



(10) **DE 11 2023 000 856 T5** 2025.01.09

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/153241**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2023 000 856.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2023/002633**
(86) PCT-Anmeldetag: **27.01.2023**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **17.08.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **09.01.2025**

(51) Int Cl.: **F21K 9/64 (2016.01)**
F21V 29/502 (2015.01)
H10H 29/14 (2025.01)
H10H 20/851 (2025.01)

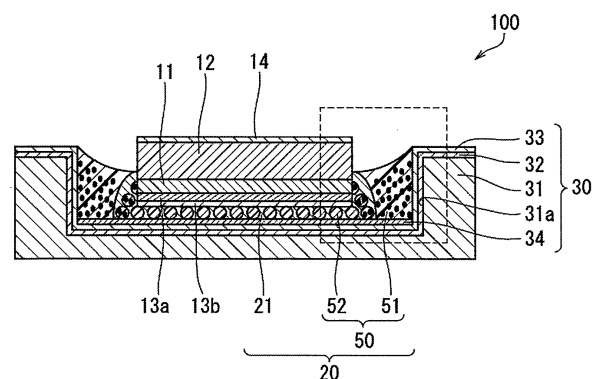
(30) Unionspriorität:
2022-018365 09.02.2022 JP
2022-171586 26.10.2022 JP
(71) Anmelder:
NICHIA CORPORATION, Anan-shi, Tokushima, JP
(74) Vertreter:
Winter, Brandl - Partnerschaft mbB,
Patentanwälte, 85354 Freising, DE

(72) Erfinder:
Kunimune, Teppei, Anan-shi, Tokushima, JP;
Hayashi, Yukihiro, Anan-shi, Tokushima, JP;
Ichikawa, Masatsugu, Anan-shi, Tokushima, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Wellenlängenumwandlungsmodul, Lichtemissionsvorrichtung und Verfahren zum Herstellen des Wellenlängenumwandlungsmoduls**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein hoch zuverlässiges Wellenlängenumwandlungsmodul bereitgestellt. Ein Wellenlängenumwandlungsmodul 100 umfasst ein Leuchtstoffelement 11 und ein lichtdurchlässiges Substrat 12, das direkt mit dem Leuchtstoffelement 11 verbunden ist, eine höhere Wärmeleitfähigkeit als das Leuchtstoffelement 11 besitzt und eine Dicke in einem Bereich von 100 µm bis 600 µm hat.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Wellenlängenumwandlungsmodul, eine Lichtemissionsvorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen des Wellenlängenumwandlungsmoduls.

Stand der Technik

[0002] In den letzten Jahren wurden als Lichtquellen zum Beispiel für Scheinwerfer, verschiedene Beleuchtungsanordnungen und Laserprojektoren häufig Lichtquellen mit hoher Leistung verwendet, die die Wellenlänge von blauem Licht eines Halbleiterlasers mit Hilfe eines Leuchtstoffelements umwandeln. Da in einer solchen Lichtquelle das Leuchtstoffelement aufgrund der Wellenlängenumwandlung Wärme erzeugt, ist es erforderlich, die in dem Leuchtstoffelement erzeugte Wärme effizient abzuleiten bzw. abzuführen. Insbesondere in einem Wellenlängenumwandlungsmodul, das in der Lichtquelle verwendet wird, die einen Halbleiterlaser verwendet, ist es erforderlich, ein Wellenlängenumwandlungselement mit guter Haltbarkeit zu verwenden und die in dem Wellenlängenumwandlungselement erzeugte Wärme effizient abzuleiten.

[0003] Die Patentschrift 1 offenbart beispielsweise eine optische Umwandlungsanordnung mit einem Leuchtstoffelement, das durch Anregungslicht angeregt wird, einer ersten Kondensorlinse, die eine Linsenbodenfläche aufweist, mit der das Leuchtstoffelement verbunden ist und durch die das Anregungslicht in das Leuchtstoffelement eintreten kann, und einem Wärmeableitungselement, das auf der Linsenbodenfläche um einen Bereich angeordnet ist, mit dem das Leuchtstoffelement verbunden ist. Gemäß der Patentschrift 1 kann die in dem Leuchtstoffelement erzeugte Wärme motorlos gekühlt werden, wodurch die Größe verringert und die Zuverlässigkeit verbessert wird.

Zitierliste

Patentliteratur

[0004] Patentschrift 1: JP 6737265 B

Kurzdarstellung der Erfindung

Technisches Problem

[0005] Allerdings ist eine Lichtquelle mit höherer Ausgangsleistung erforderlich, ebenso ein Wellenlängenumwandlungsmodul mit einem Wellenlängenumwandlungselement, das für eine solche Lichtquelle verwendet wird, i, um eine höhere Zuverlässigkeit zu erreichen.

[0006] Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, ein Wellenlängenumwandlungsmodul mit hoher Zuverlässigkeit, eine Lichtemissionsvorrichtung, die das Wellenlängenumwandlungsmodul umfasst, und ein Verfahren zum Herstellen des Wellenlängenumwandlungsmoduls bereitzustellen.

Lösung des Problems

[0007] Ein Wellenlängenumwandlungsmodul gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst ein Leuchtstoffelement und ein lichtdurchlässiges bzw. transparentes Substrat, das direkt mit dem Leuchtstoffelement verbunden ist, eine höhere Wärmeleitfähigkeit als das Leuchtstoffelement besitzt und eine Dicke in einem Bereich von 100 µm bis 600 µm hat.

[0008] Eine Lichtemissionsvorrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst das oben genannte Wellenlängenumwandlungsmodul und eine Lichtquelle, die ausgelegt ist, um das Wellenlängenumwandlungsmodul mit Licht zu bestrahlen.

[0009] Ein Verfahren zum Herstellen eines Wellenlängenumwandlungsmoduls gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst das direkte Verbinden eines lichtdurchlässigen Substrats mit einem Leuchtstoffelement sowie das Vereinzeln des lichtdurchlässigen Substrats und des Leuchtstoffelements, die direkt miteinander verbunden sind.

Vorteilhafte Effekte der Erfindung

[0010] Das wie oben beschrieben ausgelegte Wellenlängenumwandlungsmodul und die wie oben beschriebene ausgelegte Lichtemissionsvorrichtung können eine höhere Zuverlässigkeit aufweisen. Das wie oben beschriebene ausgelegte Verfahren zum Herstellen des Wellenlängenumwandlungsmoduls ermöglicht die Herstellung eines Wellenlängenumwandlungsmoduls mit höherer Zuverlässigkeit.

Kurze Beschreibung von Zeichnungen

Fig. 1 ist eine Draufsicht eines Wellenlängenumwandlungsmoduls gemäß der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 2A ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie A-A des in **Fig. 1** gezeigten Wellenlängenumwandlungsmoduls.

Fig. 2B ist eine vergrößerte Querschnittsansicht eines Teils der Querschnittsansicht von **Fig. 2A**.

Fig. 3 ist eine schematische Ansicht, die eine Lichtemissionsvorrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt.

Fig. 4 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Herstellen des Wellenlängenumwandlungsmoduls gemäß der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 5 ist eine Prozessquerschnittsansicht des Verfahrens zum Herstellen des Wellenlängenumwandlungsmoduls gemäß der vorliegenden Offenbarung, wobei **Fig. 5(a)** eine Prozessquerschnittsansicht ist, die einen Direktverbindungsschritt zeigt, und **Fig. 5(b)** eine Prozessquerschnittsansicht ist, die einen Vereinzelungsschritt zeigt.

Fig. 6 ist eine Kennlinie, die den Zusammenhang zwischen der Bestrahlungsleistung eines blauen Lasers und der von einem Leuchtstoffelement emittierten Lichtleistung in Bezug auf Wellenlängenumwandlungsmodule eines ersten Beispiels und eines Vergleichsbeispiels zeigt.

Fig. 7 ist eine Kennlinie, die den Zusammenhang zwischen der Bestrahlungsleistung eines blauen Lasers und der von einem Leuchtstoffelement emittierten bzw. ausgesendeten Lichtleistung in Bezug auf ein Wellenlängenumwandlungsmodul eines zweiten Beispiels zeigt.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0011] Nachfolgend sind Ausführungsformen und Beispiele zur Durchführung der vorliegenden Offenbarung mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben. Es ist zu beachten, dass ein Wellenlängenumwandlungsmodul und eine Lichtemissionsvorrichtung, die nachfolgend beschrieben sind, lediglich dazu dienen, das technische Konzept der vorliegenden Offenbarung zu verkörpern, und dass die vorliegende Offenbarung nicht auf das Folgende beschränkt ist, sofern nichts anders angegeben ist.

[0012] In den einzelnen Zeichnungen können Teile mit identischen Funktionen mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet sein. Um die Hauptpunkte bzw. wichtigsten Punkte leichter erklären bzw. verstehen zu können, können die Ausführungsformen und Beispiele der Einfachheit halber separat dargestellt sein. Doch sind teilweise Ersetzungen oder Kombinationen der in verschiedenen Ausführungsformen und Beispielen dargestellten Konfigurationen möglich. In den nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen und Beispielen ist auf die Beschreibung von Gemeinsamkeiten mit den bereits beschriebenen verzichtet, und es sind nur die unterschiedlichen Punkte beschrieben. Insbesondere sind ähnliche Aktionen und Effekte ähnlicher Konfigurationen nicht für jede Ausführungsform und jedes Beispiel nacheinander erwähnt. Die in den Zeichnungen gezeigte Größe, Lagebeziehung und dergleichen von Bauteilen kann zur Verdeutlichung übertrieben sein. Als Querschnittsansicht kann eine Endansicht verwendet werden, die nur eine Schnittfläche zeigt.

Nachfolgend sind Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Offenbarung ausführlich beschrieben

[0013] Die in der Patentschrift 1 offenbarte optische Umwandlungsvorrichtung ist so ausgelegt, dass das Leuchtstoffelement mit der Linsenbodenfläche der ersten Kondensorlinse verbunden ist, und wenigstens ein Rand des Bereichs, mit dem das Leuchtstoffelement mit der Linsenbodenfläche verbunden ist, mit dem Wärmeableitungselement verbunden ist. Die erste Kondensorlinse ist als eine Linse beschrieben, und die Patentschrift 1 offenbart keine spezielle Beschreibung der Dicke der ersten Kondensorlinse.

[0014] In der in der Patentschrift 1 offenbarten optischen Umwandlungsvorrichtung wird, wenn die Oberfläche des Leuchtstoffelements mit einem Laser bestrahlt wird, das Leuchtstoffelement durch das Laserlicht angeregt, das Licht in Licht mit einer Wellenlänge umgewandelt, die sich von der Wellenlänge des Anregungslichts unterscheidet, und das durch Wellenlängenumwandlung gewonnene Licht extrahiert. Wenn die Wellenlängenumwandlung durchgeführt wird, erzeugt das angeregte Leuchtstoffelement Wärme, und die Temperatur des Leuchtstoffelements steigt an. Wenn die Temperatur des Leuchtstoffelements ansteigt, sinkt die Effizienz der Wellenlängenumwandlung. Daher ist in der Patentschrift 1 das Wärmeableitungselement vorgesehen, um die von dem Leuchtstoffelement erzeugte Wärme über das Wärmeableitungselement abzu-leiten, wodurch der Temperaturanstieg des Leuchtstoffelements verhindert wird. Insbesondere ist das Leuchtstoffelement am mittleren Teil der Linsenbodenfläche auf der gegenüberliegenden Seite einer konvexen Linsenoberfläche angeordnet, und das Wärmeableitungselement ist mit einer unteren Oberfläche des Leuchtstoffelements und der Linsenbodenfläche um das Leuchtstoffelement herum verbunden, um den Temperaturanstieg des Leuchtstoffelements zu unterdrücken.

[0015] Was jedoch die optische Umwandlungsvorrichtung der Patentschrift 1 betrifft, so wird zwar ein gewisser Wärmeableitungseffekt erzielt, aber die Wärmeableitungseigenschaft ist unzureichend. Dies liegt daran, dass zwar ein Teil der in dem Leuchtstoffelement erzeugten Wärme zu der Kondensorlinse übertragen wird, die auf die Kondensorlinse übertragene Wärme aber nicht ohne Weiteres auf andere Elemente übertragen und nicht ohne Weiteres abgeleitet werden kann, so dass die Wärme wahrscheinlich zurückgehalten wird. Es ist schwierig, die Größe des Wärmeableitungselements zu reduzieren, das Wärme von der optischen Umwandlungsvorrichtung ableitet. Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben intensive Studien mit den folgenden Erkenntnissen durchgeführt, um ein Wellenlängenumwandlungsmodul bereitzustellen, in dem ein Temperaturanstieg eines Leuchtstoffelements effektiv unterdrückt und dessen Größe reduziert werden kann.

[0016] Wenn das Leuchtstoffelement mit Anregungslicht bestrahlt wird, wird hauptsächlich die Umgebung der Oberfläche des Leuchtstoffelements angeregt, und das Anregungslicht wird abgeschwächt, wenn es in das Innere des Leuchtstoffelements eintritt. Infolgedessen ist es unwahrscheinlich, dass eine effiziente Wellenlängenumwandlung in dem Leuchtstoffelement erreicht wird. Mit anderen Worten: Wärme wird hauptsächlich in der Umgebung der Oberfläche des Leuchtstoffelements erzeugt, die mit dem Anregungslicht bestrahlt wird, und die erzeugte Wärmemenge nimmt ab, wenn das Anregungslicht in das Leuchtstoffelement eindringt. Um den Temperaturanstieg des Leuchtstoffelements effektiv zu unterdrücken, ist daher eine Konfiguration vorzuziehen, die die in der Umgebung der Oberfläche des Leuchtstoffelements erzeugte Wärme effektiv ableiten kann.

[0017] Daher wird in der vorliegenden Offenbarung ein lichtdurchlässiges Substrat mit einer Wärmeleitfähigkeit, die höher ist als die Wärmeleitfähigkeit des Leuchtstoffelements ist, direkt mit der Lichtbestrahlungsoberfläche des Leuchtstoffelements verbunden, so dass die in der Umgebung der Lichtbestrahlungsoberfläche des Leuchtstoffelements erzeugte Wärme effektiv abgeleitet werden kann, und andererseits ein Bereich, der nicht zur Wärmeableitung beiträgt, verkleinert, wodurch die Größe des Wellenlängenumwandlungsmoduls verringert wird. In der vorliegenden Offenbarung wird die Dicke des lichtdurchlässigen Substrats in einem bestimmten Bereich eingestellt, um die Wärmeableitungseffizienz zu verbessern.

