



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **199 24 316.6**
(22) Anmeldetag: **27.05.1999**
(43) Offenlegungstag: **30.11.2000**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.10.2010**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 33/58** (2010.01)
H01L 33/54 (2010.01)
H01L 51/52 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Zumtobel Lighting GmbH, Dornbirn, AT

(74) Vertreter:
**Mitscherlich & Partner, Patent- und
Rechtsanwälte, 80331 München**

(72) Erfinder:
Sejkora, Günther, Dr., Schwarzenberg, AT

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

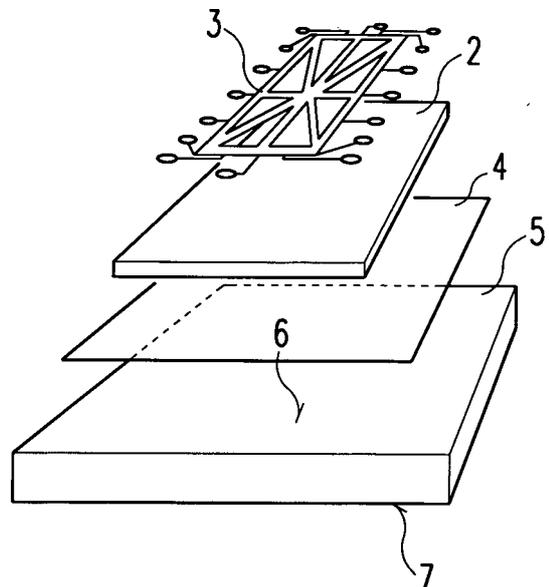
DE	198 07 758	A1
DE	196 29 920	A1
DE	25 10 267	A1
DE	15 39 564	A
GB	15 31 500	A
EP	07 98 788	A1

**Burrows, P.E., et al.: Achieving Full-Color Organic
Light-Emitting Devices for Lightweight,
Flat-Panel Displays. In: IEEE Transactions On
Electron Devices, Vol. 44, No. 8, Aug. 1997, S.
1188-1203**

JP 63-104 489 A (Abstract)

(54) Bezeichnung: **Lumineszenzdiode**

(57) Hauptanspruch: Lumineszenzdiode, mit einem Substrat (2) aus einem Halbleitermaterial, zwei mit dem Substrat verbundenen Elektroden (3, 4), mittels derer an das Substrat eine Spannung angelegt werden kann, und einem optischen Element (5) aus einem lichtdurchlässigen Material zum Auskoppeln der in dem Substrat (2) erzeugten Lichtstrahlen, wobei das optische Element (5) eine Lichteintrittsfläche (6) und eine parallel zu dieser ausgerichtete Lichtaustrittsfläche (7; 7-1) aufweist und die Lichteintrittsfläche (6) dem Substrat (2) zugewandt und parallel zur Begrenzungsfläche (10) des Substrats ausgerichtet ist, wobei die Brechungsindizes des Halbleitermaterials und des optischen Elements (5) derart gleich sind, dass die vom Substrat (2) erzeugten Lichtstrahlen beim Übergang in das optische Element (5) weder gebrochen noch total reflektiert werden, wobei die Lichtaustrittsfläche (7; 7-1) des optischen Elements (5) die Basisfläche eines Kreiskegels (12) bildet, dessen Spitze auf der optischen Achse (11) des optischen Elements und auf der Lichteintrittsfläche (6) liegt und der einen Öffnungswinkel hat,...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Lumineszenzdiode nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

[0002] Lumineszenzdioden, meist als Leuchtdioden oder auch kurz als LED's bezeichnet, finden hauptsächlich in Anzeigevorrichtungen, wie Displays und dergleichen, Anwendung. Lumineszenzdioden nutzen die Erscheinung der Elektro-Lumineszenz, d. h. der Lichterzeugung durch elektrischen Strom aufgrund einer direkten atomaren Anregung ohne notwendige Erwärmung.

