



(10) **DE 10 2012 005 658 B4** 2013.10.24

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 005 658.3**

(22) Anmeldetag: **22.03.2012**

(43) Offenlegungstag: **26.09.2013**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **24.10.2013**

(51) Int Cl.: **G02F 2/02 (2012.01)**

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:

SCHOTT AG, 55122, Mainz, DE

(74) Vertreter:

Blumbach Zinngrebe, 65187, Wiesbaden, DE

(72) Erfinder:

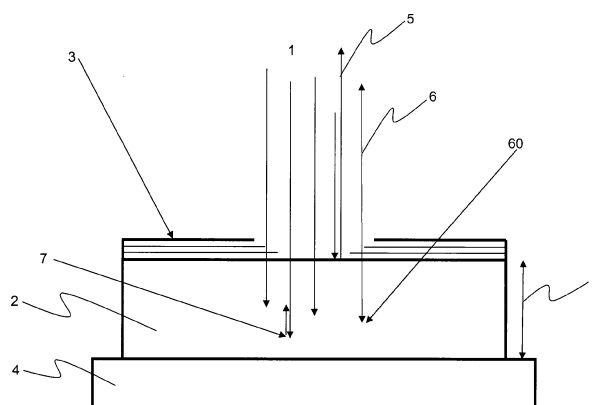
**Wölffing, Bernd, Dr., 55122, Mainz, DE; Hagemann,
Volker, Dr., 55270, Klein-Winternheim, DE; Meinl,
Jürgen, 65329, Hohenstein, DE**

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

DE 10 2007 037 875 A1
DE 10 2008 030 253 A1
DE 10 2009 056 463 A1
US 2012 / 0 001 204 A1

(54) Bezeichnung: **Weißlichterzeugung**

(57) Zusammenfassung: Weißlichterzeugung mit gemischtem blauen und gelbem Licht. Das gelbe Licht stammt von einem Konverter (2), der praktisch alles eindringende blaue Licht in gelbes Licht verwandelt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur Erzeugung von insbesondere weißem Licht, mittels blauen Lichts und eines Konverters zur Konversion von blauem Licht in gelbes Licht und Mischen dieser Spektralbestandteile.

[0002] Derartige Anordnungen sind vielfach bekannt: (WO 2004/105647 A1, JP 2009-105125 A, US 7 654 712 B2, US 2007/189352 A1, US 7 758 224 B2, US 7 433 115 B2, US 7 356 054 B2 und DE 10 2010 028 949 A1). Das Verhältnis von blauem Lichtanteil zum gelben Lichtanteil in dem erzeugten Beleuchtungslicht hängt von dem Konversionsmedium ab, welches das einfallende blaue Licht einer Anregungslichtquelle in gelbes Licht als Anteil des Beleuchtungslichtes erzeugt. Um den Weißbereich in dem Farbspektrum-Diagramm zu treffen, müssen verschiedene Parameter des Konverters genau eingehalten werden, darunter die Dotierung des Konvertermaterials, die Lichtstreuung im Konvertermaterial und die Dicke des Konverters. Nur bei genauer Abstimmung solcher Parameter kann das richtige Spektralverhältnis von blauem zum gelben Licht, erzielt werden, und damit weißes Licht erhalten werden.

[0003] DE 10 2007 037 875 A1 beschreibt eine strahlungsemitternde Vorrichtung, bei der ein Träger mit einem ersten und zweiten Teilbereich relativ zu einer Strahlungsquelle veränderbar ausgerichtet werden kann, so dass der Leuchtfleck auf dem ersten oder zweiten Teilbereich oder auf beiden Teilbereichen zu liegen kommt. Wenigstens ein Teilbereich ist mit Wellenlängenkonversionsstoff belegt und gibt Sekundärstrahlung ab, die durch Verschiebung des Leuchtfleckes relativ zu den Teilbereichen veränderbar ist.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Einstellung des Farbortes von Licht zu schaffen, die größere Toleranzen bei solchen Materialparametern wie Dicke des Konverters, Dotierung des Konvertermaterials, Lichtstreuung im Konverter zulässt bzw. die Verwendung von Konvertermaterial ermöglicht, bei dem der spektrale Weißbereich nicht durch Konversion allein erreicht werden kann.

[0005] Die gestellte Aufgabe wird aufgrund der Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst und durch die weiteren Merkmale von abhängigen Ansprüchen weitergebildet und ausgestaltet.

