(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2020 004 027 T5** 2022.05.12

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/039962**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 004 027.5**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2020/032594**
(86) PCT-Anmeldetag: **28.08.2020**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **04.03.2021**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **12.05.2022**

(51) Int Cl.: ***G02B 6/02*** (2006.01)
F21V 8/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2019-158712 **30.08.2019** **JP**

(71) Anmelder:
MARUYAMA FROSTING CO., LTD., Amagasaki-shi, Hyogo, JP; TATSUTA ELECTRIC WIRE & CABLE CO., LTD., Higashiosaka-shi, Osaka, JP

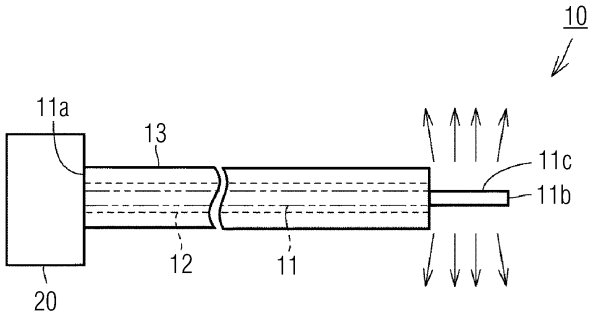
(74) Vertreter:
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler, Schenk & Partner mbB Patentanwälte, 81373 München, DE

(72) Erfinder:
Hirano, Hideyuki, Kizugawa-shi, Kyoto, JP;
Hirose, Keiichiro, Kizugawa-shi, Kyoto, JP;
Nakazono, Syoji, Kizugawa-shi, Kyoto, JP;
Koyama, Akihiko, Kizugawa-shi, Kyoto, JP;
Konishi, Takaya, Amagasaki-shi, Hyogo, JP;
Takahashi, Ai, Amagasaki-shi, Hyogo, JP;
Setoguchi, Masakatsu, Amagasaki-shi, Hyogo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Optische Faser**

(57) Zusammenfassung: Eine optische Faser (10), die in der Lage ist, eine Festigkeitsverschlechterung zu minimieren, umfasst einen Kern (11) und einen Mantel (12), der um den Kern (11) angeordnet ist, so dass ein Teil des Kerns (11) freigelegt ist. Ein rauer Oberflächenabschnitt ist an zumindest einem Teil einer Außenoberfläche des freiliegenden Abschnitts (11a) des Kerns (11), der durch den Mantel (12) hindurch freiliegt, vorgesehen. Die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts ist gleich oder größer als 0,2 µm. Die durchschnittliche Länge Rsm eines rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts ist gleich oder größer als 17 µm.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine optische Faser. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine optische Faser, die lateral Licht emittieren kann.

Hinterqrundtechnik

[0002] Als herkömmliche optische Fasern sind optische Fasern, die lateral Licht emittieren können, in JP-T-09-506716 (Patentliteratur 1) und JP-A-58-7604 (Patentliteratur 2) offenbart.

[0003] Bei jeder der in Patentliteratur 1 und Patentliteratur 2 offenbarten optischen Fasern werden an einer Umfangsoberfläche der optischen Faser zum Beispiel mit Hilfe eines Sandstrahlverfahrens Kratzer erzeugt. Das in der optischen Faser übertragene Licht wird seitens dieser Kratzer gestreut. Dementsprechend kann Licht lateral zu der optischen Faser emittiert werden.

[0004] Bei jeder der in Patentliteratur 1 und Patentliteratur 2 offenbarten optischen Fasern sind die Kratzer vorgesehen. Auf diese Weise verschlechtert sich die Intensität der optischen Faser, und aus diesem Grund ist die optische Faser spröde.

[0005] Als Glasoberflächenbehandlung, die sich von dem Sandstrahlverfahren unterscheidet, ist ein Mattieren der Glasoberfläche mit Hilfe von Mattierungsflüssigkeit in JP-UM-A-56-034837 (Patentliteratur 3) und JP-A-48-068613 (Patentliteratur 4) offenbart.

