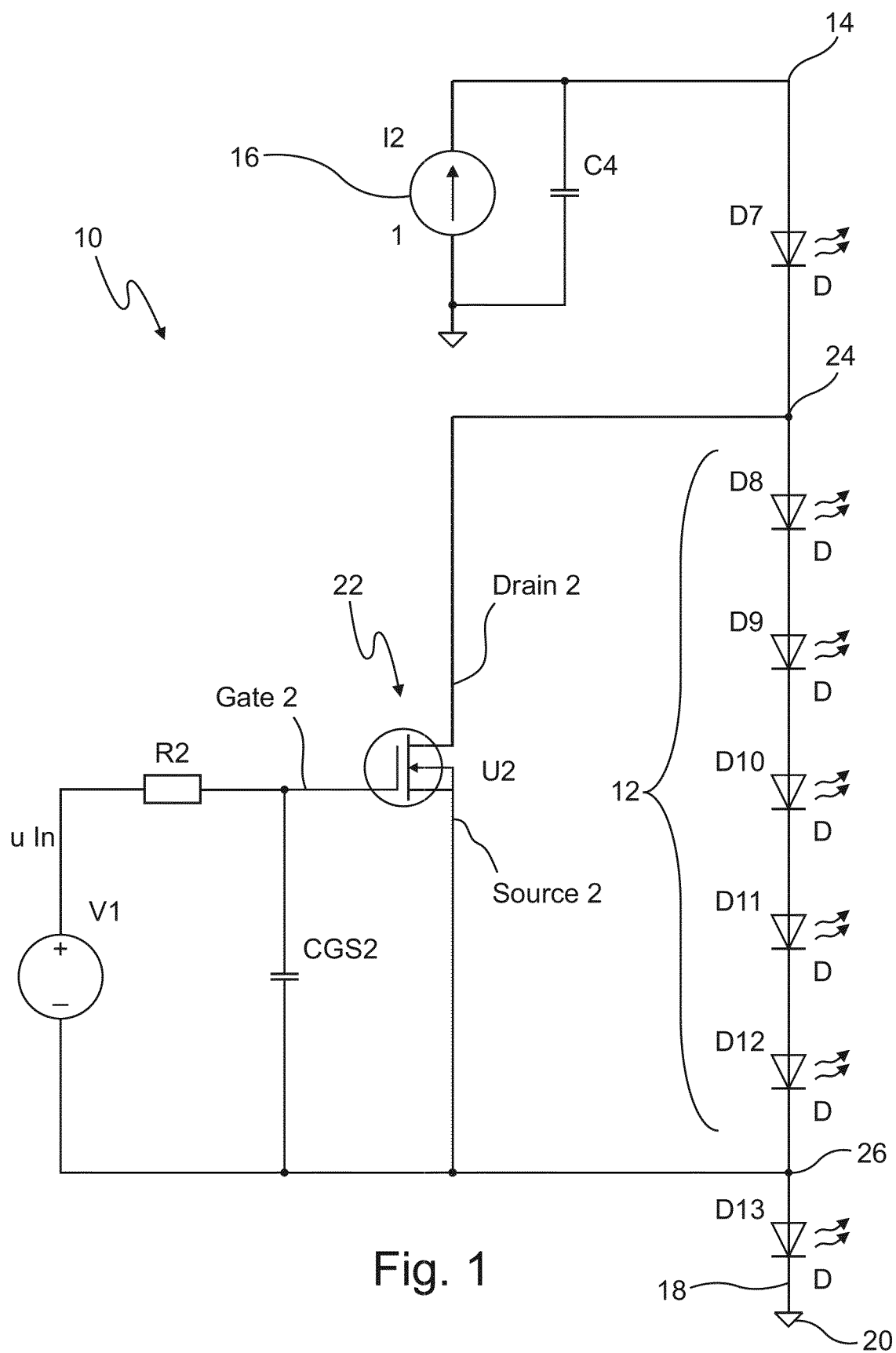


Fig. 1

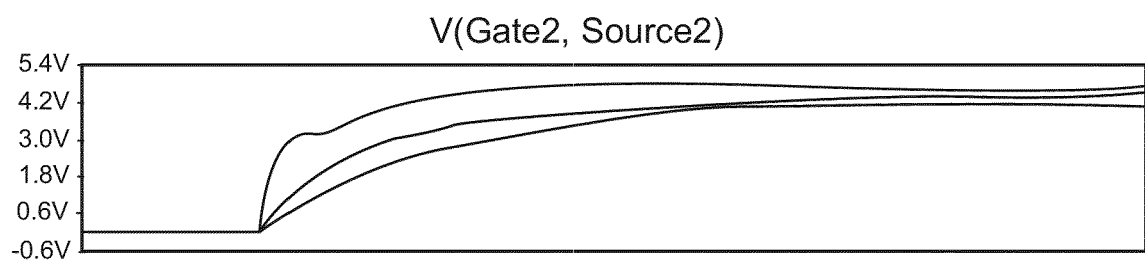


Fig. 2a

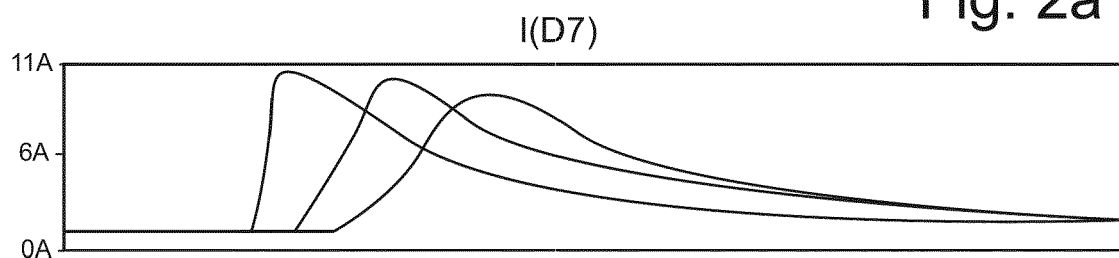


Fig. 2b

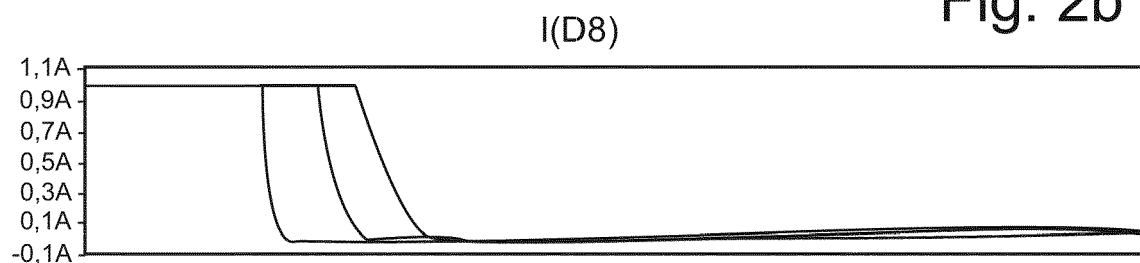


Fig. 2c

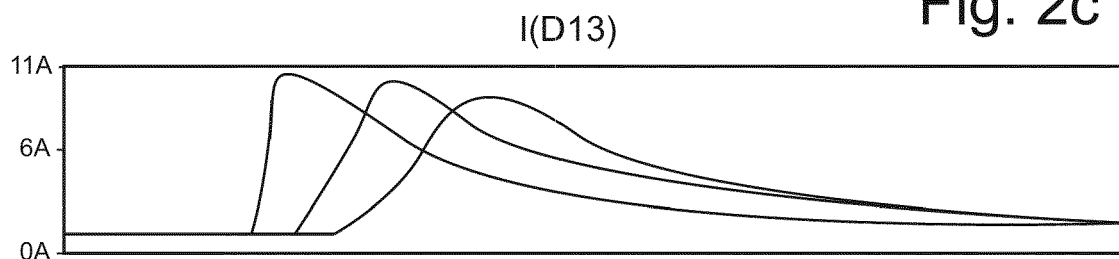


Fig. 2d

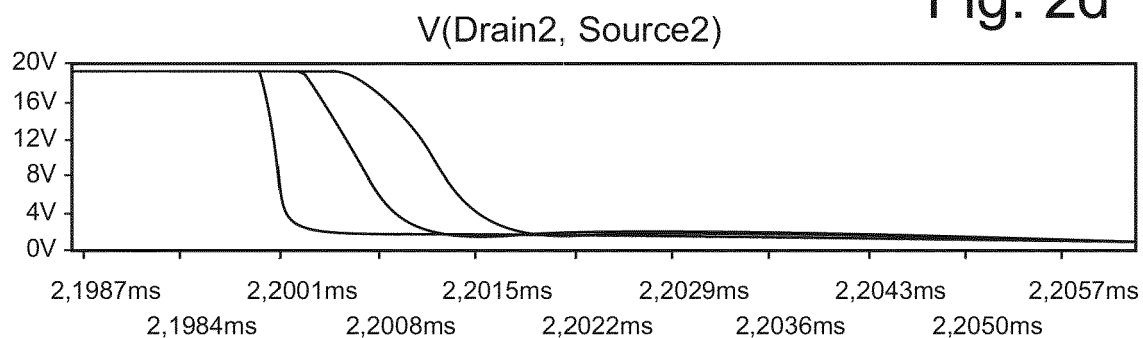


Fig. 2e