[0003] Der prinzipielle Aufbau einer solchen Lumineszenzdiode ist schematisch in den [Fig. 1A](#) und B gezeigt. Die Diode **1** besteht aus einem Substrat **2** aus einem Halbleitermaterial, zwei mit dem Substrat verbundenen Elektroden **3** und **4** und einem optischen Element **5** aus einem lichtdurchlässigen Material. Das optische Element **5** weist eine Lichteintrittsfläche **6** und eine parallel zu dieser orientierte Lichtaustrittsfläche **7** auf, wobei die Lichteintrittsfläche **6** dem Substrat **2** zugewandt und parallel zur Begrenzungsfläche des Substrats ausgerichtet ist. Als negative Elektrode **3** eignet sich beispielsweise eine Elektrode aus Al, Ca oder Ag, für die positive Elektrode **4** kann bei der vorliegenden Elektrodenanordnung von [Fig. 1](#) eine transparente Elektrode beispielsweise aus Indium-Zinn-Oxyd (ITO) eingesetzt werden. Die beiden Elektroden **3**, **4** können mit einer Spannungsquelle **9** verbunden werden.

[0004] Als Halbleitermaterial eignen sich sowohl anorganische Halbleiter als auch organische Halbleiter. Als anorganische Halbleiter sind praktisch nur Verbindungshalbleiter mit zwei oder mehr Komponenten geeignet, wie beispielsweise GaAs, GaP, GaAsP, SiC und dergleichen, wobei im Substrat der Diode eine p-dotierte Halbleiterschicht an eine n-dotierte Halbleiterschicht angrenzt. Beim Anlegen einer Spannung über die Elektroden an das Substrat dringen – bei entsprechender Polung in Durchlaßrichtung der Diode-Elektronen (negative Ladungsträger) aus der n-dotierten Halbleiterschicht in die p-dotierte Halbleiterschicht und Löcher (positive Ladungsträger) aus der p-dotierten Halbleiterschicht in die n-dotierte Halbleiterschicht. Nach dem Eindringen der Elektronen und Löcher in die p- bzw. n-dotierte Schicht rekombinieren diese mit den dort vorhandenen freien Ladungsträgern entgegengesetzter Polung, d. h. mit den Löchern der p-dotierten Schicht bzw. mit den Elektronen der n-dotierten Schicht. Bei dieser Rekombination wird Energie frei, die zum Teil in Licht eingewandelt wird und das Substrat durch die Begrenzungsfläche verlassen kann.

[0005] Als organisches Halbleitermaterial eignen sich Polymere, wie zum Beispiel Poly-p-Phenylen-Vi-

nylen (PPV). Das Funktionsprinzip der Elektro-Lumineszenz ist das gleiche wie bei den anorganischen Halbleitermaterialien, die Dotierung erfolgt bei den organischen Polymeren mittels Oxidations- und Reduktionsmitteln.

[0006] In [Fig. 2](#) ist der Lichtaustritt des durch Rekombination im Halbleitermaterial erzeugten Lichts aus dem Substrat **2** dargestellt. Nur Lichtstrahlen, die mit einem Winkel α auf die Begrenzungs- bzw. Austrittsfläche **10** des Substrats **2** treffen, der kleiner als der Grenzwinkel der Totalreflexion α_T ist, können das Halbleitersubstrat **2** verlassen. Treffen die Lichtstrahlen hingegen unter einem größeren Winkel als α_T auf die Austrittsfläche **10**, so werden sie an dieser total reflektiert. Bei einem anorganischen Halbleiter ist der Brechungsindex des Substrats $n_S \approx 4$ oder größer, so daß der Grenzwinkel der Totalreflexion α_T gegenüber Luft ($n=1$) etwa 15° beträgt. Bei organischen Halbleitern ist $n_S \approx 1,5$ und somit α_T gegenüber Luft ungefähr 40° . Aus diesem Grunde können bei einem organischen Halbleiter etwa 25% des im Halbleitermaterial erzeugten Lichts das Substrat direkt verlassen, bei einem anorganischen Halbleiter sind es dagegen nur etwa 3–4%.

[0007] Obwohl der interne Wirkungsgrad der Lumineszenzdioden bei ungefähr 80% liegt, d. h. etwa 80% der in die Lumineszenzdiode eingeführten elektrischen Energie in Licht umgewandelt wird, ist die Leistungsstärke bekannter Lumineszenzdioden aufgrund des oben beschriebenen niedrigen externen Wirkungsgrades von nur 25% bzw. 3–4% relativ gering. Ein großer Teil des erzeugten Lichts tritt nicht aus der Leuchtdiodenstruktur aus, sondern wird darin absorbiert und in Wärme umgewandelt.