Zitierliste

Patentliteratur

Patentliteratur 1: JP-T-09-506716

Patentliteratur 2: JP-A-58-7604

Patentliteratur 3: JP-UM-A-56-034837

Patentliteratur 4: JP-A-48-068613

Kurzdarstellung der Erfindung

Durch die Erfindung zu lösende Probleme

[0006] Die optische Faser ist enorm dünn. Aus diesem Grund wird je nach Anwendungsform in einigen Fällen eine Festigkeitsverschlechterung vorzugsweise vermieden. Um die Festigkeitsverschlechterung zu reduzieren, wird die optische Faser nicht mit Hilfe des Sandstrahlverfahrens bearbeitet, sondern wird in einigen Fällen mattiert. Auch in diesen Fällen ist zu befürchten, dass je nach Zustand einer Kernoberfläche nach dem Mattieren nicht ausreichend Licht lateral emittiert wird.

[0007] Die vorliegende Erfindung wurde angesichts der oben beschriebenen Probleme getätigt. Das bedeutet, dass eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin besteht, eine optische Faser zu schaffen, die in der Lage ist, ausreichend Licht lateral zu emittieren.

Lösung der Probleme

[0008] Die optische Faser gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst einen Kern und einen Mantel, der um den Kern angeordnet ist, so dass ein Teil des Kerns freigelegt ist. Ein rauer Oberflächenabschnitt ist an zumindest einem Teil einer Außenoberfläche des freiliegenden Abschnitts des Kerns vorgesehen, der durch den Mantel hindurch freiliegt. Die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts ist gleich oder größer als 0,2 μm. Darüber hinaus ist die durchschnittliche Länge Rsm eines rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 17 μm.

[0009] Bei der optischen Faser gemäß der vorliegenden Offenbarung sind erhöhte Abschnitte, die von der Außenoberfläche des freiliegenden Abschnitts nach außen vorstehen, vorzugsweise auf dem rauen Oberflächenabschnitt gebildet.

[0010] Bei der optischen Faser gemäß der vorliegenden Offenbarung ist die Schiefe (Skewness) Rsk des rauen Oberflächenabschnitts vorzugsweise größer als 0.

[0011] Bei der optischen Faser gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst der Kern vorzugsweise ein Ende, in das Licht von einer Lichtquelle eintritt, und das andere Ende, das auf der gegenüberliegenden Seite des einen Endes angeordnet ist. In diesem Fall kann auf dem rauen Oberflächenabschnitt die arithmetische Oberflächenrauheit Ra auf der Seite des einen Endes größer als die arithmetische Oberflächenrauheit Ra auf der Seite des anderen Endes sein.

[0012] Bei der optischen Faser gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst der Kern vorzugsweise ein Ende, in das Licht von der Lichtquelle eintritt, und das andere Ende, das auf der gegenüberliegenden Seite des einen Endes angeordnet ist. In diesem Fall ist der freiliegende Abschnitt vorzugsweise auf der Seite des anderen Endes des Kerns vorgesehen.

[0013] Bei der optischen Faser gemäß der vorliegenden Offenbarung ist der raue Oberflächenabschnitt vorzugsweise ein mattierter Abschnitt, der durch Mattieren gebildet wird.

Auswirkungen der Erfindung

[0014] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die optische Faser vorgesehen werden, die in der Lage ist, ausreichend Licht lateral zu emittieren.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine schematische Ansicht, die eine optische Faser gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel zeigt.

Fig. 2 ist ein Graph, der teilweise einen Oberflächenzustand eines freiliegenden Abschnitts eines Kerns, der durch einen Mantel hindurch freiliegt, in der optischen Faser gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zeigt.

Fig. 3 ist ein Graph, der teilweise einen Oberflächenzustand eines freiliegenden Abschnitts eines, der durch einen Mantel hindurch freiliegt, in einer optischen Faser gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel zeigt.

Fig. 4 ist eine Tabelle, die Ergebnisse eines ersten Verifizierungsversuchs, der zum Verifizieren von vorteilhaften Auswirkungen durchgeführt wird, gemäß den Ausführungsbeispielen zeigt.