[0006] Im Einzelnen ist eine Anregungslichtquelle für blaues Licht und ein Konverter zur Konversion praktisch des gesamten blauen Lichtes in gelbes Licht vorgesehen. Ein Halter oder Träger richtet in einer Remissionsgeometrie die Oberfläche des Konverters

zur Anregungslichtquelle und auch in Beleuchtungsrichtung aus. Um im Wesentlichen alles eindringende blaue Licht im Konverter in gelbes Licht umzuwandeln, wird die Dicke des Konverters entsprechend groß gewählt. Um den gewünschten Farbort im Farbspektrum-Diagramm als Ergebnis der Mischung von konvertiertem und unkonvertiertem Licht einzustellen, ist eine optische Beschichtung der Oberfläche des Konverters vorgesehen. Auf diese Weise kann unabhängig von den Materialparametern des Konverters weißes Licht aus reflektiertem blauen Licht und remittiertem gelbem Licht gemischt werden.

[0007] Um zu einem richtigen Mischungsverhältnis zwischen blauem und gelbem Licht zu gelangen, kann die optische Beschichtung einen Reflexionsfaktor in einem Bereich von $R = 0,1$ bis $R = 0,3$ für einfallendes Licht bei einer Wellenlänge im Bereich von 430 bis 460 nm und einen Reflexionsfaktor von $R < 0,05$ besser $R < 0,01$ bei austretendem konvertierten Licht mit einer Wellenlänge im Bereich von 480 bis 650 nm aufweisen. Bei dieser Ausgestaltung der Erfindung dringt also 70% bis 90% des blauen Lichtes in den Konverter ein und wird dort praktisch vollständig in gelbes Licht (und Wärme) umgewandelt. Die optische Beschichtung aber kann konvertiertes Licht praktisch vollständig durchlassen, so dass sich das erzeugte gelbe Licht als Anteil in dem abgegebenen Beleuchtungslicht wiederfindet, das wegen der Mischung blau-gelb weiß erscheint. Als optische Beschichtung kann eine dichroitische Schicht oder auch eine dünne metallische Schicht verwendet werden.

[0008] Es ist aber auch möglich, mit einer Streuschicht, bspw. als dünner Farbauftrag, zu arbeiten. Eine solche Schicht hat im Allgemeinen den Vorteil, dass der Anteil des Anregungslichts, der reflektiert wird, nicht spekulär sondern diffus reflektiert – also zurückgestreut – wird. Dadurch überlagert sich die Winkelverteilung des zurückgeworfenen Anregungslichts besser mit der des konvertierten Lichts. Wenn jedoch im optischen System eine Trennung der beiden Lichtbestandteile nicht nachteilhaft oder sogar erwünscht ist, kann auch die spekuläre Reflexion an einer dichroitischen oder Metallschicht von Vorteil sein. Wenn bei der Verwendung einer Streuschicht die spekuläre Reflexion am Übergang ins optische dichtere Medium des Konverters absolut unerwünscht ist – z. B. weil der spekuläre Anteil unerwünschte optische Effekte erzeugt oder weil der Anteil des konvertierten Lichts erhöht werden soll, ohne den des gestreuten zu reduzieren – wird zunächst eine Antireflexschicht ($R < 0,05$ besser $R < 0,01$) für das Anregungslicht und das konvertierte Licht auf den Konverter aufgebracht und darauf die Streuschicht.

[0009] Durch die Streuschicht wird zwangsläufig auch aus dem Konverter austretendes Licht in den Konverter zurückgestreut. Da die Absorptionslänge für das konvertierte Licht im Konverter aber lang ist,

wird der größte Teil des zurückgestreuten Lichts, erneut den Konverter verlassen.

[0010] Die Schichtzusammensetzung und die Schichtdicke der optischen Beschichtung wird als Regulativ bei der Einstellung des eindringenden zum reflektierten blauen Licht eingesetzt.

[0011] Der konkrete Wert für den Reflexionfaktor R ist in der Anwendung abhängig von der Wellenlänge des Anregungslichtes und dem Spektrum des konvertierten Lichts sowie der Effizienz des Konverters.