[0018] In Anbetracht der Tatsache, dass Wärme hauptsächlich in der Umgebung der Oberfläche des mit dem Anregungslicht bestrahlten Leuchtstoffelements erzeugt wird und die erzeugte Wärmemenge abnimmt, wenn das Anregungslicht von der Oberfläche ins Innere gelangt, wird die Dicke des Leuchtstoffelements bevorzugt in einem Bereich eingestellt, in dem die Effizienz der Wellenlängenumwandlung und der Wärmeableitungseffekt des Leuchtstoffelements in der vorliegenden Offenbarung miteinander kompatibel sein können. Das heißt, wenn die Dicke des Leuchtstoffelements groß ist, steigt die Temperatur des Leuchtstoffelements aufgrund der Wärme des Anregungslichts hoher Ausgangsleistung, und die Effizienz der Wellenlängenumwandlung des Leuchtstoffelements kann nicht verbessert werden, und selbst wenn das Wärmeableitungselement mit der unteren Oberfläche des Leuchtstoffelements verbunden ist, kann die Wärme nicht effizient auf das Wärmeableitungselement übertragen werden.

[0019] Wenn das Anregungslicht intensiv auf einen Teil der Lichtbestrahlungsoberfläche des Leuchtstoffelements emittiert wird, kann die Umwandlungseffizienz dieses Teils abnehmen, da die Temperatur dieses Teils drastisch ansteigt, und die effiziente Ableitung der erzeugten Wärme kann schwierig sein. Demzufolge wird die gesamte Lichtbestrahlungsoberfläche des Leuchtstoffelements bevorzugt mit Anregungslicht einer gewünschten, im Wesentlichen gleichmäßigen Intensität bestrahlt. In dem lichtdurchlässigen, linsenförmigen Element, wie es in der Patentschrift 1 offenbart ist, kann jedoch die Temperatur eines Teils des Leuchtstoffelements drastisch ansteigen, weil das Anregungslicht durch Brechung an der Linse gebündelt wird.

[0020] Daher wird auf der Grundlage der obigen Erkenntnisse in der vorliegenden Offenbarung ein lichtdurchlässiges Element zu einem lichtdurchlässigen Substrat gemacht und eine obere Oberfläche des lichtdurchlässigen Substrats flach ausgelegt, so dass die Wärmeübertragungseffizienz in einer seitlichen Richtung des lichtdurchlässigen Elements erhöht und die Wärmeableitungseigenschaft verbessert werden kann, und eine im Wesentlichen gleichmäßige Bestrahlung der oberen Oberfläche des lichtdurchlässigen Substrats mit Anregungslicht und eine Bestrahlung mit einer im Wesentlichen gleichmäßigen Intensität einer gesamten Lichtbestrahlungsoberfläche eines Leuchtstoffelements mit Anregungslicht wird erleichtert.

[0021] Das heißt, wenn die obere Oberfläche des lichtdurchlässigen Substrats flach ist, ist ein optisches System leicht ausgelegt, so dass die flache Oberfläche im Wesentlichen gleichmäßig mit Licht aus einer Lichtquelle bestrahlt werden kann. In Anbetracht dessen, dass die gesamte Lichtbestrahlungsoberfläche des Leuchtstoffelements mit dem Anregungslicht mit einer im Wesentlichen gleichmäßigen Intensität bestrahlt wird, wird die Dicke des lichtdurchlässigen Substrats, das als Pfad bzw. Weg des Anregungslichts dient, bevorzugt innerhalb eines bestimmten Bereichs eingestellt. Obwohl das lichtdurchlässige Substrat lichtdurchlässig ist, kommt es zu einer Lichtabschwächung. Demzufolge können durch Verringerung der Dicke des lichtdurchlässigen Substrats die Abschwächung des Lichts, mit dem die Lichtbestrahlungsoberfläche des Leuchtstoffelements bestrahlt wird, und eine Verringerung der Effizienz der Wellenlängenumwandlung kann unterdrückt werden.

[0022] Die vorliegende Offenbarung ist als Ergebnis intensiver Studien auf der Grundlage der oben genannten Erkenntnisse gemacht worden und kann die in einem Leuchtstoffelement erzeugte Wärme effizient ableiten und die Größe eines Wellenlängenumwandlungsmoduls reduzieren.

[0023] Insbesondere umfasst ein Wellenlängenumwandlungsmodul 100 ein Leuchtstoffelement 11 und ein lichtdurchlässiges Substrat 12, das direkt mit dem Leuchtstoffelement 11 verbunden ist, eine Wärmeleitfähigkeit besitzt, die höher als die Wärmeleitfähigkeit des Leuchtstoffelements 11 ist, und eine Dicke in einem Bereich von 100 µm bis 600 µm hat (siehe **Fig. 2A** und **2B**). Da das Leuchtstoffelement 11 direkt mit dem lichtdurchlässigen Substrat 12 verbunden ist, dessen Wärmeleitfähigkeit höher ist als die Wärmeleitfähigkeit des Leuchtstoffelements 11 und das eine Dicke in einem Bereich von 100 µm bis 600 µm hat, kann die in dem Leuchtstoffelement 11 erzeugte Wärme effizient über das lichtdurchlässige Substrat 12 abgeleitet werden. Das Wellenlängenumwandlungsmodul 100 der vorliegenden Offenbarung kann z. B. als Wellenlängenumwandlungsmodul vom Reflexionstyp verwendet werden. Bei dem Wellenlängenumwandlungsmodul vom Reflexionstyp sind eine Einfallfläche, auf die Anregungslicht auftrifft, und eine Emissionsfläche, von der wellenlängenumgewandeltes Licht emittiert wird, dieselbe Fläche. Das Wellenlängenumwandlungsmodul 100 kann ein Wellenlängenumwandlungsmodul vom Transmissionsstyp sein. In dem Wellenlängenumwandlungsmodul vom Transmissionsstyp sind eine Einfallfläche, auf die Anregungslicht auftrifft, und eine Emissionsfläche, von der wellenlängenumgewandeltes Licht emittiert wird, einander gegenüberliegend. Spezifischere Aspekte werden weiter unten ausführlich mit Bezug auf die **Fig. 1** bis **2B** beschrieben.

- Leuchtstoffelement -

[0024] Das in den **Fig. 2A** und **2B** gezeigte Leuchtstoffelement 11 kann durch Licht von einer Lichtquelle angeregt werden und Licht mit einer Wellenlänge emittieren, die sich von der Wellenlänge des Lichts von der Lichtquelle unterscheidet. Das Leuchtstoffelement 11 ist bevorzugt aus einem Leuchtstoff gebildet. In der vorliegenden Beschreibung impliziert das aus einem Leuchtstoff gebildete Leuchtstoffelement, dass eine unvermeidliche Vermischung mit einer anderen Komponente als dem Leuchtstoff nicht ausgeschlossen ist und der Gehalt der anderen Komponente als dem Leuchtstoff beispielsweise 5 Volumen-% oder weniger beträgt. Als Beispiel für das Leuchtstoffelement 11 ist ein polykristalliner Körper geeignet, und ein Sinterpressling, der aus einem Seltenerd-Aluminat-Leuchtstoff mit einer durch die nachstehende Formel (I) ausgedrückten Zusammensetzung besteht, ist vorteilhaft. Der Seltenerd-Aluminat-Leuchtstoff ist ein chemisch und thermisch sehr stabiler Leuchtstoff.



[0025] (In der obigen Formel (I) ist Ln wenigstens ein Element der Seltenden Erden, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Y, La, Lu, Gd und Tb, M1 ist wenigstens ein Element, ausgewählt aus Ga und Sc, und m und n sind Zahlen mit $0 \leq m \leq 0,02$ bzw. $0,0017 \leq n \leq 0,0170$).

[0026] Das Leuchtstoffelement 11 kann aus einer YAG-Platte, die aus einem Sinterpressling aus Yttrium-Aluminium-Granat gebildet ist, oder einer LAG-Platte, die aus einem Sinterpressling aus Lutetium-Aluminium-

Granat gebildet ist, als Beispiel für den Sinterpressling, der aus dem Seltenerd-Aluminat-Leuchtstoff besteht, bestehen und wird je nach Konfiguration eines zu verwendenden Projektors ausgewählt. Die Dicke des Leuchtstoffelements 11 ist weiter unten ausführlich beschrieben und kann bevorzugt 200 µm oder weniger, noch bevorzugter weniger als 95 µm, noch stärker bevorzugt weniger als 80 µm, noch stärker bevorzugt weniger als 70 µm betragen. Durch die Einstellung der Dicke des Leuchtstoffelements 11 innerhalb dieses Bereichs kann, wenn ein Wärmeableitungselement auf einer unteren Oberfläche des Leuchtstoffelements 11 angeordnet ist, Wärme, die in der Umgebung einer Oberfläche des Leuchtstoffelements 11 erzeugt wird, effizient auf das Wärmeableitungselement übertragen werden. Die Dicke des Leuchtstoffelements 11 beträgt beispielsweise bevorzugt 50 µm oder mehr. Durch die Einstellung der Dicke des Leuchtstoffelements 11 innerhalb dieses Bereichs kann eine hohe Effizienz der Wellenlängenumwandlung erzielt werden. Der Ce-Gehalt (mol-%) des Leuchtstoffs in dem Leuchtstoffelement 11 wird durch $n \times 3 \times 100 / (3 + 5 + 12)$ unter Verwendung des oben beschriebenen Ce-Substitutionsverhältnisses n berechnet und liegt bevorzugt in einem Bereich von 0,025 mol-% bis 0,255 mol-%. Ein solcher Ce-Gehalt kann eine Abnahme der Lichtausbeute bei hohen Temperaturen unterdrücken und eignet sich daher besonders für den Einsatz in einem Hochleistungslaser.

[0027] Die relative Dichte des Seltenerd-Aluminat-Sinterpresslings liegt in einem Bereich von 85% bis 99%, bevorzugt 89% oder mehr, noch bevorzugter 90% oder mehr, noch stärker bevorzugt 91% oder mehr, und kann noch stärker bevorzugt 92% oder mehr betragen. Wenn die relative Dichte des Seltenerd-Aluminat-Sinterpresslings in einem Bereich von 85% bis 99% liegt, wird auf den Sinterpressling auftreffendes Anregungslicht effizient durch Hohlräume gestreut, und das gestreute Licht wird effizient durch eine kristalline Phase wellenlängenumgewandelt, so dass das wellenlängenumgewandelte Licht von derselben Oberfläche emittiert werden kann wie eine Oberfläche, auf die das Anregungslicht auftrifft.

[0028] Die relative Dichte des Seltenerd-Aluminat-Sinterpresslings kann nach Gleichung (1) aus der scheinbaren Dichte des Sinterpresslings und der wahren Dichte des Sinterpresslings berechnet werden.

[Math. 1]

$$\text{Relative Dichte(\%)} \text{ des Seltenerd – Aluminat – Sinterpresslings} = (\text{Scheinbare Dichte des Seltenerd – Aluminat – Sinterpresslings}) / (\text{Wahre Dichte des Seltenerd – Aluminat – Sinterpresslings}) \times 100 \quad (1)$$

[0029] Die scheinbare Dichte des Seltenerd-Aluminat-Sinterpresslings ist ein Wert, den man erhält, wenn man die Masse des Sinterpresslings durch das Volumen des Sinterpresslings dividiert, und der sich nach Gleichung (2) unten berechnen lässt. Als wahre Dichte des Seltenerd-Aluminat-Sinterpresslings kann die wahre Dichte des Seltenerd-Aluminat-Leuchtstoffs verwendet werden.

[Math. 2]

$$\text{Scheinbare Dichte des Seltenerd – Aluminat – Sinterpresslings} = (\text{Masse(g) des Seltenerd – Aluminat – Sinterpresslings}) / (\text{Volumen(Archimedesmethode)}(\text{cm}^3) \text{ des Seltenerd – Aluminat – Sinterpresslings}) \quad (2)$$

[0030] Der Seltenerd-Aluminat-Sinterpressling hat bevorzugt einen Hohlraumanteil in einem Bereich von 1% bis weniger als 15%. Der Hohlraumanteil des Seltenerd-Aluminat-Sinterpresslings ist ein Wert, der durch Subtraktion der relativen Dichte des Sinterpresslings von 100 % ermittelt wird, und kann bei Bedarf nach Gleichung (3) berechnet werden.

[Math. 3]

$$\text{Porosität(\%)} \text{ des Seltenerd – Aluminat – Sinterpresslings} = 100\% - \text{Relative Dichte(\%)} \text{ des Seltenerd – Aluminat – Sinterpresslings} \quad (3)$$

[0031] In dem Seltenerd-Aluminat-Sinterpressling sind die Hohlräume bevorzugt um die kristalline Phase verteilt. Wenn die Hohlräume um die kristalline Phase verteilt sind, wird das auf den Sinterpressling auftreffende Anregungslicht durch die um die kristalline Phase verteilten Hohlräume gestreut, und das verteilte

Licht wird effizient durch die kristalline Phase wellenlängenumgewandelt. So kann das wellenlängenumgewandelte Licht von derselben Oberfläche wie die Oberfläche, auf die das Anregungslicht auftrifft, effizient emittiert werden.

[0032] Das Leuchtstoffelement 11 kann neben oder anstelle des Seltenerd-Aluminat-Leuchtstoffs auch andere bekannte Leuchtstoffe enthalten. Bei den anderen bekannten Leuchtstoffen handelt es sich z. B. um Leuchtstoffe auf BSESN-Basis (z. B. $(\text{Ba}, \text{Sr})_2 \text{Si}_5\text{N}_8 : \text{Eu}$).

[0033] Das Leuchtstoffelement 11 hat z. B. eine rechteckige, ebene Form. Die Größe des Leuchtstoffelements 11 ist in einer Draufsicht zum Beispiel ein 1 mm bis 6 mm großes Quadrat. Wenn die Größe gleich oder größer als ein 1 mm im Quadrat ist, kann die Effizienz der Wellenlängenumwandlung des Leuchtstoffelements 11 verbessert sein, und eine Fehlausrichtung des Anregungslichts ist unwahrscheinlich. Wenn der ebene Bereich des Leuchtstoffelements doppelt so groß oder mehr doppelt so groß wie die Punktgröße des Anregungslichts hat, ist eine Fehlausrichtung des Anregungslichts besonders unwahrscheinlich. Unter dem Gesichtspunkt der Einfachheit eines Herstellungsverfahrens ist die ebene Form des Leuchtstoffelements 11 bevorzugt eine rechteckige Form. Die ebene Form des Leuchtstoffelements 11 ist allerdings nicht auf eine rechteckige Form beschränkt, sondern kann eine kreisförmige Form, eine elliptische Form oder eine andere polygonale Form sein.