Fig. 5 ist ein Graph, der teilweise einen Oberflächenzustand eines freiliegenden Abschnitts eines Kerns, der durch einen Mantel hindurch freiliegt, in einer optischen Faser gemäß einem ersten Referenzbeispiel zeigt.

Fig. 6 ist ein Graph, der eine arithmetische Oberflächenrauheit Ra bei den in **Fig. 4** gezeigten Versuchsergebnissen zeigt.

Fig. 7 ist ein Graph, der die durchschnittliche Länge Rsm eines rauen Kurvenelements bei den in **Fig. 4** gezeigten Versuchsergebnissen zeigt.

Fig. 8 ist ein Graph, der eine Zehn-Punkt-Durchschnittsrauheit Rzjis bei den in **Fig. 4** gezeigten Versuchsergebnissen zeigt.

Fig. 9 ist ein Graph, der eine Schiefe Rsk bei den in **Fig. 4** gezeigten Versuchsergebnissen zeigt.

Fig. 10 ist ein Graph, der eine Kurtosis (Wölbung) Rku bei den in **Fig. 4** gezeigten Versuchsergebnissen zeigt.

Fig. 11 ist ein Graph, der das Lastlängenverhältnis Rmr (80 %) einer rauen Kurve bei den in **Fig. 4** gezeigten Versuchsergebnissen zeigt.

Fig. 12 ist eine Ansicht zum Beschreiben eines zweiten Verifizierungsversuchs, der zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen der Ausführungsbeispiele durchgeführt wird.

Fig. 13 ist eine Tabelle, die Ergebnisse des zweiten Verifizierungsversuchs zeigt.

Fig. 14 ist ein Graph, der den Strahlungsfluss (µW) des lateral emittierten Lichts/ Strahlungsfluss (µW) des spitzenend-emittierten Lichts (%) von **Fig. 13** im Vergleich zwischen dem ersten Referenzbeispiel und einem ersten Beispiel zeigt.

Fig. 15 ist eine Ansicht, die von einem freiliegenden Abschnitt einer optischen Faser lateral emittiertes Licht gemäß dem ersten Referenzbeispiel in dem zweiten Verifizierungsversuch zeigt.

Fig. 16 ist eine Ansicht, die von einem freiliegenden Abschnitt einer optischen Faser lateral emittiertes Licht gemäß dem ersten Beispiel in dem zweiten Verifizierungsversuch zeigt.

Fig. 17 ist eine Ansicht, die von einem freiliegenden Abschnitt einer optischen Faser lateral emittiertes Licht gemäß einem zweiten Beispiel in dem zweiten Verifizierungsversuch zeigt.

Fig. 18 ist eine Tabelle, die Ergebnisse eines dritten Verifizierungsversuchs zeigt, das zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen der Ausführungsbeispiele durchgeführt wird.

Fig. 19 ist eine Tabelle, die Ergebnisse eines vierten Verifizierungsversuchs zeigt, das zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen der Ausführungsbeispiele durchgeführt wird.

Fig. 20 ist ein Graph, der den Strahlungsfluss (µW) des lateral emittierten Lichts/Strahlungsflusses (µW) des spitzenend-emittierten Lichts (%) von **Fig. 19** im Vergleich zwischen einem zweiten Vergleichsbeispiel und einem dritten Beispiel zeigt.

Fig. 21 ist eine Ansicht, die von einem freiliegenden Abschnitt einer optischen Faser lateral emittiertes Licht gemäß dem dritten Beispiel in dem vierten Verifizierungsversuch zeigt.

Fig. 22 ist eine Tabelle, die Ergebnisse eines fünften Verifizierungsversuchs zeigt, das zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen der Ausführungsbeispiele durchgeführt wird.

Fig. 23 ist ein Graph, der den Strahlungsfluss (µW) des lateral emittierten Lichts/Strahlungsflusses (µW) des spitzenend-emittierten Lichts (%) von **Fig. 22** im Vergleich zwischen einem dritten Vergleichsbeispiel und einem vierten Beispiel zeigt.