[0012] Die gestellte Aufgabe kann auch ohne optische Beschichtung an der Oberfläche des Konverters gelöst werden, indem die Brechzahl des Konvertermediums bei der Bestimmung des richtigen Winkels der Anregungslichtquelle zur Oberfläche des Konverters berücksichtigt wird. Wenn Licht im schrägen Winkel auf die Konverteroberfläche trifft, dann wird ein Anteil reflektiert und ein anderer Anteil dringt in das Konvertermedium ein. Der eindringende Anteil des Anregungslichtes wird praktisch vollständig in gelbes Licht konvertiert und verlässt den Konverter gemäß der Remissionsgeometrie in Beleuchtungsrichtung, wo er sich mit dem reflektierten blauen Licht der Anregungslichtquelle mischt, um schließlich einen Weißlichteindruck zu erzeugen.

[0013] Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen, der Zeichnung und aus den Ansprüchen.

[0014] Es zeigen:

[0015] [Fig. 1](#) einen Schnitt durch einen Konverter mit einer dichroitischen Oberflächenschicht und einem Halter des Konverters,

[0016] [Fig. 2](#) einen weiteren Schnitt durch einen Konverter mit einer dünnen metallischen Oberflächenschicht und einem Halter des Konverters, und

[0017] [Fig. 3](#) einen Schnitt durch einen weiteren Konverter.

[0018] [Fig. 1](#) stellt schematisch eine Anordnung zur Erzeugung von weißem Licht dar. Es gibt eine Anregungslichtquelle **1** für blaues Licht, bspw. von einem Diodenlaser erzeugt, und einen Konverter **2**, der eine Beschichtung **3** an seiner Oberfläche aufweist und auf einem Träger oder Halter **4** befestigt ist. Bei dem Konvertermaterial kann es sich um eine Ce-YAG Keramik handeln. Die Beschichtung **3** ist eine optische Beschichtung, für die eine dichroitische Schicht oder eine dünne metallische Schicht verwendet wird. Die Beschichtung **3** teilt den Anregungslichtstrom in einen reflektierten Lichtanteil und einen eindringenden Lichtanteil auf. Zum Zwecke der Festlegung dieser Lichtanteile wird im Allgemeinen ein Winkel un-

gleich 90° des einfallenden Lichtes zur Oberfläche des Konverters eingehalten. Das eindringende blaue Licht wird von dem Konverter **2** in gelbes Licht **6** umgewandelt, und zwar umso mehr, je tiefer das Licht in den Konverter eindringt, und als nicht dargestellte Lichtkeule abgegeben. Eine Konversionsstelle ist bei **60** angedeutet. Von dort aus breitet sich das konvertierte Licht nach allen Seiten aus.

[0019] Die Dicke (d) des Konverters wird gemäß der Erfindung mindestens so groß gewählt, dass im Wesentlichen alles Licht, das in den Konverter eindringt, konvertiert wird.

[0020] Der Träger oder Halter **4** ist reflektierend ausgebildet, um das eindringende blaue Licht **1**, aber vor allem konvertiertes gelbes Licht zu reflektieren, was bei **7** angedeutet ist. Durch die Reflektivität des Trägers oder Halters **4** kann somit Material des Konverters eingespart werden.

[0021] Der Anteil des reflektierten blauen Lichts wird über die Schichtzusammensetzung und Schichtdicke der Beschichtung **3** bestimmt. Das reflektierte Licht ist bei **5** und das emittierte gelbe Licht bei **6** skizziert. Das blaue und das gelbe Licht mischen sich und ergeben weißes Licht in Beleuchtungsrichtung der Anordnung.

[0022] Die Beschichtung **3** ist eine optische Beschichtung, deren Ausbildung im Übrigen auch von dem Brechungsindex des Konversionsmediums abhängig ist, um im richtigen Winkel den richtigen Anteil zu reflektieren, bzw. eindringen zu lassen. Die optische Beschichtung **3** weist im blauen Lichtspektrum, das von 430 bis 460 nm reicht, einen im voraus wählbaren Reflexionsfaktor auf, um beim Mischen mit dem emittierten Gelbanteil des Lichts zu dem gewünschten Ergebnis des Weißlichtes zu gelangen. Ein passabler Wert für den Reflexionsfaktor ist $R = 0,2$. Der Reflexionsfaktor an der optischen Beschichtung hängt auch vom Einfallswinkel auf den Konverter ab. Dies wird bei der Ausbildung der optischen Beschichtung berücksichtigt.