- Lichtdurchlässiges Substrat -

[0034] Das lichtdurchlässige Substrat 12 hat eine höhere Wärmeleitfähigkeit als das Leuchtstoffelement 11 und ermöglicht die Abgabe eines Teils der in dem Leuchtstoffelement 11 erzeugten Wärme an das lichtdurchlässige Substrat 12. Die Wärmeleitfähigkeit des lichtdurchlässigen Substrats 12 beträgt z. B. das 1,2- bis 200-fache, bevorzugt das 1,2-bis 5-fache, noch bevorzugter das 1,2- bis 4-fache der Wärmeleitfähigkeit des Leuchtstoffelements 11. Die Wärmeleitfähigkeit der als Beispiel für das Leuchtstoffelement 11 verwendeten YAG-Platte beträgt etwa 11,7 W/m-K, und die Wärmeleitfähigkeit des lichtdurchlässigen Substrats 12 ist bevorzugt höher als 11,7 W/m-K, und beträgt bevorzugt 15 W/m-K oder mehr. Im Allgemeinen wird für die Wärmeleitfähigkeit ein Wert bei Raumtemperatur ($20 \pm 20^\circ\text{C}$) verwendet, sofern nichts Anderes angegeben ist.

[0035] Das lichtdurchlässige Substrat 12 ist lichtdurchlässig, damit das Leuchtstoffelement 11 das Licht der Lichtquelle in geeigneter Weise empfangen kann. Der Begriff „lichtdurchlässig“ in der vorliegenden Beschreibung bedeutet, dass 80 % oder mehr des Lichts von der Lichtquelle transmittiert wird. Als lichtdurchlässiges Substrat 12 mit solcher Wärmeleitfähigkeit und Lichtdurchlässigkeit ist ein Saphir- oder Diamantsubstrat vorteilhaft.

[0036] Das lichtdurchlässige Substrat 12 hat die Form einer flachen Platte und besitzt eine Dicke in einem Bereich von 100 μm bis 600 μm . Die Dicke des lichtdurchlässigen Substrats 12 beträgt bevorzugt das 0,6- bis 12-Fache, besser das 2- bis 8-Fache der Dicke des Leuchtstoffelements 11. Wenn die Dicke des lichtdurchlässigen Substrats 12 100 μm oder mehr beträgt, dient das lichtdurchlässige Substrat 12 als ein Wärmeableitungselement, das effizient Wärme ableitet. Wenn die Dicke des lichtdurchlässigen Substrats 12 600 μm oder weniger beträgt, kann die Lichtmenge, die von einer Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 emittiert wird, reduziert sein, und Licht kann effizient von oberhalb des lichtdurchlässigen Substrats 12 extrahiert werden. Eine obere Oberfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 ist vorzugsweise eine flache Oberfläche, die nicht wie eine konvexe Linse gekrümmt ist. Wenn die obere Oberfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 eine flache Oberfläche ist, wird ein Teil des von dem Wellenlängenumwandlungsmodul 100 extrahierten Lichts zwischen dem lichtdurchlässigen Substrat 12 und der Luft vollständig reflektiert. Licht mit einem Winkel der Totalreflexion oder mehr wird in das Innere des lichtdurchlässigen Substrats 12 zurückgeleitet, und ein Teil des Lichts wird nach Streuung und Reflexion aus dem lichtdurchlässigen Substrat 12 extrahiert. Andererseits wird Licht, das einen kleineren Winkel als den Winkel der Totalreflexion hat, unverändert aus dem lichtdurchlässigen Substrat 12 extrahiert. Da somit eine starke Lichtemission in einem schmalen Bereich kleiner als der Winkel der Totalreflexion erzielt wird, kann das durch das lichtdurchlässige Substrat 12 transmittierte Licht effizient in eine zweite Linse des optischen Systems eingekoppelt werden. Wenn die obere Oberfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 die Form einer konvexen Linse hat, kann der größte Teil des von dem Wellenlängenumwandlungsmodul 100 extrahierten Lichts aus dem lichtdurchlässigen Substrat 12 extrahiert werden. Jedoch wird das durch das lichtdurchlässige Substrat 12 transmittierte Licht emittiert, während es sich über einen weiten Winkel verteilt. Daher kann eine große Menge des von dem lichtdurchlässigen Substrat 12 emittierten Lichts nicht in die zweite Linse eingekoppelt werden, was zu einer Erhöhung des Anteils an ungenutztem Licht führt. Bei dem lichtdurchlässigen Substrat 12 beträgt das Verhält-

nis des dünnsten Teils zum dicksten Teil bevorzugt 0,8 oder mehr, noch bevorzugter 0,9 oder mehr, noch stärker bevorzugt 0,98 oder mehr. Das lichtdurchlässige Substrat 12 kann ein lichtdurchlässiges Substrat mit der gleichen Dicke sein. Durch Ausbilden des lichtdurchlässigen Substrats 12 in Form einer flachen Platte und Einstellen von dessen Dicke in dem oben genannten Bereich wird die obere Oberfläche des lichtdurchlässigen Substrats leicht im Wesentlichen gleichmäßig mit Anregungslicht bestrahlt, und die gesamte Lichtbestrahlungsoberfläche des Leuchtstoffelements wird leicht mit Anregungslicht mit einer im Wesentlichen gleichmäßigen Intensität bestrahlt, wie es oben beschrieben ist. Durch die oben beschriebene Einstellung der Dicke kann die in dem Leuchtstoffelement 11 erzeugte Wärme von der Bestrahlungsfläche des mit einem Laser bestrahlten Leuchtstoffelements 11 in geeigneter Weise an das lichtdurchlässige Substrat 12 abgegeben werden.

[0037] Das lichtdurchlässige Substrat 12 ist direkt mit dem Leuchtstoffelement 11 verbunden. Der Begriff „direkt verbunden“ in der vorliegenden Beschreibung bezeichnet einen Aspekt, bei dem das lichtdurchlässige Substrat 12 und das Leuchtstoffelement 11 in direktem Kontakt miteinander stehen und miteinander verbunden sind, ohne dass sich dazwischen ein Klebemittel oder dergleichen befindet. Das heißt, wenn bei Verwendung eines Hochleistungslasers das lichtdurchlässige Substrat und das Leuchtstoffelement mit einem Klebemittel miteinander verbunden sind, kann der Klebemittel ausbrennen. Daher wird bevorzugt kein Klebemittel verwendet. Zwischen dem lichtdurchlässigen Substrat 12 und dem Leuchtstoffelement 11 befinden sich nicht bevorzugt ein Antireflexionsfilm und weitere Schichten, die nachfolgend beschrieben sind. Wenn ein Antireflexionsfilm oder dergleichen auf einer oberen Oberfläche des Leuchtstoffelements 11 angeordnet ist, kann die auf der Oberfläche des Leuchtstoffelements 11 erzeugte Wärme durch den Antireflexionsfilm oder dergleichen eingeschlossen werden, und es kann sein, dass die Wärme nicht effizient abgeleitet wird. Andererseits kann bei dem Wellenlängenumwandlungsmodul der vorliegenden Offenbarung die in dem Leuchtstoffelement 11 erzeugte Wärme in geeigneter Weise an das lichtdurchlässige Substrat 12 abgegeben werden, da das Leuchtstoffelement 11 in direktem Kontakt mit dem lichtdurchlässigen Substrat 12 hoher Wärmeleitfähigkeit steht. Obwohl nachfolgend der direkte Kontakt beschrieben ist, kann auch ein Verbindungsverfahren wie z.B. das Oberflächenaktivierungsverbinden oder das Atomdiffusionsverbinden verwendet werden. Durch den direkten Kontakt des lichtdurchlässigen Substrats 12 mit dem Leuchtstoffelement 11 kann die in der Umgebung der Bestrahlungsfläche des Leuchtstoffelements erzeugte Wärme effizient auf das lichtdurchlässige Substrat 12 übertragen werden. Da das lichtdurchlässige Substrat 12 eine höhere Wärmeleitfähigkeit hat als das Leuchtstoffelement 11, ist ein Bereich, in dem Wärme in horizontaler Richtung ausbreitet, in dem lichtdurchlässigen Substrat 12 größer als in dem Leuchtstoffelement 11. Das heißt, der größte Teil der in der Umgebung der Bestrahlungsfläche des Leuchtstoffelements 11 erzeugten Wärme diffundiert zur Seite des lichtdurchlässigen Substrats 12 hoher Wärmeleitfähigkeit, woraufhin sich die Wärme effizient in horizontaler Richtung innerhalb des lichtdurchlässigen Substrats 12 ausbreiten kann.

[0038] Das lichtdurchlässige Substrat 12 kann zusammen mit dem Leuchtstoffelement 11 mit Hilfe einer Würfelklinge oder eines Laserstrahls vereinzelt werden, wie es unten in einem Verfahren zum Herstellen des Wellenlängenumwandlungsmoduls beschrieben ist. Daher kann die ebene Form oder der ebene Bereich des lichtdurchlässigen Substrats 12 im Wesentlichen gleich der ebenen Form bzw. dem ebenen Bereich des Leuchtstoffelements 11 sein. Ähnlich wie das Leuchtstoffelement 11 kann auch das lichtdurchlässige Substrat 12 in der Draufsicht eine rechteckige Form haben. Das Leuchtstoffelement 11 und das lichtdurchlässige Substrat 12, die im Wesentlichen die gleiche Form haben, tragen auf diese Weise zu einer Verkleinerung des Wellenlängenumwandlungsmoduls bei, und die gesamte Lichtbestrahlungsoberfläche des Leuchtstoffelements 11 kann mit Anregungslicht mit einer gewünschten im Wesentlichen einheitlichen Intensität bestrahlt werden.

[0039] Wie es oben beschrieben ist, befindet sich das Leuchtstoffelement 11 in dem Wellenlängenumwandlungsmodul der vorliegenden Offenbarung in direktem Kontakt mit dem lichtdurchlässigen Substrat 12, das eine höhere Wärmeleitfähigkeit als das Leuchtstoffelement 11 besitzt und eine Dicke in einem Bereich von 100 µm bis 600 µm hat. So kann die in dem Leuchtstoffelement 11 erzeugte Wärme in geeigneter Weise von der Bestrahlungsfläche des mit einem Laser bestrahlten Leuchtstoffelements 11 an das lichtdurchlässige Substrat 12 abgegeben werden.

<Andere zusätzliche Konfigurationen>

[0040] Wie es in den **Fig. 2A** und **2B** gezeigt ist, kann das Wellenlängenumwandlungsmodul zusätzlich zu dem oben beschriebenen Leuchtstoffelement 11 und dem lichtdurchlässigen Substrat 12 eine Basis 30, ein Verbindungselement 20, das die Basis 30 und das Leuchtstoffelement 11 miteinander verbindet, einen Refle-

xionsfilm 13a, ein Verbindungsmetall 13b und einen auf dem lichtdurchlässigen Substrat 12 angeordneten Antireflexionsfilm 14 umfassen.

-Basis-

[0041] Die Basis 30 kann ein Basiselement 31 mit einer Vertiefung 31a, eine erste Metallschicht 32, die auf einer oberen Oberfläche des Basiselements 31 einschließlich einer Innenfläche der Vertiefung 31a angeordnet ist, und eine zweite Metallschicht 33, die auf der ersten Metallschicht 32 angeordnet ist, umfassen. Das Basiselement 31 besteht im Hinblick auf Wärmeableitung und Verarbeitbarkeit bevorzugt aus Kupfer oder einer Kupferlegierung. Die erste Metallschicht 32 besteht beispielsweise aus Nickel (Ni), und die Dicke liegt bevorzugt in einem Bereich von 0,1 µm bis 3,0 µm. Die zweite Metallschicht 33 ist z. B. Gold (Au), und die Dicke liegt bevorzugt in einem Bereich von 0,02 µm bis 5,0 µm. Ferner kann eine dritte Metallschicht 34 zur Einstellung eines Abstands zwischen der Basis 30 und dem Leuchtstoffelement 11 auf der zweiten Metallschicht 33 auf einem Bodenabschnitt der Vertiefung 31a angeordnet sein. Als ein Beispiel für die dritte Metallschicht 34 kann Silber (Ag) verwendet werden, und die Dicke kann entsprechend dem Abstand zwischen der Basis 30 und dem Leuchtstoffelement 11 eingestellt sein. Zum Beispiel liegt die Dicke der dritten Metallschicht 34 bevorzugt in einem Bereich von 0,1 µm bis 100 µm, aber die dritte Metallschicht 34 muss nicht vorhanden sein.

- Verbindungselement -

[0042] Das Verbindungselement 20 verbindet die Basis 30 mit einem Element, das wenigstens das Leuchtstoffelement 11 umfasst. Das Verbindungselement 20 umfasst ein Metallteil 21 und ein Harz 50. Da das Verbindungselement 20 das Harz 50 umfasst, kann eine Verschlechterung des Verbindungselements 20 aufgrund einer Temperaturänderung verhindert und die Zuverlässigkeit verbessert werden. Im Falle von Silber (Ag) oder Kupfer (Cu) mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit ist eine spannungsinduzierte Migration aufgrund einer Restspannung auf der Metalloberfläche wahrscheinlich. Andererseits kann durch Abdecken der Metalloberfläche mit einem Harz die Migration der Metalloberfläche effektiv verhindert werden. Das Metallteil 21 wird bevorzugt aus einem Material mit einer guten Wärmeleitfähigkeit gebildet, um die in dem Leuchtstoffelement 11 erzeugte Wärme effizient zu der Basis 30 zu übertragen. Zum Beispiel umfasst das Metallteil 21 bevorzugt Silber (Ag) oder Kupfer (Cu), und zwar bevorzugt Silber (Ag).

[0043] Als ein bevorzugter Aspekt des Verbindungselements 20 kann das Verbindungselement 20 auf einem Teil der Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 angeordnet sein. Bevorzugt ist der in dem Verbindungselement 20 enthaltene Metallteil 21 auf einem Teil der Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 angeordnet. Da das Verbindungselement 20 oder der im Verbindungselement 20 enthaltene Metallteil 21 einen Teil der Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 bedeckt, kann ein Teil der auf das lichtdurchlässige Substrat 12 übertragenen Wärme von der Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 über das Verbindungselement 20 an die Basis 30 abgegeben werden. Obwohl das Verbindungselement 20, wie es oben beschrieben ist, das Metallteil 21 und das Harz 50 umfasst, befindet sich ein Teil der Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 bezüglich der Wärmeableitungseigenschaft bevorzugt in Kontakt mit dem Metallteil 21. Gemäß einer solchen Konfiguration kann die in dem lichtdurchlässigen Substrat 12 erzeugte Wärme durch das Metallteil 21 effektiv mit einer guten Wärmeleitfähigkeit abgeleitet werden.

[0044] In den **Fig. 2A** und **2B** ist als Beispiel ein Aspekt gezeigt, in dem das Verbindungselement 20 die Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 bedeckt. Stattdessen kann jedoch auch das Verbindungselement 20 die Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 und eine Seitenfläche des Antireflexionsfilms 14 bedecken. Ein Teil des Verbindungselements 20 kann bis zum Außenumfangsrand einer oberen Oberfläche des Antireflexionsfilms 14 kriechen, so dass einfallendes Licht und emittiertes Licht nicht blockiert werden.