[0008] Aus der Schrift GB 1 531 500 A ist elektrolumineszierende Anordnung mit einem Substrat aus einem Halbleitermaterial bekannt. Lichtstrahlen, die von der Anordnung ausgehen, durchsetzen einen Halbleiterkristall. Der Halbleiterkristall weist eine Lichteintrittsfläche und eine dazu parallele Lichtaustrittsfläche auf.

[0009] Aus der DE 1 539 564 A ist eine Lumineszenzdiode bekannt, deren Wirkungsgrad durch Reflexion der emittierten Strahlung an einer als Hohlspiegel wirkenden Fläche erhöht ist.

[0010] Aus der DE 25 10 267 A1 ist eine Leuchtdiodenanordnung mit gerichteter Strahlenausendung bekannt. In dem Artikel "Achieving Full-Color Organic Light-Emitting Devices for Lightweight, Flat-Panel Displays" von P. E. Burrows et al. (IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 44, No. 8 (1997), S. 1188–1203) sind organische LEDs beschrieben. Aus der EP 0 798 788 A1 ist ein optisches Element zur Verwendung in einer Anzeigevorrichtung bekannt. Das optische Element ist auf Leuchtdioden aufge-

setzt und weist eine Lichtaustrittsfläche mit unterschiedlich orientierten Teilflächen auf.

[0011] Ausgehend von dem oben beschriebenen bekannten Stand der Technik ist es deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den externen Wirkungsgrad, d. h. den Anteil des aus dem Halbleitersubstrat austretenden Lichts, von Lumineszenzdioden deutlich zu verbessern.

[0012] Diese Aufgabe wird durch eine Lumineszenzdiode mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0013] Bei der Lumineszenzdiode gemäß der vorliegenden Erfindung wird das optische Element derart ausgewählt, dass die Brechungsindizes des Substrats und des optischen Elements in etwa gleich sind. Hierdurch wird erreicht, daß die vom Halbleitersubstrat erzeugten Lichtstrahlen beim Übergang in das optische Element weder gebrochen noch total reflektiert werden. Weiter bildet die Lichtaustrittsfläche des optischen Elements die Basis eines Kreiskegels mit der Spitze auf der optischen Achse des optischen Elements und auf der Lichteintrittsfläche und mit einem Öffnungswinkel, der kleiner als der Grenzwinkel der Totalreflexion zwischen dem optischen Element und der Umgebung der Lumineszenzdiode ist, und die Seitenflächen des optischen Elements sind von der Lichteintrittsfläche zu der Lichtaustrittsfläche des optischen Elements konvex ausgebildet. Durch diese Maßnahme treffen die Lichtstrahlen, die innerhalb des Grenzwinkels der Totalreflexion vom Substrat in das optische Element eintreten, direkt auf die Lichtaustrittsfläche und werden dort aufgrund ihres kleinen Einfallswinkels aus dem optischen Element herausgebrochen. Lichtstrahlen, die unter einem größeren Winkel in das optische Element einkoppeln, treffen auf die gekrümmten Seitenflächen des optischen Elements, werden dort total reflektiert und treffen dann unter einem steileren Winkel auf die Lichtaustrittsfläche, wo sie deshalb ebenfalls aus dem optischen Element auskoppeln können.

[0014] Mit der erfindungsgemäßen Konstruktion der Lumineszenzdiode können bis zu 100% des im Halbleitersubstrat erzeugten Lichts aus der Lumineszenzdiode ausgekoppelt werden.

[0015] Vorzugsweise sind die Seitenflächen des optischen Elements in Form einer Parabel gekrümmt sind, wobei die Achse der Parabel vorteilhafterweise mit der optischen Achse des optischen Elements einen Winkel einschließt, der kleiner als der Grenzwinkel der Totalreflexion ist.

[0016] Für das Substrat kommen sowohl anorganische als auch organische Halbleitermaterialien in Betracht.

[0017] Weiter vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand weiterer Unteransprüche.

[0018] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele näher beschrieben.