Fig. 24 ist eine Ansicht, die von dem freiliegenden Abschnitt der optischen Faser lateral emittiertes Licht gemäß dem dritten Beispiel in dem fünften Verifizierungsversuch zeigt.

Fig. 25 ist eine Ansicht zum Beschreiben eines sechsten Verifizierungsversuchs, der zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen der Ausführungsbeispiele durchgeführt wird.

Fig. 26 ist ein Graph, der die Verteilung des lateral emittierten Lichts von einem unbearbeiteten Abschnitt eines Kerns des zweiten Vergleichsbeispiels in dem sechsten Verifizierungsversuch zeigt.

Fig. 27 ist ein Graph, der die Verteilung des lateral emittierten Lichts von einem bearbeiteten Abschnitt eines Kerns, der unter denselben Bedingungen wie denen des dritten Beispiels aufgeraut wird, in dem sechsten Verifizierungsversuch zeigt.

Fig. 28 ist ein Graph, der die Verteilung des lateral emittierten Lichts von einem unbearbeiteten Abschnitt eines Kerns des dritten Vergleichsbeispiels in dem sechsten Verifizierungsversuch zeigt.

Fig. 29 ist ein Graph, der die Verteilung des lateral emittierten Lichts von einem unbearbeiteten Abschnitt eines Kerns, der unter denselben Bedingungen wie denen des vierten Beispiels aufgeraut wird, in dem sechsten Verifizierungsversuch zeigt.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0015] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben. Es ist festzustellen, dass bei den unten stehenden Ausführungsbeispielen dieselben Bezugszeichen verwendet werden, um dieselben oder gemeinsame Elemente darzustellen. Darüber hinaus wird eine Beschreibung dieser Elemente nicht wiederholt.

(Erstes Ausführungsbeispiel)

[0016] **Fig. 1** ist eine schematische Ansicht, die eine optische Faser gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel zeigt. Die optische Faser 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel wird unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben.

[0017] Die optische Faser 10 wird zum Beispiel für einen medizinischen Lichtleiter wie einen intraokularen Lichtleiter verwendet. Es ist festzustellen, dass die optische Faser 10 nicht auf einen medizinischen Zweck beschränkt ist und je nach Bedarf für den Zweck des lateralen Emittierens von Licht verwendet werden kann.

[0018] Die optische Faser 10 überträgt von einer Lichtquelle 20 emittiertes Licht und emittiert ein derartiges Licht an einem gewünschten Ort lateral zu der optischen Faser 10. Bei dem ersten Ausführungsbeispiel emittiert die optische Faser 10 das von einer Spitzenendseite übertragene Licht lateral.

[0019] Die optische Faser 10 umfasst einen Kern 11, einen Mantel 12 und einen Abdeckungsabschnitt 13. Der Kern 11 hat eine im Wesentlichen kreisförmige Säulenform. Der Kern 11 besteht aus Glas.

[0020] Der Kern 11 weist ein Ende 11a, von dem aus Licht eintritt, und das andere Ende 11b auf, das auf der gegenüberliegenden Seite des einen Endes 11a positioniert ist. Wie später beschrieben, weist der Kern 11 einen freiliegenden Abschnitt 11c auf, der durch den Mantel 12 hindurch freiliegt. Der freiliegende Abschnitt 11c ist auf der Seite des anderen Endes 11b des Kerns 11 vorgesehen.

[0021] Ein rauer Oberflächenabschnitt ist auf einer Außenoberfläche (einer Außenumfangsoberfläche) des freiliegenden Abschnitts 11c vollständig vorgesehen. Mit einem derartigen rauen Oberflächenabschnitt kann Licht wirksam lateral emittiert werden. Es ist festzustellen, dass der raue Oberflächenabschnitt an einem Teil der Außenumfangsoberfläche des freiliegenden Abschnitts 11c vorgesehen sein kann, solange ausreichend Licht lateral emittiert werden kann.