[0023] Das konvertierte gelbe Licht soll in einen Spektralbereich von 480 nm bis 650 nm für eine Winkelverteilung von 0° bis 60° zur Oberflächennormale des Konverters möglichst vollständig ausgekoppelt werden. Die optische Beschichtung wird im Spektralbereich von 480 bis 650 nm mit einem Reflexionsfaktor $< 0,05$ besser $< 0,01$ ausgelegt.

[0024] [Fig. 2](#) zeigt eine Ausführungsform der Anordnung zur Einstellung des Farbortes von Licht mit einer Streuschicht **30**. Die übrigen Elemente entsprechen der Ausführungsform nach [Fig. 1](#). Auch hier wird die Dicke (d) des Konverters mindestens so groß gewählt, dass im Wesentlichen alles Licht, das in den Konverter eindringt, konvertiert wird. Der Anteil

des reflektierten blauen Lichts wird über die Streuschicht **30** definiert. Die Streuschicht **30** kann z. B. ein dünner weißer Farbauftrag sein. Unter der Streuschicht **30** kann sich eine Antireflexionsschicht erstrecken, die eine unerwünschte Reflexion des Anregungslichts minimiert.

[0025] Fig. 3 zeigt eine dritte Ausführungsform der Erfindung. Gleichartige Elemente zu den besprochenen Ausführungsformen werden mit den gleichen Bezugszeichen belegt. Das blaue Anregungslicht **1** wird im Winkel zur Normalen auf die Oberfläche des Konverters eingestrahlt und wird dabei zunehmend in gelbes Licht konvertiert, wobei ein Teil des blauen Lichtes bis zur spiegelnden Oberfläche des Trägers oder Halters **4** gelangt und reflektiert wird, jedoch vor Erreichen der Oberfläche des Konverters im Wesentlichen vollständig absorbiert wird. Eine Absorbier- und Emissionsstelle ist bei **60** gezeigt. Das konvertierte Licht breitet sich nach allen Stellen aus, so auch in Beleuchtungsrichtung, wie bei **6** angedeutet. Ein Teil des konvertierten Lichtes wird auch durch die spiegelnde Oberfläche des Trägers oder Halters **4** reflektiert und verlässt den Konverter in Beleuchtungsrichtung.

[0026] Der Träger oder Halter **4** kann als eine keilförmige Platte ausgebildet sein, die um eine Drehachse **40** drehbar ist. Bei Drehung des Konverters **2** um diese Drehachse **40** verändert sich der Einfallswinkel des Anregungslichtes **1**. Auf diese Weise ist eine feine Einstellung des Einfallswinkels bzgl. der Oberfläche des Konverters möglich. Dies kann auch nachträglich erfolgen, wenn die Anregungslichtquelle nicht mit einer einheitlichen Anregungswellenlänge zur Verfügung steht.

[0027] Der Anteil des reflektierten blauen Lichts **5** wird über die Reflexionsgesetze beim Übergang von Licht aus einem dünneren in ein optisch dichteres Medium bestimmt. Durch geeignete Wahl des Einfallswinkels des Anregungslichtes **1** auf die Oberfläche des Konverters **2** wird das Verhältnis zwischen konvertierten und nicht konvertierten Licht bestimmt und damit das Mischungsverhältnis zwischen reflektiertem blauem Licht und emittiertem gelbem Licht. Auf diese Weise ist die Einstellung des Farbortes im Farborddiagramm möglich und damit die Erzeugung von Weißlicht.

Ausführungsbeispiel:

[0028] Als Konvertermaterial wurde eine Ce-YAG Keramik mit einer Brechzahl von 1,833 verwendet. Der reflektierte Anteil wurde zu 0,2 ausgewählt. Dieser ergibt einen Einfallswinkel von $68,3^\circ$. Eine Abweichung im Einfallswinkel von $\pm 1^\circ$ führt nur zu einer Änderung von $\pm 1\%$ im reflektierten Anteil (0,19 bzw. 0,21). Eine Abweichung in der Brechzahl um 0,05 führt ebenfalls nur zu einer Änderung

von $\pm 1\%$ im reflektierten Anteil. Beide Parameter können ohne großen technischen Aufwand genauer eingestellt werden. Wird ein 0,2 mm dickes Konverterplättchen in Transmission oder Remission verwendet, so dass der nichtkonvertierte Anteil 0,2 beträgt, muss die Dicke auf $\pm 6 \mu\text{m}$ genau eingestellt werden, um ebenfalls eine Genauigkeit von $\pm 1\%$ im nichtkonvertierten Anteil zu erreichen.