[0019] [Fig. 1A](#) und B zeigen schematisch den Aufbau einer herkömmlichen Lumineszenzdiode;

[0020] [Fig. 2](#) zeigt schematisch die Problematik der Lichtauskopplung bei herkömmlichen Lumineszenzdioden;

[0021] [Fig. 3](#) zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer Lumineszenzdiode gemäß der vorliegenden Erfindung; und

[0022] [Fig. 4](#) zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer Lumineszenzdiode gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0023] Die [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) zeigen zwei bevorzugte Ausführungsbeispiele einer Lumineszenzdiode **1**, auch kurz LED genannt, schematisch im Schnitt. In beiden Figuren werden für gleiche Elemente die gleichen Bezugszeichen verwendet wie in den eingangs beschriebenen [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#). Der Einfachheit halber sind die Elektroden und die Spannungsquelle in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) nicht gezeigt, da sie nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind. Grundsätzlich sind alle bekannten Ausführungsformen und Anordnungen von Elektroden bei der Lumineszenzdiode **1** gemäß der Erfindung anwendbar. Darüber hinaus ist es auch wie bei herkömmlichen Lumineszenzdioden möglich, die Lumineszenzdiode **1** sowohl mit Gleichspannung als auch mit Wechselspannung zu betreiben.

[0024] Die Lumineszenzdiode **1** besteht im wesentlichen aus einem Substrat **2** aus einem Halbleitermaterial und einem optischen Element **5** aus einem transparenten Material. Das Substrat **2** ist ferner mit zwei Elektroden verbunden (nicht gezeigt), über die eine Spannung an das Halbleitersubstrat angelegt werden kann. Als Halbleitermaterialien eignen sich, wie bereits in der Beschreibungseinleitung erwähnt, sowohl anorganische Halbleiter als auch organische Halbleiter. Hierbei sind insbesondere die gängigen mehrkomponentigen Halbleiter, wie GaAs, GaP, GaAsP, SiC, usw., sowie die organischen Polymere, wie zum Beispiel Poly-p-Phenylene-Vinylene (PPV) zu nennen. Die Halbleitermaterialien werden entsprechend der allgemeinen Praxis dotiert. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf bestimmte Halbleitermaterialien oder deren Dotierungen beschränkt.

[0025] Das optische Element **5** besteht aus einem transparenten Material, wie beispielsweise einem

transparentem Kunststoff, welches etwa den gleichen Brechungsindex hat wie das Halbleitersubstrat **2**. Hierdurch wird erreicht, daß die vom Halbleitersubstrat mittels Elektro-Lumineszenz erzeugten Lichtstrahlen beim Übergang in bzw. Auftreffen auf das optische Element weder gebrochen noch total reflektiert werden, wenn die Grenzflächen des Substrats **2** und des optischen Elements **5** direkt aneinander angrenzen.

[0026] Das optische Element **5** weist eine Lichteintrittsfläche **6** und eine Lichtaustrittsfläche **7** auf, die parallel zueinander angeordnet sind. Die Lichteintrittsfläche **6** ist dem Substrat **2** zugewandt und vorzugsweise mit diesem mittels eines transparenten Klebemittels direkt verbunden. Die Lichtaustrittsfläche **7** hat eine größere Fläche als die Lichteintrittsfläche **6**. Die Lichtaustrittsfläche **7** ist dabei so bemessen, daß sie die Basisfläche eines (gedachten) Kreiskegels **12** bildet, dessen Spitze auf der optischen Achse **11** des optischen Elements **5** und auf der Lichteintrittsfläche **6** liegt und der einen Öffnungswinkel hat, der (zumindest etwas) kleiner als der Grenzwinkel der Totalreflexion α_T zwischen dem optischen Element **5** und der Umgebung der Lumineszenzdiode (zum Beispiel gilt für Luft $n \approx 1$) ist. Hierdurch wird gewährleistet, daß die Lichtstrahlen **13**, die innerhalb des Grenzwinkels der Totalreflexion α_T vom Substrat **2** in das optische Element **5** einkoppeln, direkt auf die Lichtaustrittsfläche **7** treffen. Diese Lichtstrahlen **13** können das optische Element **5** durch die Lichtaustrittsfläche **7** verlassen, da ihr Einfallswinkel auf die Lichtaustrittsfläche **7** kleiner als α_T ist, wobei sie vom Lot weggebrochen werden.