- Metallteil -

[0045] Das Metallteil 21 ist bevorzugt ein Metallsinterpressling mit einer porösen Struktur einschließlich Hohlräumen. Der Metallsinterpressling mit poröser Struktur wie in der vorliegenden Offenbarung wird zum Beispiel durch Brennen und Sintern einer Metallpaste mit einem Metallpulverkörper gewonnen. Der Metallsinterpressling mit poröser Struktur umfasst ein Metallteil mit einer Netzwerkstruktur, in der mehrere Metallpartikel durch Verschmelzen wenigstens von Abschnitten des benachbarten Metallpulvers kontinuierlich verbunden und die Hohlräume zwischen dem benachbarten Metallpulver unter Ausschluss der gebrannten Abschnitte gebildet sind. Demzufolge umfasst der Metallsinterpressling mit poröser Struktur wie in der vorlie-

genden Offenbarung beschrieben Hohlräume zwischen dem Leuchtstoffelement 11 und der Basis (Wärmeableitungselement), zum Beispiel in dem Wellenlängenumwandlungsmodul.

[0046] Ferner bezieht sich der Ausdruck „poröses Material“ im Allgemeinen auf ein Material mit einer großen Anzahl von Poren und wird z. B. als mikroporöses Material, mesoporöses Material oder makroporöses Material bezeichnet. Aber der Metallsinterpressling in der vorliegenden Offenbarung kann Hohlräume mit verschiedenen Größen enthalten, z. B. in Abhängigkeit von der Partikelgrößenverteilung des Metallpulverkörpers vor dem Sintern. Wenn der Metallsinterpressling in der vorliegenden Offenbarung beispielsweise als Verbindungselement verwendet wird, das zwei Teile miteinander verbindet, sind Hohlräume auch in einem Teil vorhanden, der zwischen den beiden Teilen liegt, wodurch es möglich ist, eine Festigkeit zu gewährleisten, die hoch genug ist, um thermischen Belastungen standzuhalten, und gleichzeitig einen effektiveren Wärmeübertragungsweg zu gewährleisten.

[0047] Das Metallteil 21 kann eine Hohlkehle bzw. Ausrundung umfassen, die sich in Richtung einer Bodenfläche der Vertiefung 31a der Basis 30 erstreckt, und die Hohlkehle kann auf wenigstens einem Teil der Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 angeordnet sein. Da das Metallteil 21 die Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 bedeckt, kann ein Teil der auf das lichtdurchlässige Substrat 12 übertragenen Wärme von der Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 über das Metallteil 21 an die Basis 30 abgegeben werden. Die in der vorliegenden Beschreibung beschriebene „Hohlkehle“ bezieht sich auf einen Teil des Metallteils 21, der von den Seitenflächen des Leuchtstoffelements 11 und des lichtdurchlässigen Substrats 12 nach außen ragt und im Wesentlichen eine dreieckige Querschnittsform aufweist, die die Querschnittsfläche von der Seite des Leuchtstoffelements 11 nach unten hin vergrößert.

[0048] Das Metallteil 21 kann die gesamte Seitenfläche des Leuchtstoffelements 11 bedecken bzw. abdecken. Der Begriff „Bedeckung“ in der vorliegenden Beschreibung bedeutet nicht nur eine Bedeckung mit direktem Kontakt zwischen dem Metallteil 21 und dem Leuchtstoffelement 11, sondern auch eine indirekte Bedeckung ohne direkten Kontakt zwischen dem Metallteil 21 und dem Leuchtstoffelement 11. Gemäß einer solchen Konfiguration kann ein Teil der in dem Leuchtstoffelement 11 erzeugten Wärme von der Seitenfläche des Leuchtstoffelements 11 über das Metallteil 21 an die Basis 30 abgegeben werden, da das Metallteil 21 den Umfang des Leuchtstoffelements 11 bedeckt. Das Leuchtstoffelement 11 und das Metallteil 21 können in direktem Kontakt zueinanderstehen.

[0049] In einem bevorzugten Aspekt kann das lichtdurchlässige Substrat 12 in direktem Kontakt mit dem Metallteil 21 stehen. Gemäß einer solchen Konfiguration kann ein Teil der in dem lichtdurchlässigen Substrat 12 erzeugten Wärme von der Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 über das Metallteil 21 an die Basis 30 abgegeben werden. In einem weiteren bevorzugten Aspekt kann das Metallteil 21 in einer Dickenrichtung 10% bis 100% der Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 von einer unteren Oberfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 abdecken. Insbesondere kann das Metallteil 21 einen unteren Teil des lichtdurchlässigen Substrats 12 von der Mitte der Dicke des lichtdurchlässigen Substrats 12 in der Dickenrichtung abdecken.

[0050] Das Metallteil 21 kann Abstandspartikel enthalten, damit das Verbindungselement 20 eine bestimmte Dicke oder mehr hat. So kann die Dicke des Metallteils 21 zwischen der Basis 30 und dem Leuchtstoffelement 11, d.h. die Dicke des Verbindungselements 20, gleich dick wie oder dicker als die Partikelgröße des Abstandspartikels gemacht werden. Die Abstandspartikel können aus Zirkoniumpartikeln, Glaspartikeln, Siliziumdioxidpartikeln oder Aluminiumoxidpartikeln bestehen und bestehen bevorzugt aus Zirkoniumpartikeln. Die Partikelgröße der Abstandspartikel wird unter Berücksichtigung des zu gewährleistenden Abstandes zwischen der Basis 30 und dem Leuchtstoffelement 11 zweckmäßig festgelegt, liegt aber beispielsweise in einem Bereich von 20 µm bis 500 µm, bevorzugt in einem Bereich von 50 µm bis 300 µm, noch bevorzugter in einem Bereich von 100 µm bis 200 µm.

-Harz-

[0051] Das Verbindungselement 20 kann zusätzlich zu dem Metallteil 21 das Harz 500 enthalten, um das geeignete Verbindungselement 2 zu erhalten. Das Harz 50 vergrößert eine Verbindungsfläche mit der Basis 30, um eine starke Verbindung zu ermöglichen. Das Harz 50 umfasst bevorzugt ein erstes Harzelement 51, das eine äußere Oberfläche des Metallteils 21 bedeckt, und zweite Harzelemente 52, mit denen die Hohlräume des das Metallteil 21 bildenden Metallsinterpresslings imprägniert sind. Durch das Abdecken des Metallteils 21 mit dem ersten Harzelement 51 kann die Sulfatierung und Oxidation des Metallteils 21 unterdrückt werden. Die Hohlräume des das Metallteil 21 bildenden Metallsinterpresslings sind mit dem zweiten

Harzelement 52 imprägniert, wodurch die Widerstandsfähigkeit gegen thermische Belastungen erhöht ist. Wie aus der Tatsache ersichtlich ist, dass die Hohlräume des Metallsinterpresslings mit den zweiten Harzelementen 52 imprägniert sind, wird die Verbindung zwischen dem Leuchtstoffelement 11 und der Basis 30 hauptsächlich durch das Metallteil 21 hergestellt. Mit anderen Worten, das Volumenverhältnis der zweiten Harzelemente 52 ist bevorzugt geringer als das Volumenverhältnis des Metallteils 21.

[0052] Die Hauptkomponente des Harzes 50 (das erste Harzelement 51 und das zweite Harzelement 52) ist zum Beispiel ein wärmehärtendes bzw. duroplastisches Epoxidharz. Auch ein Silikonharz oder dergleichen kann verwendet werden, aber das Epoxidharz ist bevorzugt, weil das Epoxidharz eine hohe Gasbarriereeigenschaft hat und den Metallsinterpressling von der Außenluft abschirmen kann, nachdem der Metallsinterpressling damit imprägniert wurde. Das wärmehärtende Epoxidharz enthält bevorzugt kein Halogen wie etwa Chlor. Die Art des Epoxidharzes kann alicyclisch, Bisphenol-A-Diglycidylether, Bisphenol-F-Diglycidylether, hydrierter Bisphenol-A-Diglycidylether, Hexahydrophthalat-Diglycidylester oder dergleichen sein, und verschiedene epoxid-reaktive Verdünnungen können als flüssige Produkte zugesetzt werden. Unter diesen Epoxidharzen ist das alicyclische Epoxidharz vorzuziehen. Da das alicyclische Epoxidharz eine niedrige Viskosität und Fülleigenschaften besitzt, ist das Auftreten von Hohlräumen weniger wahrscheinlich. Die Glasübergangstemperatur kann auf 200°C oder mehr erhöht und die Glasübergangstemperatur leicht entsprechend der benötigten Wärmebeständigkeitstemperatur eingestellt werden.

-In dem Harz verteilte Partikel-

[0053] Das Harz 50 kann verteilte bzw. dispergierte Partikel 53 enthalten. Die Partikel 53 sind bevorzugt Partikel, die in einem Entschäumungsmittel bzw. Antischaummittel enthalten sind, das die Bildung von Blasen während der Harzfüllung effektiv unterdrückt. Ein Entschäumungsmittel kann z. B. durch Mischen und Dispergieren bzw. Verteilen von hydrophilen oder hydrophoben Partikeln (Pulver) in einem Medium wie Silikonöl gewonnen werden. Außer Silikonöl kann auch ein stark hydrophobes Tensid als Medium verwendet werden. Ersteres, Silikonöl, ist ein Schaumverhinderungs-Entschäumungsmittel, das für nicht-wässrige Materialien geeignet ist, während letzteres, das stark hydrophobe Tensid, ein Schaumverhinderungs-Entschäumungsmittel ist, das für wässrige Materialien geeignet ist. In der vorliegenden Ausführungsform wird bevorzugt das Silikonöl verwendet, da die meisten Harzmaterialien nicht-wässrigen Materialien entsprechen. Auch hydrophiles Siliciumdioxid, hydrophobes Siliciumdioxid oder dergleichen kann als hydrophile oder hydrophobe Partikel verwendet werden. Als Entschäumungsmittel gibt es ein Schaumverhinderungs-Entschäumungsmittel, das die Schaumbildung effektiv unterdrücken kann und ein schaumbrechendes Entschäumungsmittel, das effektiv Schaum bricht, wobei das Schaumverhinderungs-Entschäumungsmittel bevorzugt unter Berücksichtigung der Streuung oder dergleichen des Harzmaterials verwendet wird.

[0054] Die mittlere Partikelgröße der hydrophilen oder hydrophoben Partikel, die in das Medium gemischt und verteilt werden, wird unter Berücksichtigung der Größe der Hohlräume eines zu imprägnierenden Objekts und des Absetzens der Partikel während der Lagerung zweckmäßig festgelegt, liegt aber z. B. in einem Bereich von 0,001 µm bis 20 µm, bevorzugt in einem Bereich von 0,01 µm bis 10 µm, noch bevorzugter in einem Bereich von 0,05 µm bis 5 µm. Der Gehalt der hydrophilen oder hydrophoben Partikel liegt zum Beispiel in einem Bereich von 0,001 Gewichtsanteilen bis 10 Gewichtsanteilen, bevorzugt in einem Bereich von 0,01 Gewichtsanteilen bis 5 Gewichtsanteilen, noch bevorzugter in einem Bereich von 0,1 Gewichtsanteilen bis 3 Gewichtsanteilen, jeweils bezogen auf 100 Gewichtsanteile des Mediums.

[0055] Die Partikel 53 können sowohl in dem ersten Harzelement 51 als auch im zweiten Harzelement 52 enthalten sein. Die zweiten Harzelemente 52 enthalten jedoch fast keine Partikel 53 im Inneren des Metallteils 21, und die Partikel 53 sind im Harz nahe der Außenfläche des Metallteils 21 angeordnet. Das heißt, in dem zweiten Harzelement 52 ist die Dichte der Partikel 53, die in dem zweiten Harzelement 52 nahe der Außenfläche des Metallteils 21 enthalten sind, höher als die Dichte der Partikel 53, die in dem zweiten Harzelement 52 im Inneren des Metallteils 21 enthalten sind. Die Dichte der in dem ersten Harzelement 51 verteilten Partikel 53 ist höher als die Dichte der in den zweiten Harzelementen 52 innerhalb des Metallteils 21 verteilten Partikel 53.

[0056] Die verteilten Partikel 53 haben die Funktion, auf die Oberfläche des Schaums einzuwirken, wenn der Schaum des Harzmaterials zum Bilden des Harzes 50 während der Herstellung des Wellenlängenumwandlungsmoduls die Flüssigkeitsoberfläche erreicht, wodurch die Schaumoberfläche durch Störung der Anordnung destabilisiert und das Wachstum des Schaums von der Flüssigkeitsoberfläche unterdrückt wird. Die Schaumunterdrückungsfunktion des Harzelements der Partikel 53 ist innerhalb des ersten Harzelements 51 gezeigt, und somit müssen die zweiten Harzelemente 52 im Wesentlichen nicht die Partikel 53 enthalten.

- Reflexionsfilm -

[0057] Der Reflexionsfilm 13a kann auf der unteren Oberfläche des Leuchtstoffelements 11 angeordnet sein. Die untere Oberfläche des Leuchtstoffelements 11 bezieht sich auf eine Oberfläche, die der Oberfläche gegenüberliegt, auf der das lichtdurchlässige Substrat 12 angeordnet ist. Die Reflexionsschicht 13a kann beispielsweise eine Al_2O_3 -Schicht, eine SiO_2 -Schicht, eine Nb_2O_5 -Schicht oder eine TiO -Schicht umfassen und umfasst bevorzugt eine Al_2O_3 -Schicht. Der Reflexionsfilm 13a ist eine transparente Schicht und hat die Funktion, wenigstens einen Teil des Lichts von dem Leuchtstoffelement 11 an einer Grenzfläche zu reflektieren. Da die Reflexion des Lichts durch den Reflexionsfilm 13a eine Reflexion mit geringerer Lichtabsorption im Vergleich zur Reflexion des Lichts durch ein Metall ist, kann das Licht effizient reflektiert werden. Die Dicke des Reflexionsfilms 13a liegt bevorzugt in einem Bereich von 0,1 μm bis 5,0 μm .

- Verbindungsmetall

[0058] Das Verbindungsmetall 13b kann auf einer unteren Oberfläche des Reflexionsfilms 13a angeordnet sein. Die untere Oberfläche des Reflexionsfilms 13a bezieht sich auf eine der Basis 30 zugewandte Fläche. Das Verbindungsmetall 13b kann beispielsweise aus einem Ag-Film, einer Mehrfachschicht bzw. mehreren Schichten aus einem Ni-Film und einem Ag-Film, einer Mehrfachschicht aus einem Ag-Film und einem Au-Film, einer Mehrfachschicht aus einem Al-Film und einem Ag-Film, einem Au-Film, einer Mehrfachschicht aus einem Al-Film und einem Au-Film oder einer Mehrfachschicht, bei der eine beliebige Metallschicht als Barrierschicht zur Lichtreflexion, Adhäsion oder Erwärmung zwischen den Mehrfachschichten angeordnet ist, bestehen und besteht bevorzugt aus einem Ag-Film. Die Dicke des Verbindungsmetalls 13b liegt bevorzugt in einem Bereich von 0,1 μm bis 100 μm .