[0029] Falls eine Lichtquelle mit polarisiertem Licht vorliegt, kann dies genutzt werden, um den Anteil 0,2 des reflektierten Lichts schon bei kleineren Winkeln zu erreichen. Bei senkrechter Polarisation ist diese Bedingung schon bei $50,6^\circ$ erfüllt. In diesem Fall wird der Leuchtfleck auf dem Konverter nicht so stark verzerrt, wie bei nichtpolarisiertem Licht. In diesem Fall reicht eine Winkelgenauigkeit von $\pm 1,5^\circ$, um den reflektierten Anteil zwischen 0,19 und 0,21 zu halten.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Einstellung des Farbortes von Licht, insbesondere zur Erzeugung von weißem Licht, umfassend:

- eine Anregungslichtquelle (**1**) mit blauem Licht,
- einen Konverter (**2**) zur Konversion von eingestrahlttem blauem Licht in emittiertes gelbes Licht,
- einen Träger (**4**) des Konverters (**2**), um die Oberfläche des Konverters für eine Remissionsgeometrie in einem Winkel zur Strahlrichtung der Anregungslichtquelle (**1**) und in Beleuchtungsrichtung auszurichten,
- eine Beschichtung (**3**) der Oberfläche des Konverters (**2**) zu Zwecken der Einstellung des reflektierten Blaulichtanteils zum eindringenden Blaulichtanteil sowie zum weitgehenden Durchlassen von austretendem gelbem Licht,
- wobei die Dicke (d) des Konverters (**2**), gemessen von der Konverteroberfläche zum Träger, so groß gewählt wird, dass im Wesentlichen alles eindringende blaue Licht in gelbes Licht konvertiert wird, und
- wobei der Winkel zwischen der Oberfläche des Konverters (**2**) und der Strahlrichtung der Anregungslichtquelle (**1**) so gewählt oder eingestellt wird, dass die Mischung von reflektiertem blauem Licht und aus dem Konverter austretendem gelbem Licht das Licht des gewünschten Farbortes ergibt.

2. Anordnung nach Anspruch 1, wobei die Beschichtung (**3**) eine optische Beschichtung ist und einen Reflexionsfaktor im Bereich von $R = 0,1$ bis $R = 0,3$ für einfallendes Licht bei einer Wellenlänge im Bereich von 430 bis 460 nm und einen Reflexionsfaktor $R < 0,05$ bei austretendem, konvertiertem Licht mit einer Wellenlänge im Bereich von 480 bis 650 nm aufweist.

3. Anordnung nach Anspruch 2, wobei die optische Beschichtung eine dichroitische Schicht darstellt.

4. Anordnung nach Anspruch 2, wobei die optische Beschichtung eine dünne metallische Schicht darstellt.

5. Anordnung nach Anspruch 1, wobei die Beschichtung (3) eine Streuschicht (30) darstellt.

6. Anordnung nach Anspruch 5, wobei die Streuschicht (30) aus einem dünnen Farbauftrag besteht.

7. Anordnung nach Anspruch 5 oder 6, wobei unter der Streuschicht (30) eine Antireflexionsschicht auf dem Konverter (2) aufgebracht ist.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei Schichtzusammensetzung und Schichtdicke der optischen Beschichtung (3) als Regulativ bei der Einstellung des eindringenden zum reflektierten blauen Licht gewählt ist.

9. Anordnung zur Einstellung des Farbortes zur Erzeugung von weißem Licht, umfassend:

- eine Anregungsquelle (1) mit blauem Licht,
- einen Konverter (2) zur Konversion von eingestrahlttem blauem Licht in emittiertes gelbes Licht,
- einen Träger (4) des Konverters (2), um die Oberfläche des Konverters für eine Remissionsgeometrie in einem Winkel zur Strahlrichtung der Anregungslichtquelle (1) und in Beleuchtungsrichtung auszurichten,
- wobei die Dicke (d) des Konverters (2), gemessen von der Konverteroberfläche zum Träger, so groß gewählt wird, dass im Wesentlichen alles eindringende blaue Licht in gelbes Licht konvertiert wird, und
- wobei der Konverter (2) ein lichtbrechendes Medium darstellt, das optisch dichter ist als das Medium außerhalb der Konverteroberfläche, so dass in einem bestimmten Winkel einfallendes blaues Licht mit einem Reflexionsanteil reflektiert wird und mit einem Eindringteil in den Konverter (2) eindringt und dort in gelbes Licht konvertiert und durch die Konverteroberfläche in Beleuchtungsrichtung emittiert wird, um durch Mischung mit dem blauen, reflektierten Lichtanteil weißes Licht zu ergeben.