[0027] Die Seitenflächen **8** des optischen Elements **5** verlaufen zwischen der Lichteintrittsfläche **6** und der Lichtaustrittsfläche **7** konvex, d. h. nach außen gekrümmt. Vorzugsweise sind die Seitenflächen **8** in Form einer Parabel gekrümmt, die insbesondere derart ausgewählt ist, daß die Achse der Parabel mit der optischen Achse **11** des optischen Elements **5** einen Winkel einschließt, der kleiner als der Grenzwinkel der Totalreflexion α_T ist. Somit treffen Lichtstrahlen **14**, die das Substrat unter einem Winkel verlassen, der größer als α_T ist, auf die gekrümmten Seitenflächen **8** und werden von diesen total reflektiert, da ihr Einfallswinkel auf die Seitenfläche größer als α_T ist. Anschließend treffen diese Lichtstrahlen **14** auf die Lichtaustrittsfläche **7** des optischen Elements **5**, und zwar unter einem Winkel kleiner als α_T , so daß sie aus dem optischen Element **5** austreten können.

[0028] Auf diese Weise ist es möglich, daß bei entsprechender optimierter Formgebung des optischen Elements **5** gemäß den obigen Ausführungen bis zu 100% des im Halbleitersubstrat **2** erzeugten Lichts aus dem optischen Element **5** ausgekoppelt werden können. Um die Totalreflexion der Lichtstrahlen **14** an den Seitenflächen **8** des optischen Elements **5** in je-

dem Fall sicherzustellen, ist es außerdem möglich, die Seitenflächen **8** reflektierend auszubilden, beispielsweise mit einem reflektierenden Material zu beschichten.

[0029] Insbesondere bei kleinen Grenzwinkeln α_T , wie sie vor allem bei anorganischen Halbleitern auftreten, werden die optischen Elemente **5** nach der oben beschriebenen Konstruktion sehr hoch. In diesem Fall ist es günstiger, die Lumineszenzdiode **1** gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung auszubilden, wie dies in [Fig. 4](#) gezeigt ist.

[0030] Die Lumineszenzdiode **1** gemäß [Fig. 4](#) besteht ebenfalls im wesentlichen aus einem Substrat **2** aus einem Halbleitermaterial und einem optischen Element **5** aus einem transparenten Material. Das Substrat **2** ist mit zwei Elektroden verbunden (nicht gezeigt), über die eine Spannung an das Halbleitersubstrat angelegt werden kann. Bezüglich der Auswahl der Materialien wird an dieser Stelle auf die obigen Ausführungen zum ersten Ausführungsbeispiel verwiesen.

[0031] Das optische Element **5** weist ebenfalls eine Lichteintrittsfläche **6** und eine Lichtaustrittsfläche **7-1** auf, die im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind. Die Lichteintrittsfläche **6** ist dem Substrat **2** zugewandt und vorzugsweise mit diesem mittels eines transparenten Klebemittels direkt verbunden. Die Lichtaustrittsfläche **7-1** bildet wiederum die Basisfläche eines (gedachten) Kreiskegels **12**, dessen Spitze auf der optischen Achse **11** des optischen Elements **5** und auf der Lichteintrittsfläche **6** liegt und der einen Öffnungswinkel hat, der wenigstens etwas kleiner als der Grenzwinkel der Totalreflexion α_T zwischen dem optischen Element **5** und der Umgebung ist. Hierdurch wird gewährleistet, daß die Lichtstrahlen **13**, die innerhalb des Grenzwinkels der Totalreflexion α_T vom Substrat **2** in das optische Element **5** einkoppeln, direkt auf die Lichtaustrittsfläche **7-1** treffen. Diese Lichtstrahlen **13** können das optische Element **5** durch die Lichtaustrittsfläche **7-1** verlassen, wobei sie vom Lot weggebrochen werden.