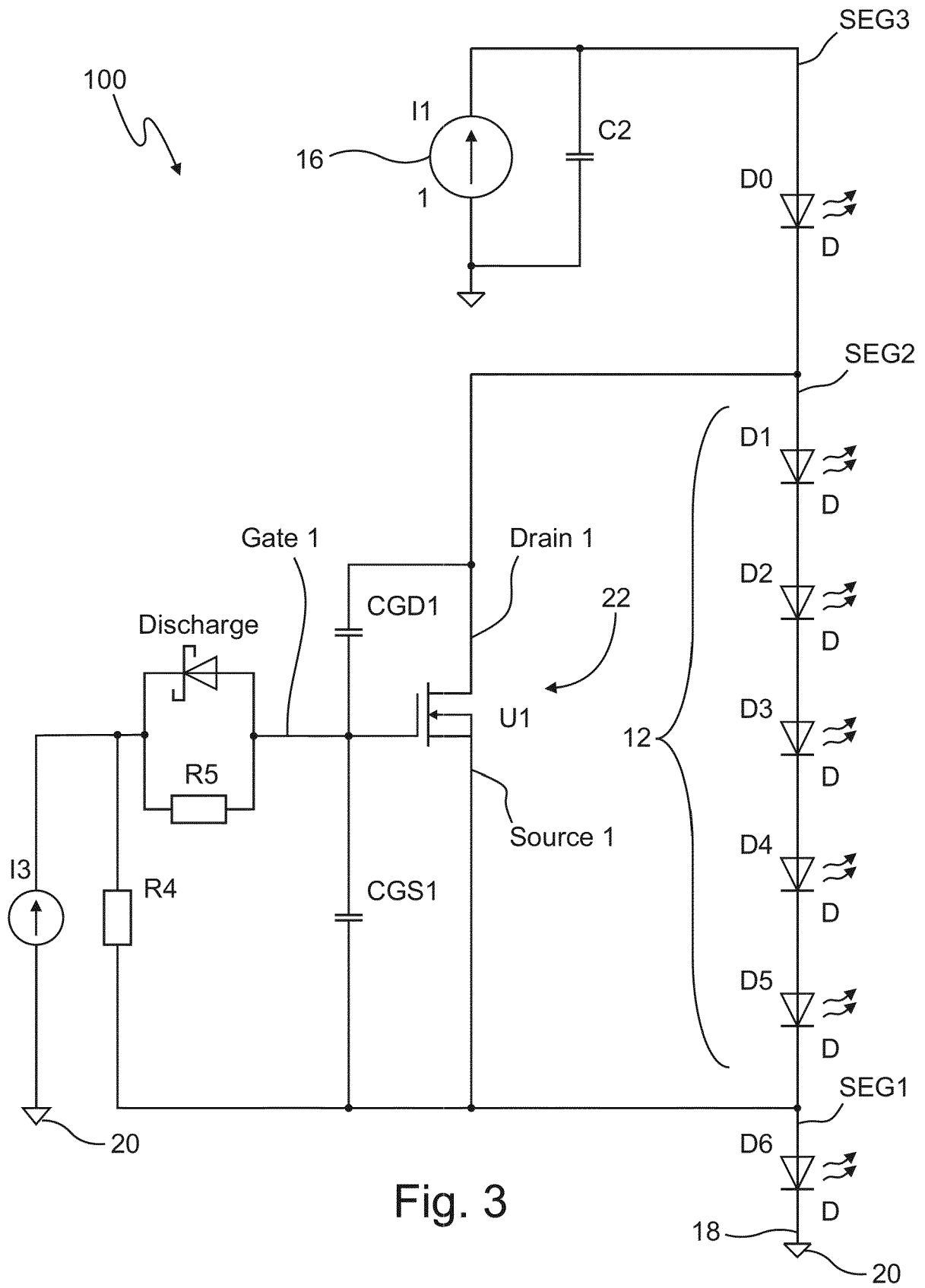


Fig. 3

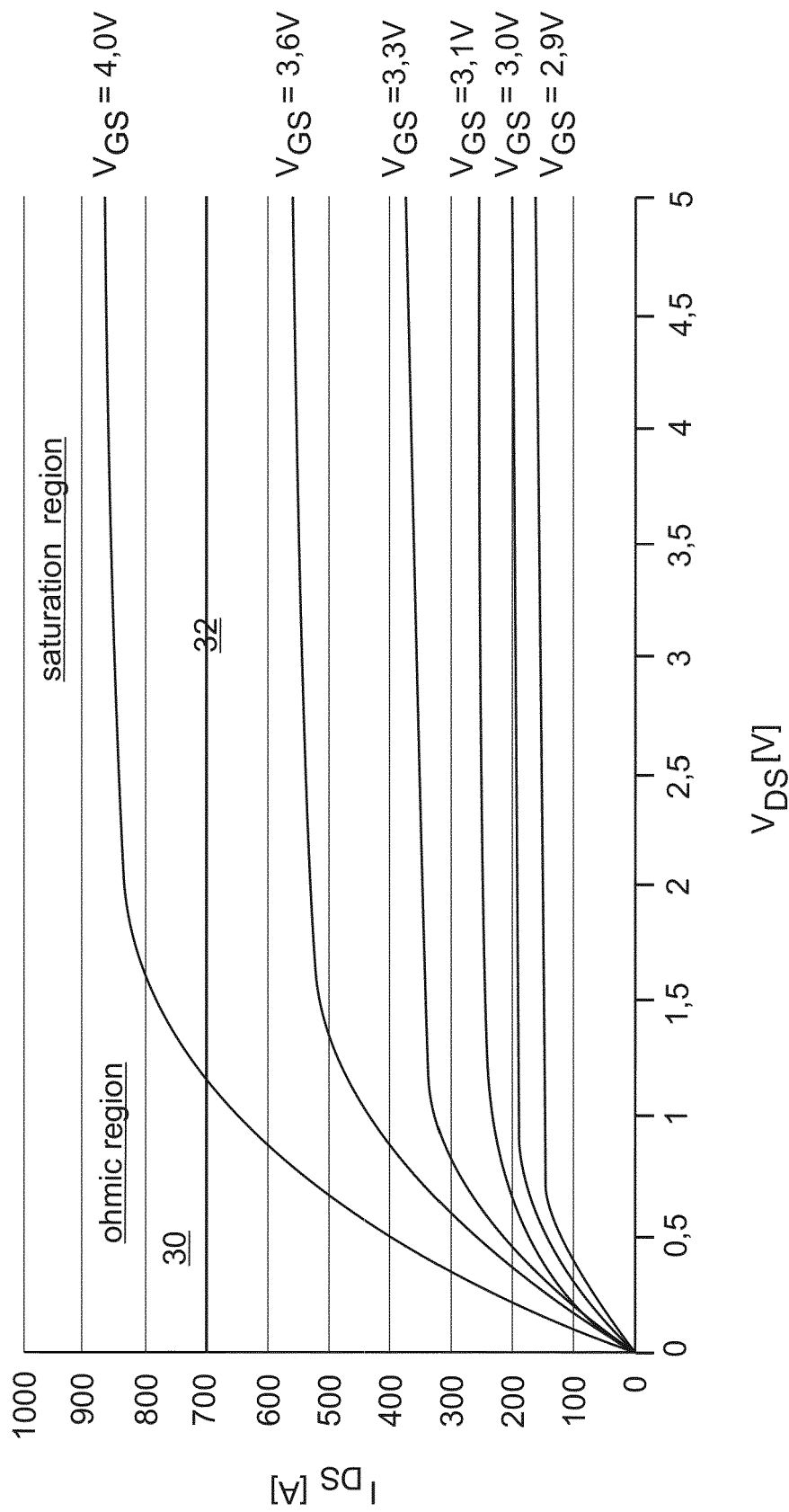


Fig. 4

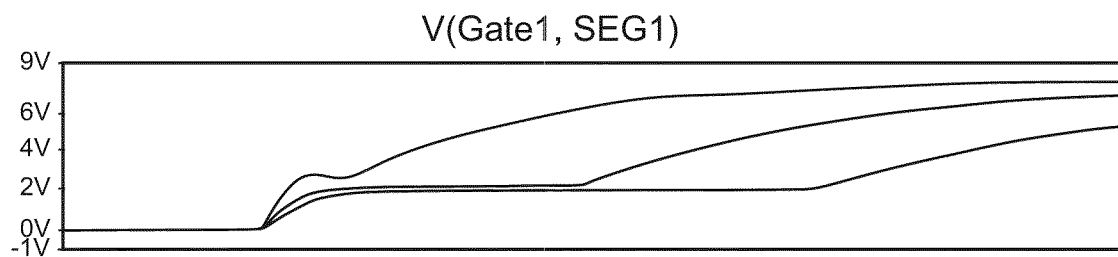


Fig. 5a

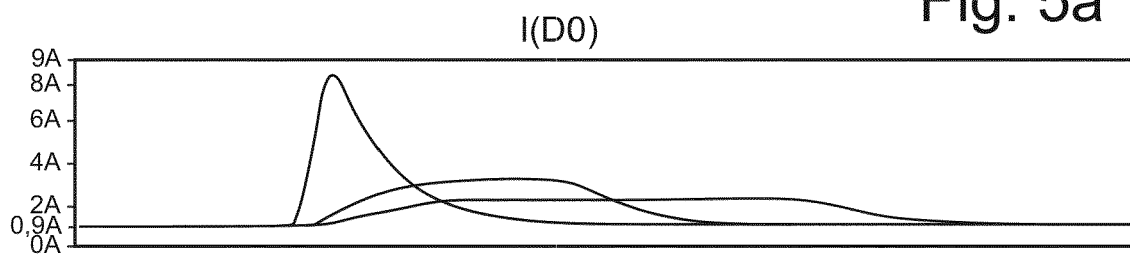


Fig. 5b

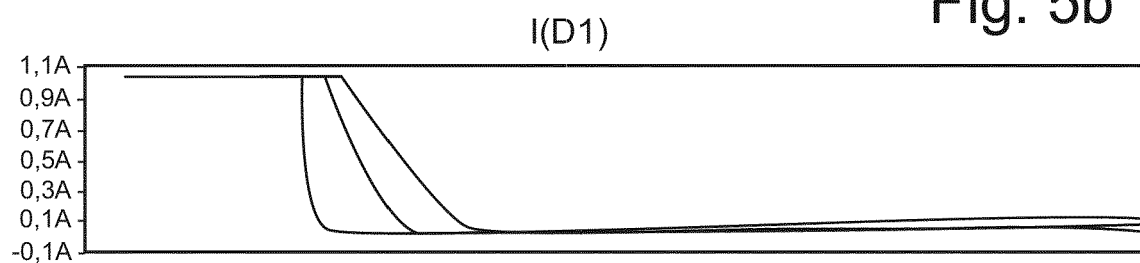


Fig. 5c

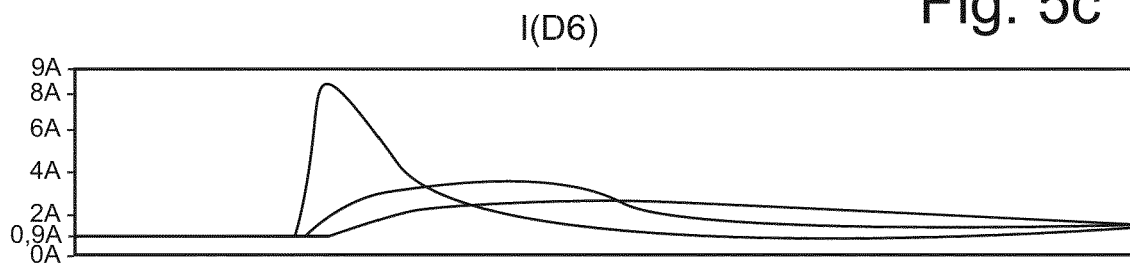


Fig. 5d

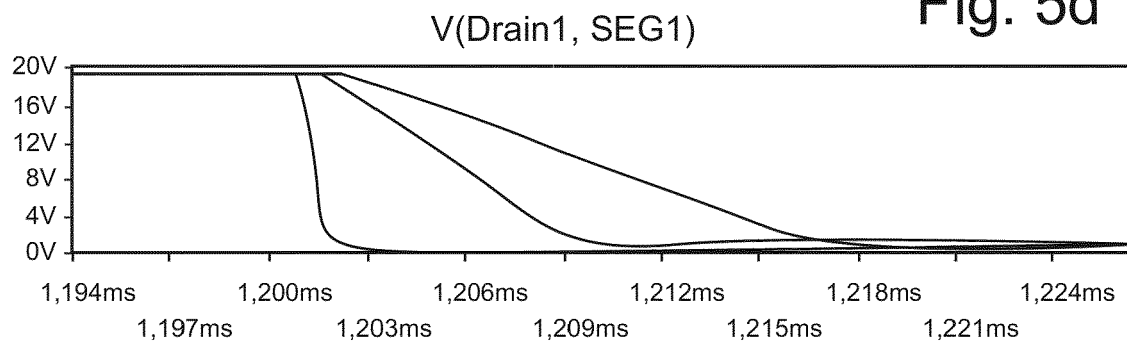