-Antireflexionsfilm-

[0059] In einem bevorzugten Aspekt kann der Antireflexionsfilm 14 auf der oberen Oberfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 angeordnet sein. Bei der oberen Oberfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 handelt es sich um eine Bestrahlungsfläche oder eine Emissionsoberfläche. Der Antireflexionsfilm 14 kann z.B. aus einem Metalloxid wie SiO_2 , Nb_2O_5 oder TiO_2 oder einem Nitrid wie SiN , GaN oder AlN bestehen und besteht bevorzugt aus SiO_2 . Der Antireflexionsfilm 14 kann aus einer Einzelschicht bestehen, aber auch aus einer Mehrfachschicht, wobei mehrere der oben genannten Materialien übereinander geschichtet sind. Die Dicke des Antireflexionsfilms 14 entspricht bevorzugt einer Dicke, die zum Zweck eines Antireflexionsfilms erforderlich ist. Im Falle einer SiO_2 -Einzelschicht liegt die Dicke des Antireflexionsfilms 14 beispielsweise bevorzugt in einem Bereich von 0,05 μm bis 0,20 μm .

[0060] Die äußerste Oberfläche des Antireflexionsfilms 14 ist bevorzugt ein Oxid. Da das Oxid im Allgemeinen einen großen Kontaktwinkel gegenüber dem Harz hat, kann das Oxid die Benetzbarkeit gegenüber dem Harz verringern. Demzufolge kann die Harzanhaftung und Verschmutzung der äußersten Oberfläche des Antireflexionsfilms 14 an einer Lichtbestrahlungsposition und einer Lichtemissionsposition reduziert werden. Die äußerste Oberfläche des Antireflexionsfilms 14 ist z.B. SiO_2 .

[0061] Nachfolgend ist die Lichtemissionsvorrichtung mit dem Wellenlängenumwandlungsmodul 100 der vorliegenden Offenbarung und der Lichtquelle, die das Wellenlängenumwandlungsmodul 100 mit Licht bestrahlt, beschrieben.

[0062] Als Lichtquelle LD wird bevorzugt beispielsweise ein blauer Hochleistungslaser mit einem Emissionspeak bei einer Wellenlänge von 380 nm bis 500 nm verwendet. Die Lichtquelle LD ist jedoch nicht auf diese Wellenlänge beschränkt, sondern es kann auch eine Lichtquelle verwendet werden, die Licht mit einer anderen Wellenlänge abgibt. Das Wellenlängenumwandlungsmodul 100 der vorliegenden Offenbarung wird über ein optisches System wie einen dichroitischen Spiegel M und eine Linse L mit Licht bestrahlt, das von der Lichtquelle LD emittiert wird, zum Beispiel Licht mit einer bestimmten Wellenlänge. Das heißt, die Lichtquelle LD ist so angeordnet, dass sie das Wellenlängenumwandlungsmodul 100 der vorliegenden Offenbarung mit Licht bestrahlt.

[0063] In dem Wellenlängenumwandlungsmodul 100 ist das lichtdurchlässige Substrat 12 auf der Seite einer Lichtempfangsfläche angeordnet, die Licht von der Lichtquelle LD empfängt. Demzufolge wird zwar Wärme auf der Lichtempfangsfläche (Lichtbestrahlungsoberfläche) des Leuchtstoffelements 11, die Licht von der Lichtquelle empfängt, erzeugt, aber die Wärme wird leicht von der Lichtempfangsfläche (Lichtbestrahlungs-

oberfläche) des Leuchtstoffelements 11 zu dem lichtdurchlässigen Substrat 12 mit hoher Wärmeleitfähigkeit übertragen, so dass die Wärme effektiv durch das lichtdurchlässige Substrat 12 abgeleitet werden kann.

[0064] Das von dem Wellenlängenumwandlungsmodul 100 emittierte Licht wird über ein vorbestimmtes optisches System (zum Beispiel den dichroitischen Spiegel M, die Linse L und dergleichen) ausgegeben.

[0065] Nachfolgend ist ein Verfahren zum Herstellen des Wellenlängenumwandlungsmoduls der vorliegenden Offenbarung mit Bezug auf einen in **Fig. 4** gezeigten Fertigungs- bzw. Produktionsablauf beschrieben.

[0066] Das Verfahren zum Herstellen des Wellenlängenumwandlungsmoduls der vorliegenden Offenbarung umfasst wenigstens einen Schritt zum direkten Verbinden einer lichtdurchlässigen Platte mit einer Leuchtstoffplatte und einen Schritt zum Vereinzeln der direkt verbundenen lichtdurchlässigen Platte und Leuchtstoffplatte. Die ebene Form des vereinzelten lichtdurchlässigen Substrats und des Leuchtstoffelements sind im Wesentlichen gleich. Mindestens einer von einem Polierschritt, einem Reflexionsfilmbildungsschritt und einem Basis-Verbindungsschritt kann als zusätzlicher Schritt vorgesehen sein. Die Schritte des Verfahrens zum Herstellen des Wellenlängenumwandlungsmoduls sind nachfolgend nacheinander beschrieben.

-Direktverbindungsschritt-

[0067] Es werden eine Leuchtstoffplatte 11' und eine lichtdurchlässige Platte 12', die oben beschrieben sind, hergestellt. Als Beispiel wird eine YAG-Platte aus einem Sinterpressling als Leuchtstoffplatte 11' und ein Saphirsubstrat als lichtdurchlässige Platte 12' hergestellt. Ein Saphirsubstrat in Form einer flachen Platte und mit einer Dicke in einem Bereich von 100 µm bis 600 µm wird hergestellt. Die Leuchtstoffplatte 11' und die lichtdurchlässige Platte können auf eine gewünschte Dicke geschliffen und/oder poliert werden.

[0068] Nachdem die Leuchtstoffplatte 11' und die lichtdurchlässige Platte 12' vorbereitet wurden, werden eine Verbindungsfläche der Leuchtstoffplatte 11' und eine Verbindungsfläche der lichtdurchlässigen Platte 12' mit einem Ionenstrahl oder Plasma bestrahlt, um die Verbindungsoberflächen zu aktivieren. Anschließend werden die aktivierten Verbindungsoberflächen miteinander in Kontakt gebracht und direkt miteinander verbunden (siehe **Fig. 5(a)**). Das Direktverbindungsverfahren ist nicht auf Oberflächenaktivierungsverbinden beschränkt, sondern es kann beispielsweise auch Atomdiffusionsverbinden verwendet werden, bei dem Atome an einer Verbindungsgrenzfläche diffundieren.

-Polierschritt (Zusätzlicher Schritt) -

[0069] Nach dem Direktverbindungsschritt kann die Leuchtstoffplatte 11' auf eine Dicke in einem Bereich von 50 µm bis 200 µm poliert werden. Der Polierschritt in der vorliegenden Beschreibung kann sowohl Schleifen als auch Polieren umfassen. Aus Sicht der Wärmeableitungseigenschaft ist die Dicke der Leuchtstoffplatte 11' bevorzugt so dünn wie möglich. Da jedoch die Effizienz der Wellenlängenumwandlung des Leuchtstoffelements 11 nach der Vereinzelung abnimmt, wenn die Dicke weniger als 50 µm beträgt, ist die Untergrenze der Dicke auf 50 µm festgelegt. Andererseits beträgt die Dicke der Leuchtstoffplatte 11' bevorzugt 200 µm oder weniger. Dadurch wird die in der Umgebung der Bestrahlungsfläche des Leuchtstoffelements 11 nach der Vereinzelung erzeugte Wärme leicht auf die unter dem Leuchtstoffelement 11 befindliche Seite der Basis 30 übertragen und die Wärmeableitungseigenschaft des gesamten Wellenlängenumwandlungsmoduls verbessert. In dem Polierschritt wird die Leuchtstoffplatte 11' mit einem #1500 Schleifstein bei einer Schleifstein-Vorschubgeschwindigkeit von 30 µm/min bis 48 µm/min auf 10 µm bis auf eine Soll-Dicke geschliffen. Wenn die Soll-Dicke der Leuchtstoffplatte 11' jedoch weniger als 100 µm beträgt, wird das Schleifen unabhängig von der Soll-Dicke bei 100 µm gestoppt, um Rissbildung durch die Schleifbelastung zu verhindern. Anschließend wird die Leuchtstoffplatte 11' bevorzugt mit einem #22000 Schleifstein bei einer Schleifstein-Vorschubgeschwindigkeit von 1 µm/min bis 10 µm/min bis auf die Soll-Dicke poliert. Obwohl oben der Aspekt beschrieben ist, bei dem der Polierschritt nach dem Direktverbindungsschritt durchgeführt wird, kann die Leuchtstoffplatte 11' mit einer Dicke in einem Bereich von 50 µm bis 200 µm auch im Voraus vor dem Direktverbindungsschritt vorbereitet werden.

- Reflexionsfilm-Bildungsschritt (Zusätzlicher Schritt) -

[0070] Nach dem Direktverbindungsschritt wird der Reflexionsfilm 13a auf der Leuchtstoffplatte 11' gebildet. Der Reflexionsfilm 13a wird mit einem bekannten Filmbildungsverfahren (zum Beispiel einem Filmbildungsverfahren durch Sputtern) zu einer Dicke in einem Bereich von 0,1 µm bis 5,0 µm gebildet. Das Verbindungsmetall 13b wird gebildet, nachdem der Reflexionsfilm 13a gebildet wurde. Das Verbindungsmetall 13b ist bei-

spielsweise ausgewählt aus einem Ag-Film, einer Mehrfachsicht aus einem Ni-Film und einem Ag-Film, einer Mehrfachsicht aus einem Ag-Film und einem Au-Film, einer Mehrfachsicht aus einem Al-Film und einem Ag-Film oder einem Au-Film und einer Mehrfachsicht aus einem Al-Film und einem Au-Film und wird mit einer Dicke in einem Bereich von 0,1 µm bis 100 µm durch ein bekanntes Filmbildungsverfahren (beispielsweise durch Sputtern) gebildet. Ein Antireflexionsfilm kann ferner durch Verwendung einer bekannten Filmbildungseinrichtung (z. B. einer Vorrichtung zum Sputtern) auf der lichtdurchlässigen Platte 12' gebildet werden. Im Falle einer SiO₂-Einzelschicht wird der Antireflexionsfilm beispielsweise in einem Bereich von 0,05 µm bis 0,20 µm gebildet. Der Antireflexionsfilm 14 kann in einer Einzelschicht oder in mehreren Schichten gebildet werden. Doch wie es oben beschrieben ist, ist ein Oxid für die äußerste Oberfläche des Antireflexionsfilms vorteilhaft, um die Verunreinigung durch das Anhaften eines Harzes zu verringern, was weiter unten beschrieben ist. Bevorzugt besteht die äußerste Oberfläche des Antireflexionsfilms 14 aus SiO₂.

-Vereinzelungsschritt-

[0071] Die direkt verbundene Leuchtstoffplatte 11' und lichtdurchlässige Platte 12' werden mit einer Würfelklinge, einem Laser, oder dergleichen vereinzelt. In dem Verfahren zum Herstellen des Wellenlängenumwandlungsmoduls der vorliegenden Offenbarung werden, da die direkt gebundene Leuchtstoffplatte 11' und lichtdurchlässige Platte 12' z. B. mit einer Würfelklinge D vereinzelt werden (siehe **Fig. 5(b)**), der ebene Bereich des Leuchtstoffelements 11 und der ebene Bereich des lichtdurchlässigen Substrats 12 nach der Vereinzelung im Wesentlichen einander gleich. Das Leuchtstoffelement 11 und das lichtdurchlässige Substrat 12 haben durch die Vereinzelung eine rechteckige ebene Form und eine Größe von beispielsweise 1 mm bis 6 mm im Quadrat.

- Basis-Verbindungsschritt (Zusätzlicher Schritt) -

[0072] Der Basis-Verbindungsschritt umfasst einen Basis-Herstellungsschritt, einen Verbindungselement-Aufbringschritt, einen Anordnungsschritt, einen Verbindungsschritt und einen Imprägnierungsschritt.

1. Basis-Herstellungsschritt

[0073] Der Basis-Herstellungsschritt ist zum Beispiel ein Schritt zur Herstellung der Basis 30, das das Basis-element 31 mit der Vertiefung 31a, die erste Metallschicht 32, die zweite Metallschicht 33 und die dritte Metallschicht 34 umfasst. Zum Ausbilden der Vertiefung kann eine bekannte Verarbeitungstechnik verwendet werden, und zum Ausbilden der ersten bis dritten Metallschicht kann ein bekanntes Filmbildungsverfahren (z. B. Filmbildungsverfahren durch Sputtern) verwendet werden. Die Basis 30 ist nicht auf das oben beschriebene Beispiel beschränkt, sondern es kann anstelle der Vertiefung auch ein vorragender Abschnitt vorgesehen sein. Es kann eine beliebige von der ersten Metallschicht 32 bis zu der dritten Metallschicht 34 verwendet werden, oder es kann auf die Metallschicht verzichtet werden.

2. Verbindungselement-Aufbringschritt

[0074] Zunächst wird eine Metallpaste hergestellt, die den Metallpulverkörper enthält.

(1) Herstellung der Metallpaste

[0075] In der folgenden Beschreibung wird ein Fall beschrieben, in dem Silberpartikel als Metallpulver verwendet werden, und die Metallpaste wird als Silberpaste bezeichnet.

(1-1) Silberpartikelherstellung

[0076] Die Form der herzustellenden Silberpartikel ist nicht besonders beschränkt und kann beispielsweise im Wesentlichen kugelförmig oder schuppenförmig sein. In der vorliegenden Beschreibung ist das Silberpartikel „im Wesentlichen kugelförmig“, was bedeutet, dass das Seitenverhältnis (a/b), definiert durch das Verhältnis einer Hauptachse a zu einer Nebenachse b des Silberpartikels, 2 oder weniger beträgt. Wenn die Silberpartikel „schuppenförmig“ sind, bedeutet dies, dass das Seitenverhältnis größer als 2 ist. Die Hauptachse a und die Nebenachse b der Silberpartikel können durch Bildanalyse mittels SEM gemessen werden.