[0022] Der raue Oberflächenabschnitt ist ein mattierter Abschnitt, der durch Mattieren gebildet wird. Es ist festzustellen, dass Einzelheiten des Mattierens im Rahmen eines später beschriebenen Herstellungsverfahrens beschrieben werden.

[0023] Der Mantel 12 ist derart um den Kern 11 angeordnet, dass ein Teil des Kerns 11 freiliegt. Insbesondere ist der Mantel 12 derart um den Kern 11 angeordnet, dass ein Teilbereich der Oberfläche des Kerns 11 entlang einer axialen Richtung desselben freiliegt. Genauer gesagt ist der Mantel 12 derart um den Kern 11 angeordnet, dass der Kern 11 auf der Seite des Spitzenendes der optischen Faser 10 freiliegt. Der Mantel 12 kann aus Glas bestehen. Alternativ kann der Mantel 12 aus Harz bestehen. Es ist festzustellen, dass, wie später beschrieben wird, der freiliegende Abschnitt des Kerns 11 derart gebildet wird, dass ein Teil des Abdeckungsabschnitts 13 und ein Teil des Mantels 12 in dieser Reihenfolge von einem optischen Faserstrang entfernt werden. Der optische Faserstrang umfasst den Mantel 12, der den Kern 11 entlang der axialen Richtung desselben vollständig umgibt, und den Abdeckungsabschnitt 13, der den Mantel 12 bedeckt.

[0024] Der Abdeckungsabschnitt 13 bedeckt den Mantel 12. Der Abdeckungsabschnitt 13 ist nicht dazu vorgesehen, den freiliegenden Abschnitt 11c des Kerns 11 zu bedecken. Der Abdeckungsabschnitt 13 besteht beispielsweise aus Harz.

[0025] **Fig. 2** ist ein Graph, der teilweise einen Oberflächenzustand des freiliegenden Abschnitts des Kerns, der durch den Mantel hindurch freiliegt, in der optischen Faser gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zeigt. Der Oberflächenzustand des freiliegenden Abschnitts 11c wird unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beschrieben.

[0026] Wie in **Fig. 2** gezeigt ist, sind auf dem rauen Oberflächenabschnitt erhöhte Abschnitte gebildet, die von der Außenoberfläche des freiliegenden Abschnitts 11c nach außen vorstehen. Die erhöhten Abschnitte sind mit einem bestimmten Freiheitsgrad voneinander beabstandet. Einige der erhöhten Abschnitte können nebeneinander vorgesehen sein.

[0027] Es ist festzustellen, dass **Fig. 2** der Einfachheit halber die Oberflächenform eines Teilbereichs zeigt, d. h., die Oberflächenform eines Bereichs der Außenoberfläche des freiliegenden Abschnitts 11c von einem vorbestimmten Referenzpunkt bis etwa 250 µm entlang der axialen Richtung des Kerns 11. Auf im Wesentlichen ähnliche Weise sind die erhöhten Abschnitte auch über den gesamten Bereich des freiliegenden Abschnitts 11c vorgesehen.

[0028] Die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts ist gleich oder größer als 0,2 µm. Ferner ist die durchschnittliche Länge Rsm eines rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 17 µm.

[0029] Wie durch die oben beschriebenen Werte angegeben wird, sind die erhöhten Abschnitte mit einer vorbestimmten Höhe oder mehr bis zu einem bestimmten Maß voneinander vorgesehen. Auf diese Weise kann ausreichend Licht lateral zu dem Kern 11 geleitet werden.

[0030] Insbesondere bei dem ersten Ausführungsbeispiel ist die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 0,5 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 0,85 µm. Es ist festzustellen, dass die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder kleiner als 1,0 µm oder gleich oder kleiner als 0,9 µm sein kann.

[0031] Die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts ist gleich oder größer als ungefähr 40 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 60 µm. Es ist festzustellen, dass die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements gleich oder kleiner als 500 µm sein kann. In diesem Fall wird auch ein Streueffekt erzielt, und deshalb kann Licht lateral zu dem Kern 11 geleitet werden.