Fig. 5e

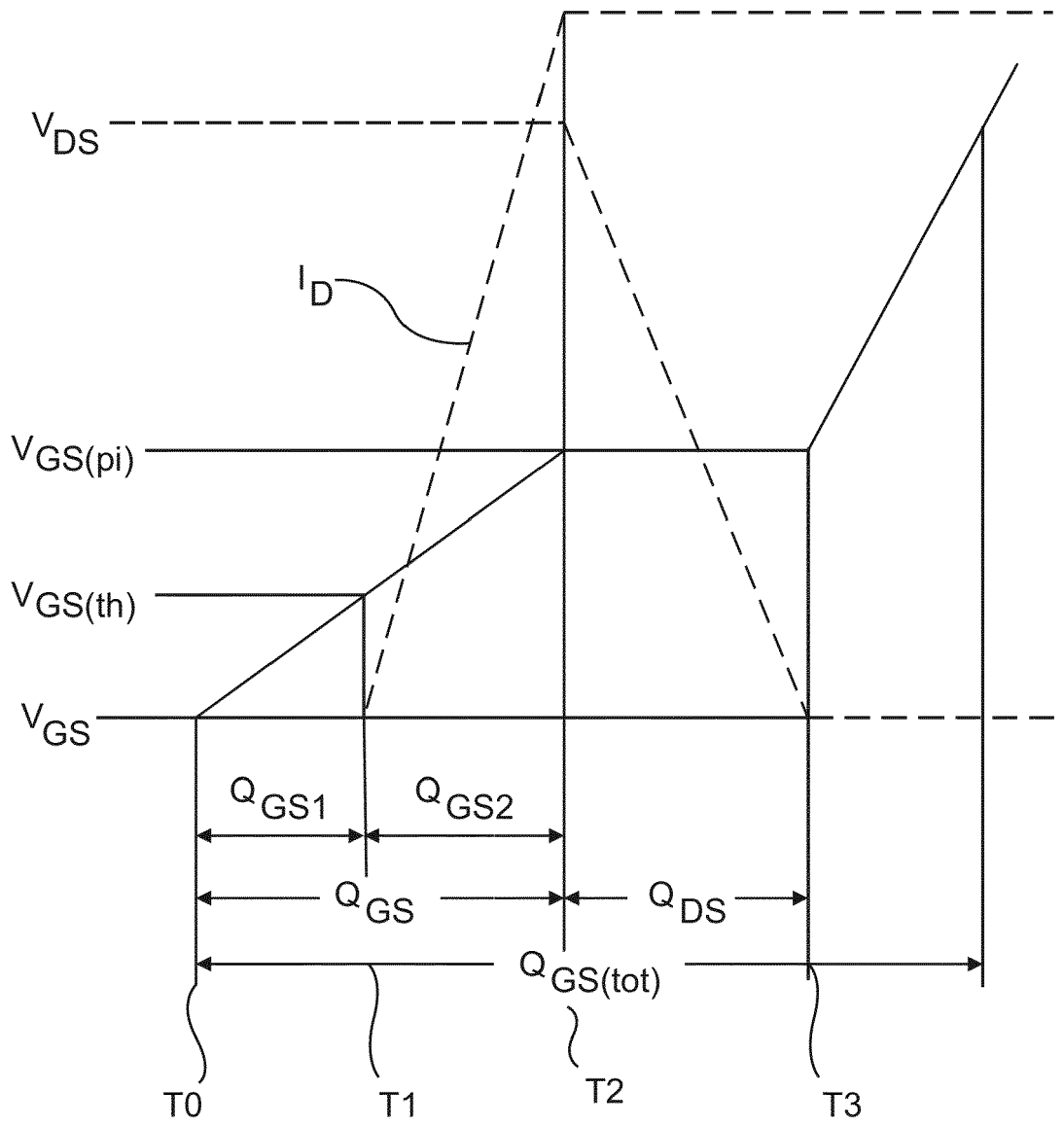


Fig. 6



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 21 17 8471

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	DE 10 2015 204526 A1 (KOITO MFG CO LTD [JP]) 17. September 2015 (2015-09-17) * Absätze [0008], [0011], [0022], [0024], [0064], [0085]; Abbildungen 