[0077] Die herzustellenden Silberpartikel haben eine mittlere Partikelgröße von z. B. 0,3 µm oder mehr, bevorzugt 0,5 µm oder mehr, noch bevorzugter 1 µm oder mehr, noch stärker bevorzugt 2 µm oder mehr. Die Silberpartikel haben eine mittlere Partikelgröße von bevorzugt 10 µm oder weniger, noch bevorzugter 5

µm oder weniger. Wenn die mittlere Partikelgröße 0,5 µm oder mehr, noch bevorzugter 1 µm oder mehr beträgt, aggregieren die Silberpartikel auch ohne Bildung des Schutzfilms, wie z. B. eines Abdeckmittels, auf der Oberfläche der Silberpartikel nicht, so dass der Schutzfilm nicht thermisch zersetzt werden muss und das Sintern bei einer niedrigen Temperatur durchgeführt werden kann. Die große Partikelgröße des Silberpartikels verbessert die Fließfähigkeit der Silberpaste. Daher kann die Silberpaste, wenn sie die gleiche Fließfähigkeit (Verarbeitbarkeit) hat, mehr Silberpartikel enthalten. Wenn die mittlere Partikelgröße 10 µm oder weniger, bevorzugt 5 µm oder weniger, beträgt, tritt aufgrund einer Vergrößerung der spezifischen Oberfläche des Silberpartikels eine Senkung des Schmelzpunkts auf, so dass die Sintertemperatur gesenkt werden kann. Die Partikelgröße des Silberpartikels kann durch ein Laserbeugungsverfahren gemessen werden. In der vorliegenden Beschreibung bedeutet die „mittlere Partikelgröße“ einen volumenbasierten mittleren Durchmesser, der mit dem Laserbeugungsverfahren gemessen wird (ein Wert, bei dem die aus der Partikelgrößenverteilung berechnete integrierte Volumenfrequenz 50 % beträgt).

[0078] Der Gehalt der herzustellenden Silberpartikel beträgt bevorzugt 5 Masse-% oder weniger an Silberpartikeln mit einer Partikelgröße von weniger als 0,3 µm und noch bevorzugter 15 Masse-% oder weniger an Silberpartikeln mit einer Partikelgröße von 0,5 µm oder weniger. Die Silberpartikel neigen bei niedrigen Temperaturen dazu, gesintert zu werden, wenn die Partikelgröße abnimmt. Insbesondere Silberpartikel in Nanogröße werden bei einer niedrigeren Temperatur gesintert als mikroskopisch kleine Silberpartikel. Daher führt ein hoher Gehalt an Silberpartikeln in Nanogröße in der Silberpaste dazu, dass die Sinterung bei einer niedrigen Temperatur beginnt, und die Verschmelzung kann in einem Zustand erfolgen, in dem die Silberpartikel nicht ausreichend miteinander in Kontakt sind.

[0079] Die herzustellenden Silberpartikel können eine Spur von Silberoxidfilm, Schwefelfilm usw. auf ihrer Oberfläche aufweisen. Da Silber ein Edelmetall ist, werden die Silberpartikel selbst nicht leicht oxidiert und sind sehr stabil. Im Nanobereich betrachtet, adsorbiert Silber jedoch leicht Schwefel, Sauerstoff usw., z. B. aus der Luft, und neigt dazu, einen dünnen Film auf der Oberfläche der Silberpartikel zu bilden. Die Dicke des Oxidfilms, des Sulfidfilms usw. auf dem Silberpartikel beträgt bevorzugt 50 nm oder weniger, noch bevorzugter 10 nm oder weniger.

[0080] (1-2) Mischen von Silberpartikeln und organischem Lösungsmittel Hierbei werden die vorbereiteten Silberpartikel und ein organisches Lösungsmittel als Dispersionsmedium gemischt. Ferner kann die Silberpaste ein Harz, etc. enthalten. Der Gehalt der Silberpartikel beträgt beim Mischen bevorzugt 70 Masse-% oder mehr, noch bevorzugter 85 Masse-% oder mehr. Das mischbare Harz wird durch Erwärmen und Brennen zersetzt, was weiter unten beschreiben ist, und verbleibt nicht in dem zu bildenden Verbindungskörper. Das Harz kann z.B. Polystyrol (PS) oder Polymethylmethacrylat (PMMA) sein. Das Mischen des Silberpartikels mit einem organischen Lösungsmittel, das ein Dispersionsmittel ist, erleichtert das Auftragen der Silberpaste auf die Oberfläche der Basis in einer gewünschten Dicke. Das hier verwendete organische Lösungsmittel kann z. B. ein organisches Lösungsmittel oder ein Gemisch aus zwei oder mehr Arten von organischen Lösungsmitteln wie z. B. ein Gemisch aus Diol und Ether sein. Der Siedepunkt des organischen Lösungsmittels liegt bevorzugt in einem Bereich von 150°C bis 250°C. Liegt der Siedepunkt bei 150°C oder darüber, kann die Verunreinigung der Silberpartikel durch die Atmosphäre und das Abfallen von Spänen durch Trocknung vor dem Erwärmungsschritt verhindert werden. Liegt der Siedepunkt bei 250°C oder darunter, wird die Verflüchtigungsrate im Erwärmungsschritt erhöht, und die Sinterung kann gefördert werden.

[0081] Zusätzlich zu den Silberpartikeln und dem Dispersionsmedium können Additive wie ein Dispergiermittel, ein Tensid, ein Viskositätsmodifikator und ein Verdünnungslösungsmittel sowie Abstandspartikel usw. beigemischt werden. Der Gehalt des Additivs in der Silberpaste kann so sein, dass die Gesamtmenge des Additivs 5 Masse-% oder weniger beträgt, zum Beispiel in einem Bereich von 0,5 Masse-% bis 3 Masse-%, bezogen auf die Menge der Silberpaste. Insbesondere durch die Zugabe von Abstandspartikeln kann die Dicke der Metallpaste mit ausreichender Reproduzierbarkeit gesteuert werden. Dies ermöglicht eine stabile Imprägnierung mit dem Harz, was vorteilhaft ist. In der obigen Beschreibung ist beispielhaft die unter Verwendung von Silberpartikeln hergestellte Silberpaste beschrieben. Aber die vorliegende Ausführungsform ist nicht auf die Verwendung der Silberpaste beschränkt, sondern es kann auch eine Metallpaste verwendet werden, die aus anderen Metallpartikeln als den Silberpartikeln besteht, zum Beispiel Kupferpartikel.

(2) Aufbringen von Metallpaste auf die Basis

[0082] Hierbei wird die Metallpaste auf die Basis 30 aufgebracht. Insbesondere wird die vorbereitete Metallpaste auf die Bodenfläche der Vertiefung 31a aufgebracht. Als Verfahren zum Aufbringen der Metallpaste kann zweckmäßigerweise ein bekanntes Verfahren, wie z.B. ein Siebdruckverfahren, ein Offsetdruckverfahren

ren, ein Tintenstrahldruckverfahren, ein Flexodruckverfahren, ein Spenderdruckverfahren, ein Tiefdruckverfahren, Stempeldruckverfahren, Spender-, Rakel-, Siebdruck-, Sprüh-, Pinsel- und ein Beschichtungsverfahren eingesetzt werden. Die Aufbringungsdicke der Metallpaste kann je nach Anwendung usw. entsprechend eingestellt werden und kann z. B. in einem Bereich von 1 µm bis 1000 µm, bevorzugt in einem Bereich von 5 µm bis 800 µm, noch bevorzugt in einem Bereich von 10 µm bis 500 µm liegen.

3. Anordnungsschritt

[0083] Auf der Metallpaste, die auf der Bodenfläche der Vertiefung 31a aufgebracht ist, werden das vereinzelte lichtdurchlässige Substrat 12 und das Leuchtstoffelement 11 in einer Richtung angeordnet, in der das Leuchtstoffelement 11 und die Metallpaste einander gegenüberliegen. Zum Beispiel werden das vereinzelte lichtdurchlässige Substrat 12 und das Leuchtstoffelement 11 von oben auf die Metallpaste gelegt und so angedrückt, dass die Metallpaste zwischen dem Leuchtstoffelement 11 und der Bodenfläche der Vertiefung 31a eine vorbestimmte Dicke hat und die Metallpaste bevorzugt auf einem Teil der Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats 12 hochkriecht.

4. Verbindungsschritt

[0084] Im Verbindungsschritt wird die Metallpaste erwärmt, um das organische Lösungsmittel zu entfernen, und das Metallpulver geschmolzen. So wird der Metallpulverkörper gesintert, und die Basis 30 und das Leuchtstoffelement 11 werden durch einen Metallsinterpressling mit einer porösen Struktur, die Hohlräume umfasst, verbunden. Das Erwärmen und das Brennen kann hier je nach Notwendigkeit in einer reduzierten Atmosphäre und anschließend in einer oxidierenden Atmosphäre erfolgen.

(1) Erwärmungstemperatur

(1-1) Erwärmen in reduzierter Atmosphäre

[0085] Das Erwärmen in einer reduzierten Atmosphäre wird nach Bedarf wie oben beschrieben durchgeführt und ist optional. Das Erwärmen in reduzierter Atmosphäre werden Spuren des auf der Oberfläche des Metallpulvers vorhandenen Oxidfilms etc. durch Reduktion entfernt, wodurch Metallatome auf der Oberfläche des Metallpulvers freigelegt werden, um die Oberflächendiffusion der Metallatome auf der Metallpulveroberfläche zu fördern. Daher kann die Sinterung der Metallpartikel bei einer niedrigen Temperatur in Erwärmung in einer anschließenden oxidierenden Atmosphäre gefördert werden.

[0086] Das Erwärmen in reduzierter Atmosphäre und das Erwärmen in oxidierender Atmosphäre, die nachfolgend beschrieben sind, können in getrennten Vorrichtungen durchgeführt werden. Es ist jedoch vorteilhaft, das Erwärmen in reduzierter Atmosphäre und das Erwärmen in oxidierender Atmosphäre in derselben Vorrichtung durchzuführen, wobei das Erwärmen in reduzierter Atmosphäre und das Erwärmen in oxidierender Atmosphäre nacheinander in derselben Vorrichtung durchgeführt werden können. Die reduzierte Atmosphäre ist bevorzugt eine ameisensäurehaltige Atmosphäre oder eine wasserstoffhaltige Atmosphäre, und ist bevorzugt ein Gemisch aus einer Ameisensäure oder Wasserstoff in einem Inertgas wie etwa Stickstoff. Die reduzierte Atmosphäre enthält bevorzugt Ameisensäure und ist bevorzugt ein Gemisch aus Ameisensäure mit einem Inertgas wie z.B. Stickstoff.

[0087] Das Erwärmen in reduzierter Atmosphäre erfolgt zum Beispiel bei weniger als 300°C, bevorzugt 280°C oder weniger, noch bevorzugt 260°C oder weniger, noch stärker bevorzugt 200°C oder weniger. Die Erwärmungstemperatur in reduzierter Atmosphäre beträgt bevorzugt 150°C oder mehr, noch bevorzugt 160°C oder mehr, noch stärker bevorzugt 180°C oder mehr. Wenn die Erwärmungstemperatur 150°C oder mehr, bevorzugt 160°C oder mehr, noch stärker bevorzugt 180°C oder mehr beträgt, kann die Reaktionsgeschwindigkeit der Reduktionsreaktion des auf der Oberfläche des Silberpartikels vorhandenen Oxidfilms erhöht sein. Der Druck beim Erwärmen in reduzierter Atmosphäre ist nicht besonders begrenzt, und kann z.B. Atmosphärendruck sein.

(1-2) Brennen in oxidierender Atmosphäre

[0088] Hierbei werden durch Erwärmung und Brennen der Metallpartikel in einer oxidierenden Atmosphäre die Metallpartikel miteinander verschmolzen, um einen Metallsinterpressling zu bilden. Die oxidierende Atmosphäre ist bevorzugt eine sauerstoffhaltige Atmosphäre, bevorzugt eine atmosphärische Atmosphäre. Wenn die oxidierende Atmosphäre die sauerstoffhaltige Atmosphäre ist, liegt die Sauerstoffkonzentration in der

Atmosphäre bevorzugt in einem Bereich von 2 Volumen-% bis 21 Volumen-%. Je höher die Sauerstoffkonzentration in der Atmosphäre ist, desto mehr wird die Oberflächendiffusion der Metallatome auf der Oberfläche der Metallpartikel gefördert und desto leichter ist es, die Metallpartikel miteinander zu verschmelzen. Wenn die Sauerstoffkonzentration 2 Volumen-% oder mehr beträgt, kann das Schmelzen bei einer niedrigen Erwärmungstemperatur durchgeführt werden, und wenn die Sauerstoffkonzentration 21 Volumen-% oder weniger beträgt, benötigt das Erwärmungseinrichtung keinen Druckbeaufschlagungsmechanismus, und die Prozesskosten können reduziert sein.

(2) Brenntemperatur

[0089] Die Brenntemperatur in oxidierender Atmosphäre beträgt zum Beispiel 300°C oder weniger, bevorzugt 280°C oder weniger, noch bevorzugter 260°C oder weniger, noch stärker bevorzugt 200°C oder weniger. Wenn das Erwärmen in reduzierter Atmosphäre vor dem Brennen in oxidierender Atmosphäre durchgeführt wird, ist ein Brennen bei einer niedrigeren Temperatur möglich. Das Brennen in oxidierender Atmosphäre wird bei bevorzugt 150°C oder mehr, noch bevorzugter 160°C oder mehr durchgeführt. Durch die Einstellung der Brenntemperatur auf 150°C oder mehr, bevorzugt 160°C oder mehr, kann ein Metallsinterpressling mit einem niedrigen elektrischen Widerstand und guten Wärmeleitfähigkeitseigenschaften gebildet werden. Das Brennen in oxidierender Atmosphäre kann durch Druckbeaufschlagung oder z.B. Atmosphärendruck erfolgen.

5. Imprägnierungsschritt

[0090] In dem Imprägnierungsschritt wird zunächst ein Harzmaterial mit einem Entschäumungsmittel mit hydrophilen oder hydrophoben Partikeln hergestellt. Das vorbereitete Harzmaterial wird dann durch Druckentlasten vor dem Auftragen des Harzmaterials entschäumt. Zum Beispiel wird das Harzmaterial einer Spritze zugeführt, und die Spritze wird in einen Vakuumentschäumer gelegt, um das Harzmaterial vor dem Auftragen zu entschäumen. Die Druckentlastung und Entschäumung auf diese Weise kann effizient das Entfernen der Blasen ermöglichen, die aufgrund ihrer extrem geringen Größe und ihres geringen Auftriebs nicht aufschwimmen können, die bei der Aufbereitung des Harzmaterials und der Zuführung in die Spritze enthalten sind. So wird zum Beispiel das Vakuumniveau bei der Entschäumung in einem Bereich von 10^3 Pa bis 10^{-3} Pa, bevorzugt in einem Bereich von 10^2 Pa bis 10^{-2} Pa, noch bevorzugter in einem Bereich von 10 Pa bis 10^{-1} Pa eingestellt. Ferner, weil das in diesem Herstellungsverfahren verwendete Harzmaterial ein Entschäumungsmittel enthält, werden große Blasen unterdrückt und entschäumt, auch wenn der Druck im Entschäumungsschritt reduziert wird, und es kann z.B. das Auslaufen einer Spritze verhindert werden.