[0032] Die achsnahe Lichtaustrittsfläche **7-1** ist von einer Ringfläche **7-2** umgeben, die gegen das Substrat **2** hin derart gekrümmt ist, daß an den Seitenflächen **8** des optischen Elements **5** reflektierte und auf die Ringfläche fallende Lichtstrahlen aus der Ringfläche **7-2** ausgekoppelt werden. Die Ringfläche **7-2** erstreckt sich von der ebenen Lichtaustrittsfläche **7-1** bis zu den Seitenflächen **8** des optischen Elements **5**. Die Ringfläche **7-2** ist dabei vorzugsweise in Form einer logarithmischen Spirale mit einem Anstiegswinkel kleiner als α_T ausgebildet. Die Seitenflächen **8** des optischen Elements **5** verlaufen wie beim ersten Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 3](#) zwischen der Lichteintrittsfläche **6** und der Lichtaustrittsfläche **7-1** bzw. der Ringfläche **7-2** konvex gekrümmt. Vorzugsweise

sind die Seitenflächen **8** in Form einer Parabel gekrümmt, die besonders vorteilhaft derart ausgewählt ist, daß die Achse der Parabel mit der optischen Achse **11** des optischen Elements **5** einen Winkel einschließt, der kleiner als der Grenzwinkel der Totalreflexion α_T ist.

[0033] Aufgrund der konvexen Krümmung sowohl der Seitenflächen **8** als auch der Ringfläche **7-2** treffen Lichtstrahlen **14**, die das Substrat **2** unter einem Winkel verlassen, der größer als α_T ist, auf die gekrümmten Seitenflächen **8** und werden von diesen total reflektiert, da ihr Einfallswinkel auf die Seitenfläche größer als α_T ist. Anschließend treffen diese Lichtstrahlen **14** auf die Ringfläche **7-2** des optischen Elements **5**, und zwar ebenfalls unter einem Winkel kleiner als α_T , so daß sie aus dem optischen Element **5** austreten können.

[0034] Somit ist es auch bei kleineren Grenzwinkeln α_T auf einfache Weise möglich, den Wirkungsgrad der Lumineszenzdiode bis auf 100% zu erhöhen, ohne daß das optische Element **5** zu hoch und kompliziert wird.

[0035] Wie im ersten Ausführungsbeispiel ist es auch hier möglich, die Seitenflächen **8** des optischen Elements **5** zusätzlich reflektierend auszubilden. Dies erfolgt beispielsweise durch Beschichtung mit einem reflektierenden Material.

[0036] Die Lumineszenzdioden **1** können wie herkömmliche Lumineszenzdioden in Reihen oder matrixartig über eine Fläche verteilt angeordnet werden, um so eine linienförmige oder flächenförmige Lumineszenzdioden-Anzeigeeinheiten zu bilden.

Patentansprüche

1. Lumineszenzdiode, mit einem Substrat (**2**) aus einem Halbleitermaterial, zwei mit dem Substrat verbundenen Elektroden (**3**, **4**), mittels derer an das Substrat eine Spannung angelegt werden kann, und einem optischen Element (**5**) aus einem lichtdurchlässigen Material zum Auskoppeln der in dem Substrat (**2**) erzeugten Lichtstrahlen, wobei das optische Element (**5**) eine Lichteintrittsfläche (**6**) und eine parallel zu dieser ausgerichtete Lichtaustrittsfläche (**7**; **7-1**) aufweist und die Lichteintrittsfläche (**6**) dem Substrat (**2**) zugewandt und parallel zur Begrenzungsfläche (**10**) des Substrats ausgerichtet ist, wobei die Brechungsindizes des Halbleitermaterials und des optischen Elements (**5**) derart gleich sind, dass die vom Substrat (**2**) erzeugten Lichtstrahlen beim Übergang in das optische Element (**5**) weder gebrochen noch total reflektiert werden, wobei die Lichtaustrittsfläche (**7**; **7-1**) des optischen Elements (**5**) die Basisfläche eines Kreiskegels (**12**) bildet, dessen Spitze auf der optischen Achse (**11**) des optischen Elements und auf der Lichteintrittsfläche