7, 8 *	1-10	INV. H05B45/10 H05B45/54 H05B45/48
Y,D	DE 10 2006 031679 A1 (HELLA KGAA HUECK & CO [DE]) 10. Januar 2008 (2008-01-10) * Abbildung 1 *	1-10	
Y	US 2018/338361 A1 (DOLMAIRE LIONEL [FR] ET AL) 22. November 2018 (2018-11-22) * Absatz [0015]; Abbildung 2 *	8,9	
Y	DE 20 2017 100741 U1 (AUTOMOTIVE LIGHTING REUTLINGEN GMBH [DE]) 22. Februar 2017 (2017-02-22) * Absätze [0007], [0009], [0019], [0050] *	4,10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H05B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>21. September 2021</b>	Prüfer <b>Müller, Uta</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 17 8471

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

21-09-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102015204526 A1	17-09-2015	CN 104918359 A DE 102015204526 A1 FR 3018659 A1 US 2015264754 A1	16-09-2015 17-09-2015 18-09-2015 17-09-2015
20	DE 102006031679 A1	10-01-2008	DE 102006031679 A1 EP 2039224 A1 WO 2008006518 A1	10-01-2008 25-03-2009 17-01-2008
25	US 2018338361 A1	22-11-2018	CN 108966408 A EP 3405006 A1 FR 3066674 A1 JP 2018198201 A US 2018338361 A1	07-12-2018 21-11-2018 23-11-2018 13-12-2018 22-11-2018
30	DE 202017100741 U1	22-02-2017	KEINE	
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102006031679 A1 [0002]