[0091] Anschließend wird das entschäumte Harzmaterial auf die Oberfläche des Metallsinterpresslings aufgebracht. Die aufzubringende Menge an Harz wird größer oder gleich der Menge des Harzes eingestellt, wenn es in die gesamten Hohlräume des Metallsinterpresslings eingebracht wird. Insbesondere wird beispielsweise die aufzubringende Menge an Harz größer oder gleich dem Volumen der Hohlräume des Metallsinterpresslings eingestellt, das sich auf der Grundlage der Sinterdichte des Metallsinterpresslings und des Gesamtvolumens des Metallsinterpresslings ergibt. Hierbei hat das aufzubringende Harzmaterial in Anbetracht der Zuführung in die Hohlräume des Metallsinterpresslings bevorzugt eine niedrige Viskosität, die jedoch eine Verringerung der Viskosität ermöglicht. Wenn zum Beispiel ein Metallsinterpressling als Verbindungselement verwendet wird, ist die Oberfläche des aufzubringenden Metallsinterpresslings typischerweise eher geneigt als horizontal. In einem solchen Fall kann sich das aufgebrachte Harzmaterial horizontal ausbreiten und einen Bereich erreichen, in dem das Harzmaterial, wie z. B. ein Drahtpolster, nicht aufgebracht werden soll. Bevorzugt wird eine Maßnahme zur Unterdrückung der Ausbreitung des aufgebrachten Harzmaterials in horizontaler Richtung erdacht. Zum Beispiel wird das Harzmaterial nach Entschäumung durch eine Spritze in die Vertiefung auf der Außenseite des Leuchtstoffelements 11 aufgebracht, also in einem Bereich zwischen der Seitenfläche der Vertiefung und der Oberfläche der Hohlkehle.

[0092] Anschließend wird das auf die Oberfläche des Metallsinterpresslings (die Oberfläche der Hohlkehle) aufgebrachte Harzmaterial druckentlastet, um das Gas in den Hohlräumen abzuführen, und dann werden die Hohlräume mit dem Harzmaterial imprägniert. Das Vakuumniveau zum Zeitpunkt der Imprägnierung wird entsprechend dem Volumenanteil der Hohlräume und der Größe der Hohlräume im Metallsinterpressling zweckmäßig so eingestellt, dass die gesamten Hohlräume unter Unterdrückung übermäßiger Schaumbildung mit dem Harzmaterial imprägniert werden, und das Vakuumniveau zum Zeitpunkt der Imprägnierung z.B. in einem Bereich von 10^3 Pa bis 10^{-3} Pa, bevorzugt in einem Bereich von 10^2 Pa bis 10^{-2} Pa, noch bevorzugter in einem Bereich von 10 Pa bis 10^{-1} Pa eingestellt ist. Da zwischen dem Leuchtstoffelement 11 und der Bodenfläche der Vertiefung 31a in dem Harzaufbringsschritt teilweise viel Luft verbleibt, schwebt diese durch

ihren eigenen Auftrieb nach oben. Daher wird im Gegensatz zu dem Entschäumungsschritt die Luft auch bei Normaldruck teilweise, aber nicht vollständig entfernt, und somit der Druck bevorzugt reduziert. In diesem Herstellungsverfahren wird, da das Harzmaterial ein Entschäumungsmittel mit hydrophilen oder hydrophoben Partikeln ist, selbst wenn das Harzmaterial aufgebracht und dann eine Druckentlastung durchgeführt wird, das Gas in den Hohlräumen als kleine Blasen entschäumt, ohne sich zu großen Blasen auf der Oberfläche des Harzmaterials auszudehnen. Auf diese Weise kann eine übermäßige Schaumbildung unterdrückt, das Gas in den Hohlräumen entfernt und die Streuung des Harzmaterials oder die unnötige Ausbreitung des Harzmaterials unterdrückt werden. Ferner kann ein Aufschäumen des Harzmaterials aufgrund des im Harzmaterial selbst enthaltenen Schaums unterdrückt werden, da der im Harzmaterial selbst enthaltene Schaum durch Druckentlasten vor der Anwendung entfernt wird. Da es sich bei den im Entschäumungsmittel enthaltenen hydrophilen oder hydrophoben Partikeln (Pulver) um Partikel handelt, dringen solche Partikel nicht ohne Weiteres in den zentralen Bereich der Hohlräume des Metallsinterpresslings ein und müssen auch nicht in den zentralen Bereich eindringen. Das heißt, selbst wenn das Harzmaterial in der Nähe der Oberfläche des Metallsinterpresslings verbleibt, auf die das Harzmaterial aufgebracht ist, wird die Schaumunterdrückerfunktion oder die Schaumbrechfunktion durch die Partikel in der Umgebung der Oberfläche des Metallsinterpresslings gezeigt, und übermäßiges Schäumen des Harzmaterials wird unterdrückt.

[0093] Schließlich wird das Harzmaterial, mit dem die Hohlräume imprägniert sind, durch Erwärmung ausgehärtet. Auf diese Weise wird das Wellenlängenumwandlungsmodul der vorliegenden Ausführungsform hergestellt.

BEISPIELE

[0094] Um die Wirkung der Wärmeableitungseigenschaft in Bezug auf das Wellenlängenumwandlungsmodul einschließlich des lichtdurchlässigen Substrats zu bewerten, wurden Wellenlängenumwandlungsmodule eines ersten Beispiels und eines unten beschriebenen Vergleichsbeispiels hergestellt.

<Erstes Beispiel>

[0095] Das in **Fig. 2** gezeigte Wellenlängenumwandlungsmodul umfasst:

Antireflexionsfilm: SiO_2 (110 nm Dicke);

Lichtdurchlässiges Substrat: Saphirsubstrat ($1,0 \times 1,0 \times 0,55$ mm, Wärmeleitfähigkeit: 42 W/m-K);

Leuchtstoffelement: YAG-Sinterpressling ($1,0 \times 1,0 \times 0,15$ mm, Wärmeleitfähigkeit: 11,7 W/m-K);

Reflexionsfilm: AlO_3 (700 nm Dicke);

Verbindungsmetall: Ag (500 nm Dicke);

Verbindungselement: Ag-Sintermaterial (imprägniert mit Epoxid); und

Basis: Ni/Au Metallschicht (teilweise mit Ag) auf Cu Basiselement.

<Vergleichsbeispiel>

[0096] Ein Wellenlängenumwandlungsmodul ist dasselbe wie das Wellenlängenumwandlungsmodul des ersten Beispiels, außer dass das lichtdurchlässige Substrat nicht vorhanden ist.

[0097] In Bezug auf die Wellenlängenumwandlungsmodule des ersten Beispiels und des Vergleichsbeispiels wurde die Beziehung zwischen der Bestrahlungsleistung eines blauen Lasers und der Leistung des von dem Leuchtstoffelement emittierten Lichts ausgewertet (**Fig. 6**). In **Fig. 6** entspricht eine horizontale Achse der Bestrahlungsleistung des blauen Lasers, und eine vertikale Achse entspricht der Leistung des von dem Leuchtstoffelement emittierten Fluoreszenzlichts. Die von dem Leuchtstoffelement emittierte Leistung umfasst zwei Arten von Licht: blaues Licht und fluoreszierendes Licht, und das blaue Licht wird durch den dichroitischen Spiegel getrennt. Daher wurde das blaue Licht in der obigen Auswertung nicht berücksichtigt, sondern nur das fluoreszierende Licht wurde ausgewertet.

[0098] Gemäß **Fig. 6** war das Wellenlängenumwandlungsmodul des ersten Beispiels in der Lage, Licht von dem Leuchtstoffelement korrekt auszugeben, obwohl das Leuchtstoffelement mit einem blauen Laser mit einer Bestrahlungsleistung von 7,4 W bestrahlt wurde. Andererseits verschlechtert sich das Leuchtstoffelement in dem Wellenlängenumwandlungsmodul des Vergleichsbeispiels, wenn das Leuchtstoffelement mit einem blauen Laser mit einer Bestrahlungsleistung von 5,9 W oder mehr bestrahlt wird, aufgrund von

Wärme, was zu einer Verringerung der Lichtleistung von dem Leuchtstoffelement führt. Gemäß den Bewertungsergebnissen wurde festgestellt, dass bei dem Wellenlängenumwandlungsmodul des ersten Beispiels die in dem Leuchtstoffelement erzeugte Wärme durch das lichtdurchlässige Substrat angemessen abgeleitet wird und die Leistung des blauen Lasers, die an das Leuchtstoffelement emittiert werden kann, von 5,9 W auf 7,4 W verbessert werden kann.

[0099] Anschließend wurde als Wellenlängenumwandlungsmodul, das die Wärmeableitungseigenschaft weiter verbessern kann, ein Wellenlängenumwandlungsmodul eines zweiten Beispiels hergestellt.

<Zweites Beispiel>

[0100] Das Wellenlängenumwandlungsmodul ist das gleiche wie das Wellenlängenumwandlungsmodul des ersten Beispiels, mit der Ausnahme, dass das Leuchtstoffelement (YAG-Sinterpressling) $1,0 \times 1,0 \times 0,075$ mm groß ist (d. h. das Leuchtstoffelement ist halb so dick wie das Leuchtstoffelement des ersten Beispiels).

[0101] In Bezug auf das Wellenlängenumwandlungsmodul des zweiten Beispiels wurde der Zusammenhang zwischen der Bestrahlungsleistung eines blauen Lasers und der von dem Leuchtstoffelement emittierten Lichtleistung ausgewertet (**Fig. 7**). Gemäß **Fig. 7** war das Wellenlängenumwandlungsmodul des zweiten Beispiels in der Lage, angemessen Licht aus dem Leuchtstoffelement zu emittieren, obwohl das Leuchtstoffelement mit einem blauen Laser mit einer Bestrahlungsleistung von 33 W bestrahlt wird. Das heißt, je geringer die Dicke des Leuchtstoffelements ist, desto leichter wird Wärme an das lichtdurchlässige Substrat abgeleitet.

[0102] Die hierin offenbarten Ausführungsformen sind in jeder Hinsicht illustrativ und sollen nicht als Grundlage für eine einschränkende Auslegung dienen. Demzufolge wird der technische Umfang der vorliegenden Offenbarung nicht allein durch die oben beschriebene Ausführungsform bestimmt, sondern auf der Grundlage der Beschreibung des Umfangs der Ansprüche definiert. Darüber hinaus umfasst der technische Umfang der vorliegenden Offenbarung alle Variationen innerhalb der Bedeutung und des Umfangs, die dem Umfang der Ansprüche entsprechen.

Industrielle Anwendbarkeit

[0103] Das Harz-Imprägnierungsverfahren nach der vorliegenden Ausführungsform kann zur Befestigung eines Halbleiterelements, eines Submount-Substrats, oder dergleichen verwendet werden. Ferner können das Wellenlängenumwandlungsmodul und dessen Herstellungsverfahren für Autoscheinwerfer, Beleuchtungsarmaturen, Projektoren und dergleichen verwendet werden.

Bezugszeichenliste

1	Licht-emittierende Vorrichtung
11	Leuchtstoffelement
11'	Leuchtstoffplatte
12	Lichtdurchlässiges Substrat
12'	Lichtdurchlässige Platte
13a	Reflexionsfilm
13b	Verbindungsmetall
14	Antireflexionsfilm
20	Verbindungselement
21	Metallteil
30	Basis
31	Basiselement
31a	Vertiefung
32	Erste Metallschicht
33	Zweite Metallschicht

34	Dritte Metallschicht
50	Harz
51	Erstes Harzelement
52	Zweites Harzelement
53	Partikel
100	Wellenlängenumwandlungsmodul
D	Würfelklinge
L	Linse
LD	Lichtquelle
M	Dichroitischer Spiegel

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 6737265 B [0004]

Patentansprüche

1. Wellenlängenumwandlungsmodul, das umfasst:
ein Leuchtstoffelement; und
ein lichtdurchlässiges Substrat, das direkt mit dem Leuchtstoffelement verbunden ist, eine höhere Wärmeleitfähigkeit als das Leuchtstoffelement besitzt und eine Dicke in einem Bereich von 100 µm bis 600 µm hat.
2. Wellenlängenumwandlungsmodul nach Anspruch 1, wobei das Leuchtstoffelement einen Reflexionsfilm auf einer Oberfläche umfasst, die einer Oberfläche gegenüberliegt, auf der das lichtdurchlässige Substrat angeordnet ist.
3. Wellenlängenumwandlungsmodul nach Anspruch 1 oder 2, wobei in einer Draufsicht eine ebene Fläche des Leuchtstoffelements und eine ebene Fläche des lichtdurchlässigen Substrats im Wesentlichen gleich sind.
4. Wellenlängenumwandlungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei in einer Draufsicht das Leuchtstoffelement und das lichtdurchlässige Substrat eine rechteckige Form haben.
5. Wellenlängenumwandlungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei eine Dicke des Leuchtstoffelements in einem Bereich von 50 µm bis 200 µm liegt.
6. Wellenlängenumwandlungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 5, das ferner umfasst:
eine Basis; und
ein Verbindungselement, das die Basis mit dem Leuchtstoffelement verbindet, wobei das Verbindungselement auf einem Teil einer Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats angeordnet ist.
7. Wellenlängenumwandlungsmodul nach Anspruch 6, wobei das Verbindungselement ein Metallteil umfasst.
8. Wellenlängenumwandlungsmodul nach Anspruch 6, wobei das Verbindungselement umfasst:
ein Metallteil mit einer porösen Struktur; und
ein Harz, das teilweise in dem Metallteil mit poröser Struktur angeordnet ist.
9. Wellenlängenumwandlungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Leuchtstoffelement ein polykristalliner Körper ist.
10. Wellenlängenumwandlungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Leuchtstoffelement ein Seltenerd-Aluminat-Sinterpressling mit einer durch die nachstehende Formel (I) dargestellten Zusammensetzung ist:
$$(\text{Ln}_{1-n}\text{Ce}_n)_3(\text{Al}_{1-m}\text{M}^1_m)_5\text{O}_{12} \quad (\text{I})$$

(In der obigen Formel (I) ist Ln wenigstens ein Element der Seltenden Erden, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Y, La, Lu, Gd und Tb, M¹ ist wenigstens ein Element, ausgewählt aus Ga und Sc, und m und n sind Zahlen mit $0 \leq m \leq 0,02$ bzw. $0,0017 \leq n \leq 0,0170$).
11. Wellenlängenumwandlungsmodul nach Anspruch 10, wobei ein Ce-Gehalt (mol-%) des Leuchtstoffelements in einem Bereich von 0,025 mol-% bis 0,255 mol-% liegt.
12. Wellenlängenumwandlungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Wärmeleitfähigkeit des lichtdurchlässigen Substrats 15 W/m-K oder mehr beträgt.
13. Wellenlängenumwandlungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei das Wellenlängenumwandlungsmodul ein Wellenlängenumwandlungsmodul vom Reflexionstyp ist.
14. Wellenlängenumwandlungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei das Leuchtstoffelement aus einem Leuchtstoff besteht.