(**6**) liegt und der einen Öffnungswinkel hat, der kleiner als der Grenzwinkel der Totalreflexion (α_T) zwischen dem optischen Element und der Umgebung ist,

wobei die Seitenflächen (**8**) des optischen Elements (**5**) von der Lichteintrittsfläche (**6**) zu der Lichtaustrittsfläche (**7**; **7-1**) konvex verlaufen,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Basisfläche (**7-1**) des Kreiskegels von einer Ringfläche (**7-2**) umgeben ist, die gegen das Substrat (**2**) derart gekrümmt ist, dass an den Seitenflächen (**8**) des optischen Elements (**5**) reflektierte und auf die Ringfläche (**7-2**) fallende Lichtstrahlen (**14**) aus der Ringfläche (**7-2**) ausgekoppelt werden, wobei die Ringfläche (**7-2**) in Form einer logarithmischen Spirale mit einem Anstiegswinkel, der kleiner als der Grenzwinkel der Totalreflexion (α_T) ist, ausgebildet ist.

2. Lumineszenzdiode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenflächen (**8**) des optischen Elements (**5**) in Form einer Parabel gekrümmt sind.

3. Lumineszenzdiode nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Achse der Parabel der Seitenflächen (**8**) mit der optischen Achse (**11**) des optischen Elements (**5**) einen Winkel einschließt, der kleiner als der Grenzwinkel der Totalreflexion (α_T) ist.

4. Lumineszenzdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (**2**) aus einem anorganischen Halbleitermaterial gebildet ist.

5. Lumineszenzdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (**2**) aus einem organischen Halbleitermaterial gebildet ist.

6. Lumineszenzdiode nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenflächen (**8**) des optischen Elements (**5**) reflektierend ausgebildet sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

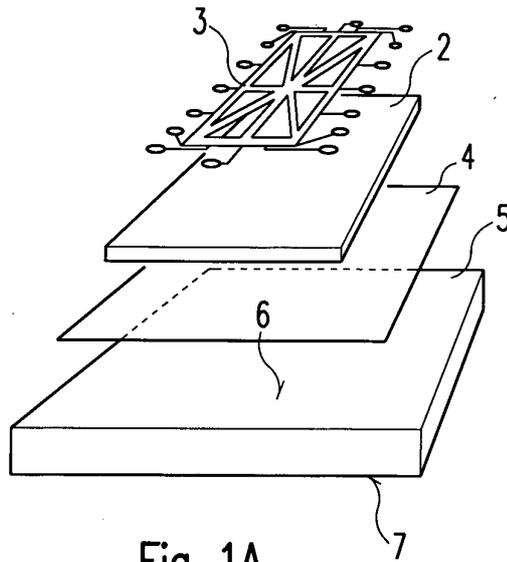


Fig. 1A
Stand der Technik

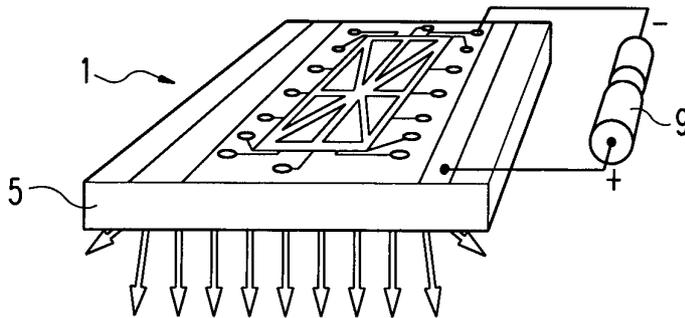


Fig. 1B
Stand der Technik

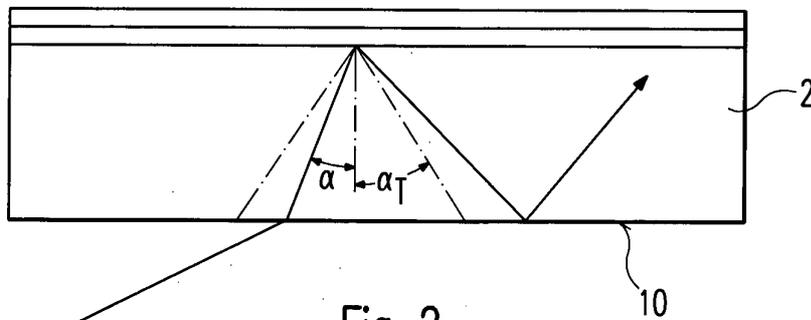


Fig. 2
Stand der Technik