10. Anordnung nach Anspruch 9, wobei die Strahlrichtung des einfallenden Lichtes zum Lot auf der Oberfläche des Konverters (2) in einem Winkelbereich von 60° bis 75° in Abhängigkeit des Konvertermaterials gewählt wird.

11. Anordnung nach Anspruch 10, wobei für senkrecht zur Oberfläche polarisiertes Licht ein Winkelbereich zwischen 35° bis 70° gewählt wird.

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei der Träger (4) eine drehbare, keilförmige Platte umfasst, so dass durch Drehung der keilförmigen Platte der Winkel zwischen der Strahlrichtung der Anregungslichtquelle (1) und der Oberfläche des Konverters (2) veränderbar ist.

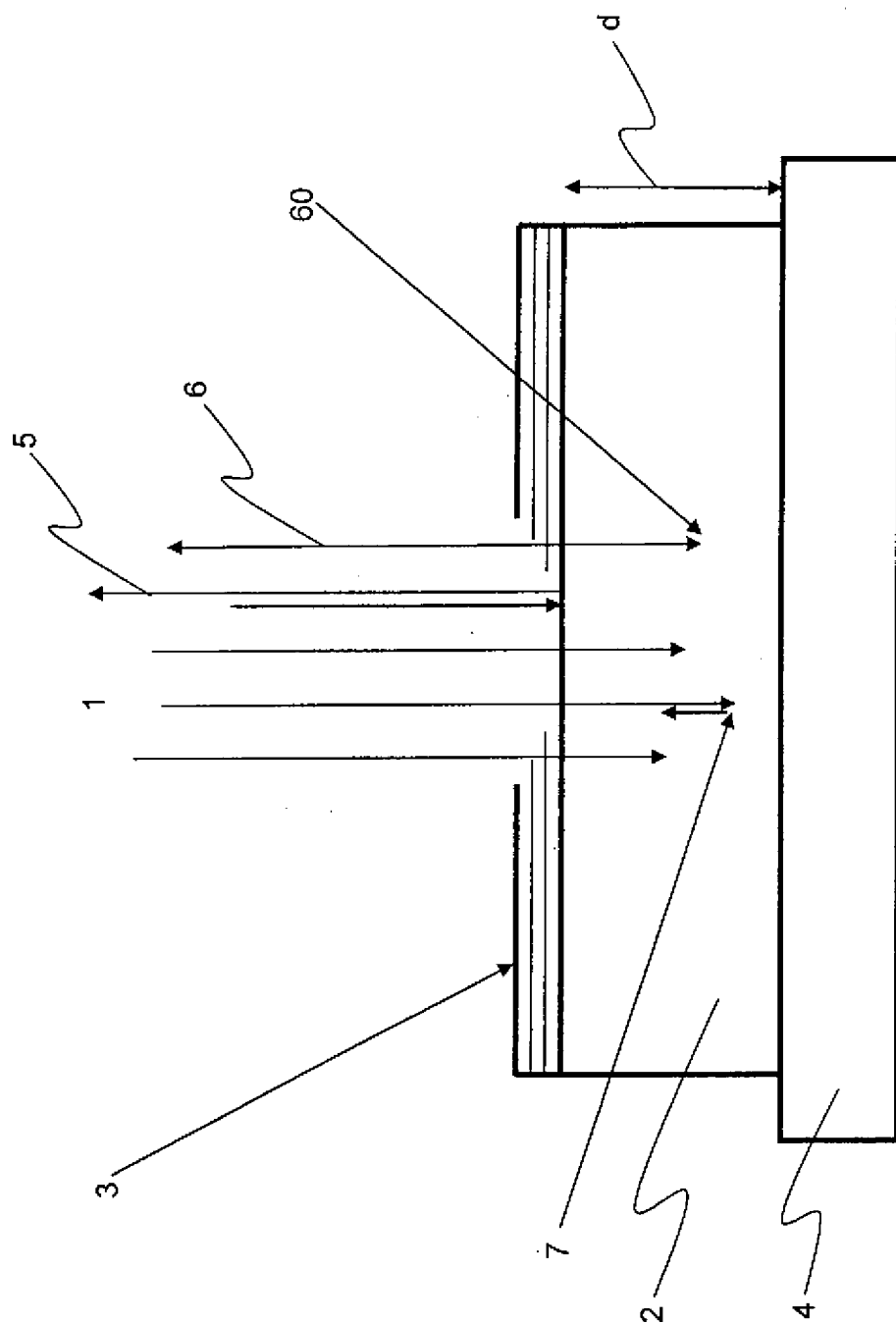
13. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der Konverter (2) eine Ce-YAG Keramik darstellt.

14. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der Konverter (2) eine Ce-TAG Keramik darstellt.

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der Konverter (2) eine Ce-LuAG Keramik darstellt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



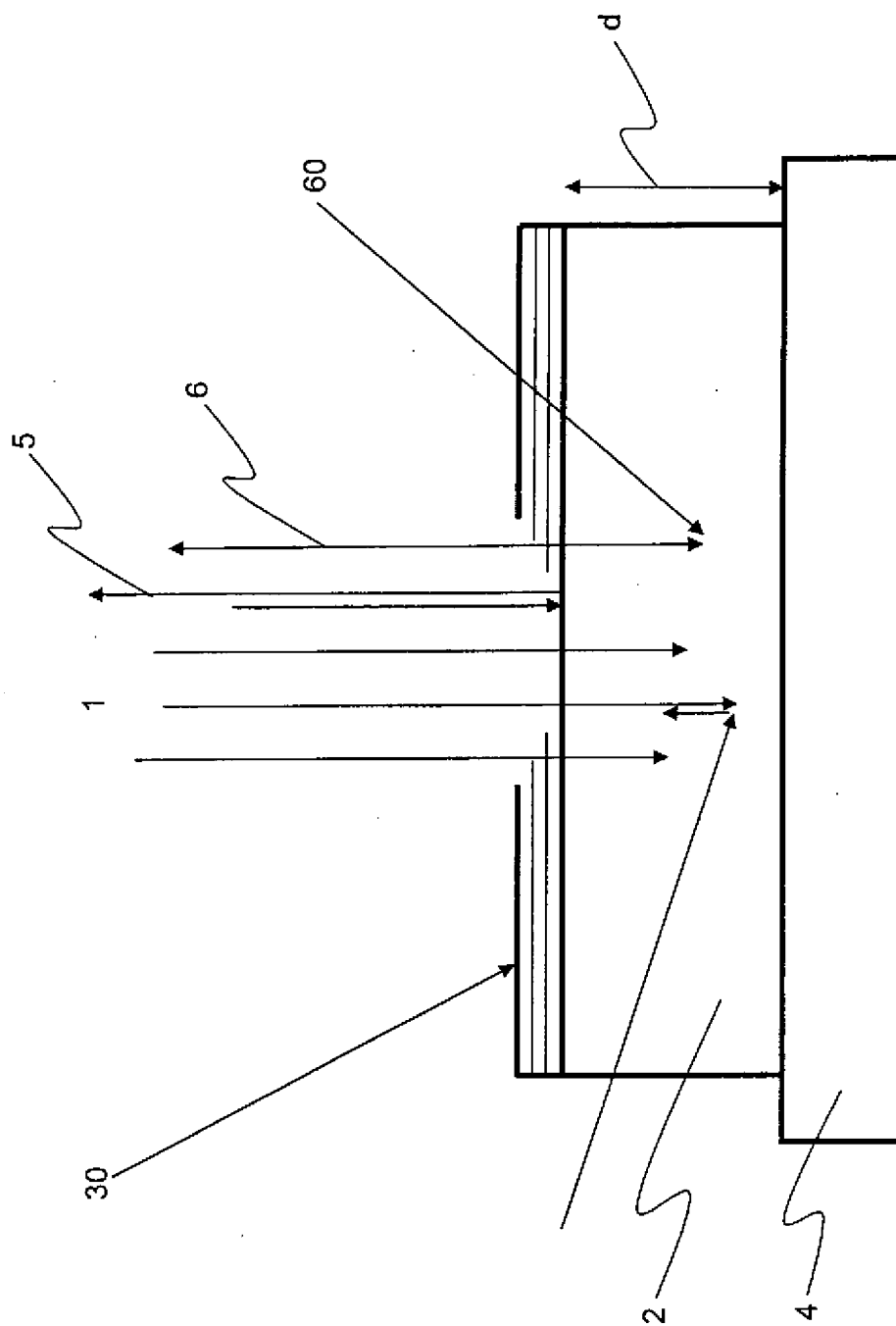


Fig. 2

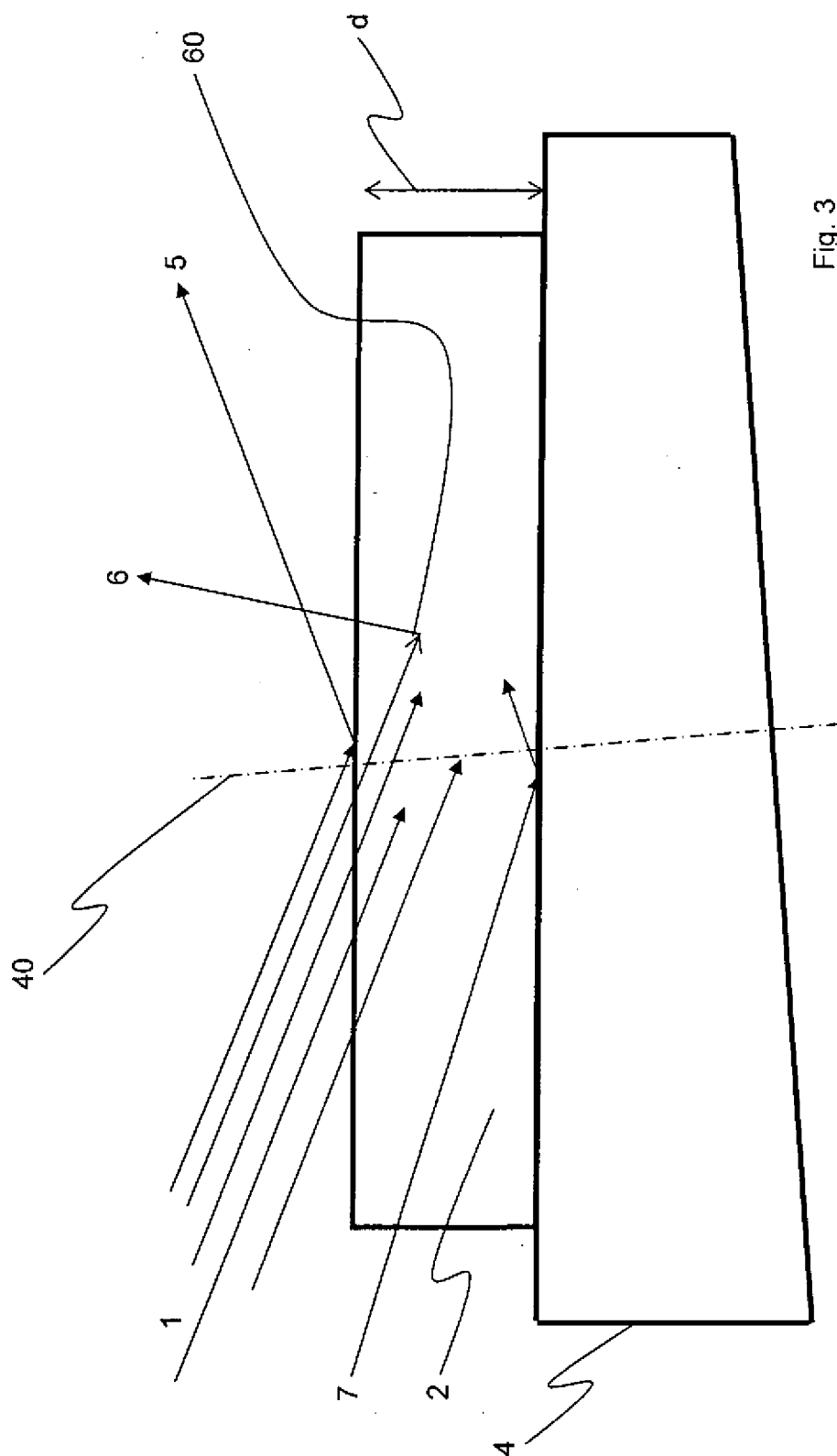


Fig. 3