15. Lichtemissionsvorrichtung, die umfasst:
das Wellenlängenumwandlungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 14; und
eine Lichtquelle, die ausgelegt ist, um das Wellenlängenumwandlungsmodul mit Licht zu bestrahlen.

16. Lichtemissionsvorrichtung nach Anspruch 15, wobei das lichtdurchlässige Substrat auf einer Seite der Lichtempfangsfläche des Leuchtstoffelements angeordnet ist, die das Licht von der Lichtquelle empfängt.

17. Verfahren zur Herstellung eines Wellenlängenumwandlungsmoduls, wobei das Verfahren umfasst:
direktes Verbinden einer lichtdurchlässigen Platte mit einer Leuchtstoffplatte; und
Vereinzeln der lichtdurchlässigen Platte und der Leuchtstoffplatte, die direkt miteinander verbunden sind, um mehrere vereinzelte Körper zu erhalten, in denen jeweils das lichtdurchlässige Substrat und das Leuchtstoffelement direkt miteinander verbunden sind, wobei
ebene Formen von jedem der lichtdurchlässigen Substrate und jedem der Leuchtstoffelemente im Wesentlichen gleich sind.

18. Verfahren zur Herstellung eines Wellenlängenumwandlungsmoduls nach Anspruch 17, wobei in dem Schritt zum direkten Verbinden der lichtdurchlässigen Platte mit der Leuchtstoffplatte eine Dicke der lichtdurchlässigen Platte in einem Bereich von 100 μm bis 600 μm liegt.

19. Verfahren zur Herstellung eines Wellenlängenumwandlungsmoduls nach Anspruch 17 oder 18, wobei in dem Schritt zum direkten Verbinden der lichtdurchlässigen Platte mit der Leuchtstoffplatte das direkte Verbinden durch Oberflächenaktivierungsverbinden oder Atomdiffusionsverbinden erfolgt.

20. Verfahren zur Herstellung eines Wellenlängenumwandlungsmoduls nach einem der Ansprüche 17 bis 19, das ferner das Polieren der Leuchtstoffplatte vor dem Schritt zum Vereinzeln umfasst.

21. Verfahren zur Herstellung eines Wellenlängenumwandlungsmoduls nach Anspruch 20, wobei in dem Schritt zum Polieren der Leuchtstoffplatte die Leuchtstoffplatte auf eine Dicke in einem Bereich von 50 μm bis 200 μm poliert wird.

22. Verfahren zur Herstellung eines Wellenlängenumwandlungsmoduls nach einem der Ansprüche 17 bis 21, das ferner vor dem Schritt zum Vereinzeln die Bildung eines Reflexionsfilms auf einer Oberfläche der lichtdurchlässigen Platte gegenüber einer Oberfläche, auf der die Leuchtstoffplatte angeordnet ist, umfasst.

23. Verfahren zur Herstellung eines Wellenlängenumwandlungsmoduls nach einem der Ansprüche 17 bis 22, das ferner nach dem Schritt zum Vereinzeln einen Schritt zum Verbinden des lichtdurchlässigen Substrats mit dem Leuchtstoffelement, die direkt miteinander verbunden sind, mit einer Basis umfasst.

24. Verfahren zur Herstellung eines Wellenlängenumwandlungsmoduls nach Anspruch 23, wobei in dem Schritt zum Verbinden des lichtdurchlässigen Substrats und des Leuchtstoffelements, die direkt miteinander verbunden sind, mit der Basis ein Teil einer Seitenfläche des lichtdurchlässigen Substrats mit einem Verbindungselement bedeckt wird.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

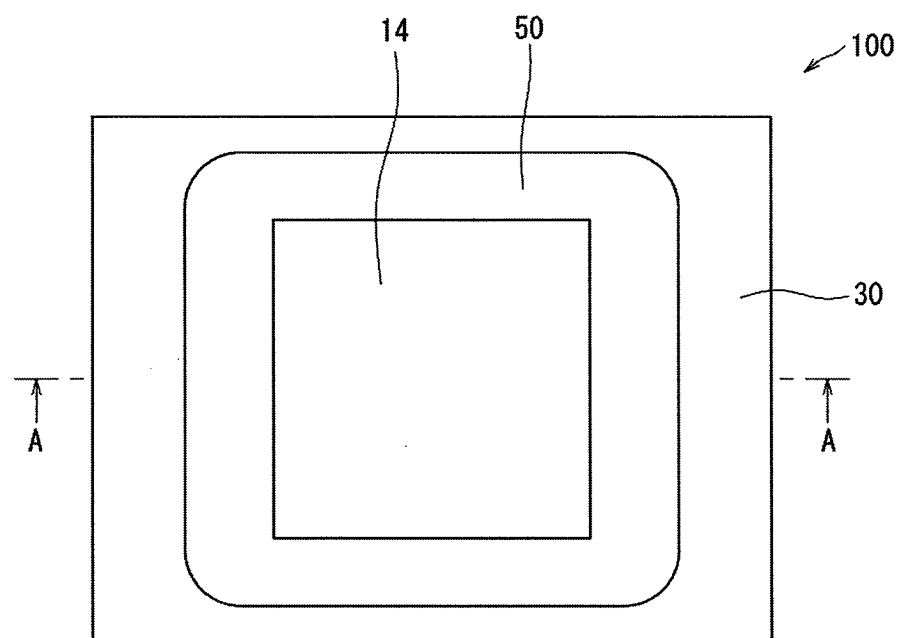


Fig. 2A

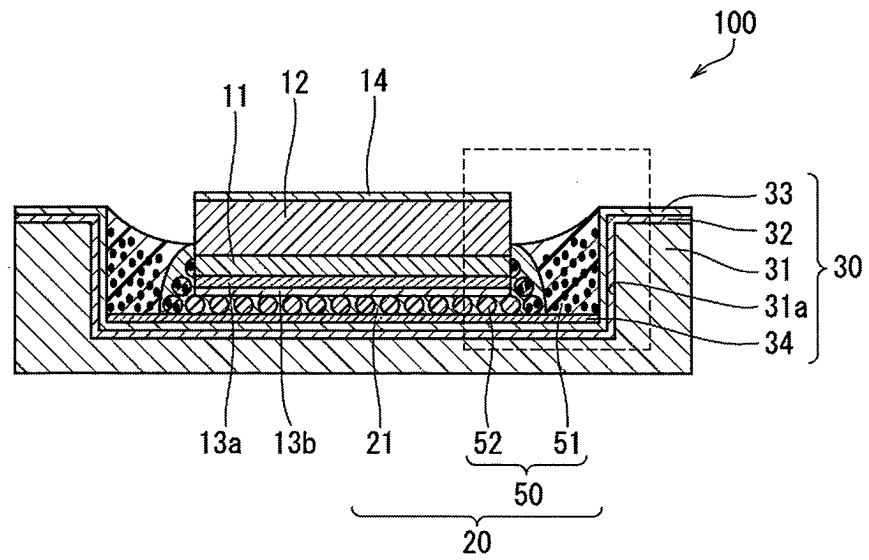


Fig. 2B

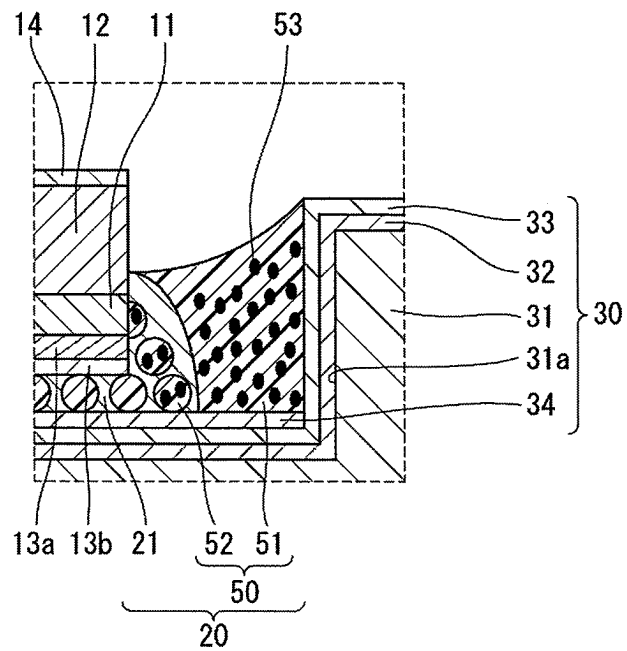


Fig. 3

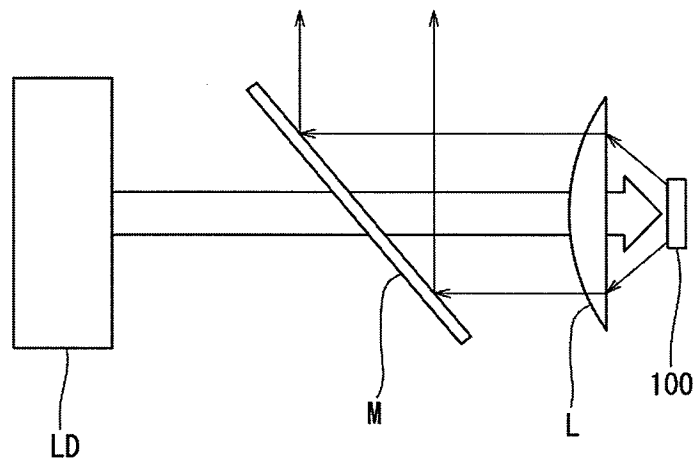


Fig. 4

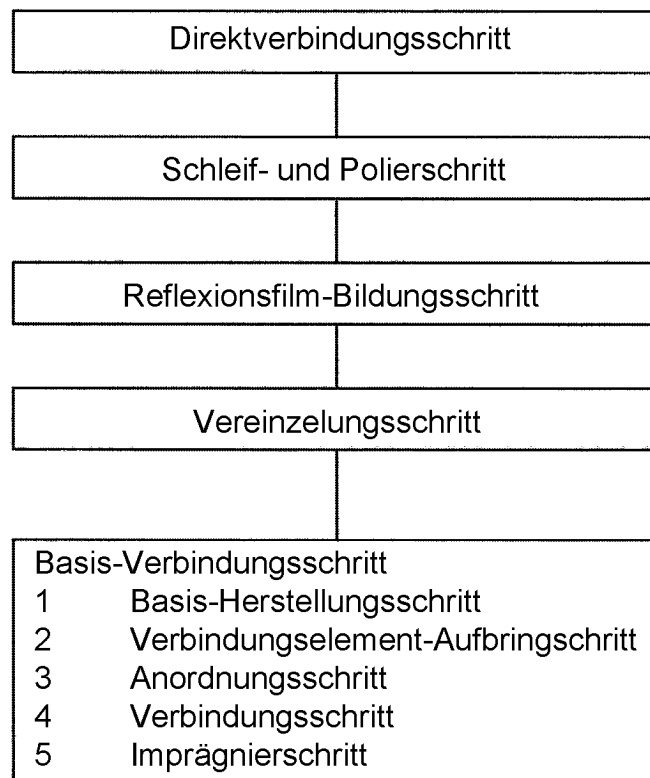


Fig. 5 (a)

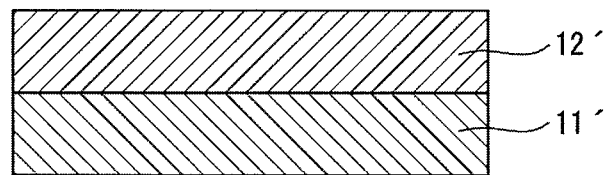


Fig. 5 (b)

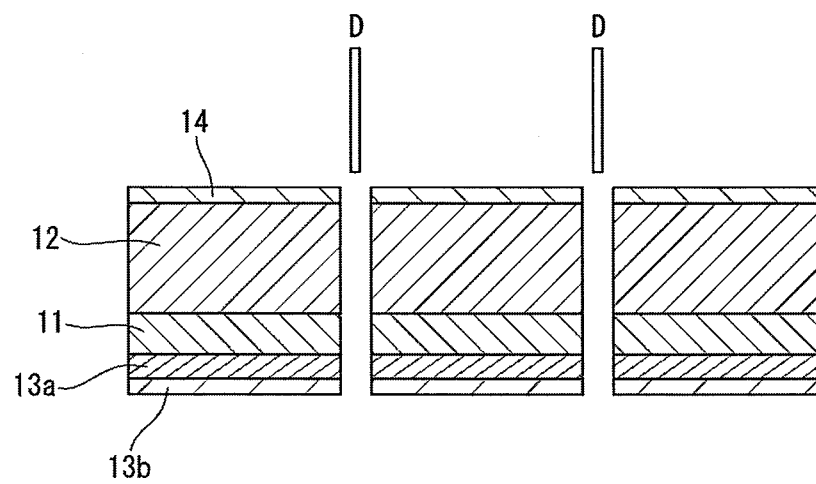


Fig. 6

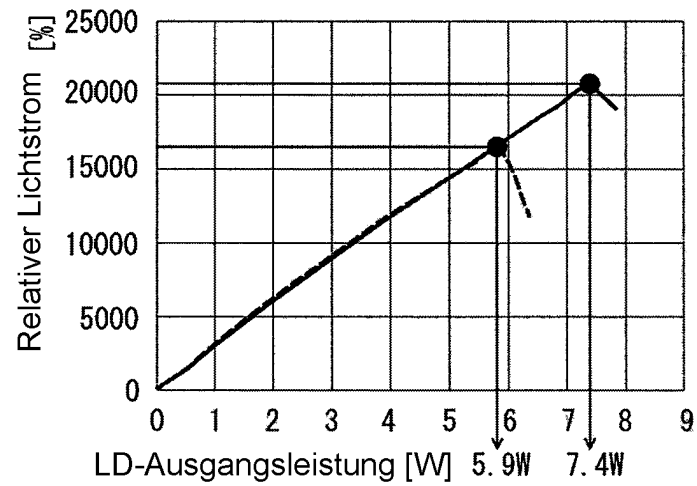


Fig. 7