[0032] Wie oben beschrieben ist, sind lediglich die erhöhten Abschnitte auf dem rauen Oberflächenabschnitt gebildet. Diese erhöhten Abschnitte sind auf einer unteren Seite in Bezug auf eine Durchschnittslinie ungleichmäßig konzentriert gebildet. Die Schiefe Rsk des rauen Oberflächenabschnitts übersteigt null. Darüber hinaus ist auf dem rauen Oberflächenabschnitt die Anzahl von erhöhten Abschnitten, die auf der Seite des einen Endes (Basis) gebildet ist, kleiner als die Anzahl von erhöhten Abschnitten, die auf der Seite des anderen Endes (Spitzenende) gebildet ist. Das heißt, die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts ist auf der einen Endseite kleiner als die arithmetische Oberflächenrauheit Ra auf der anderen Endseite.

(Verfahren zum Herstellen einer optischen Faser)

[0033] Das Verfahren zum Herstellen der optischen Faser gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel umfasst den Schritt des Herstellens des optischen Faserstrangs, den Schritt des Freilegens eines vorbestimmten Orts des Kerns 11 und den Schritt des Bildens des rauen Oberflächenabschnitts an dem vorbestimmten Ort des Kerns 11.

[0034] Bei dem Schritt des Herstellens des optischen Faserstrangs wird der optische Faserstrang hergestellt, der den Mantel 12, der den Kern 11 vollständig umgibt, und den Abdeckungsabschnitt 13 umfasst, der den Mantel 12 bedeckt. Beispielsweise kann eine Multimode-Faser vom SI-Typ als optischer Faserstrang hergestellt werden. Der Kern 11 besteht beispielsweise aus reinem Silika. Ein Kerndurchmesser beträgt beispielsweise ungefähr 600 µmφ. Die numerische Apertur (NA) des Kerns beträgt 0,22. Der Mantel 12 besteht beispielsweise aus reinem Silika. Ein Manteldurchmesser beträgt beispielsweise ungefähr 660 µmφ. Der Abdeckungsabschnitt 13, der den Mantel 12 bedeckt, besteht beispielsweise aus Acrylharz. Der Durchmesser des Abdeckungsabschnitts 13 beträgt ungefähr 800 µmφ.

[0035] Anschließend wird bei dem Schritt des Freilegens des vorbestimmten Orts des Kerns 11 ein Teil des Abdeckungsabschnitts 13 von dem optischen Faserstrang entfernt. Danach wird ein Teil des Mantels 12 entfernt. Auf diese Weise wird der vorbestimmte Ort des Kerns 11 freigelegt. Ein Teil des Mantels 12 wird beispielsweise durch Ätzen entfernt.

[0036] Bei dem Schritt des Bildens des rauen Oberflächenabschnitts an dem vorbestimmten Ort des Kerns 11 wird der vorbestimmte Ort des Kerns 11, der durch den Mantel 12 hindurch freiliegt, in Mattierungsflüssigkeit getaucht. Der vorbestimmte Ort ist ein Ort, der zu dem freiliegenden Abschnitt 11c werden soll.

[0037] Es ist festzustellen, dass bei diesem Schritt zumindest ein Grenzabschnitt zwischen einem Ort

(dem vorbestimmten Ort), der mattiert werden soll, und einem Ort, der nicht mattiert werden soll, durch eine Maske bedeckt werden kann. Die Gesamtheit des Orts, der nicht mattiert werden soll, kann durch die Maske bedeckt werden. Mit Hilfe der Maske kann ein Anheften der Mattierungsflüssigkeit an dem Ort des Kerns 11, der nicht mattiert werden soll, verringert werden.

[0038] Die Maske wird nicht unbedingt bei dem Schritt des Bildens des rauen Oberflächenabschnitts an dem vorbestimmten Ort des Kerns 11 verwendet. Insbesondere dann, wenn der raue Oberflächenabschnitt über die Gesamtheit des vorbestimmten Orts gebildet wird, dienst der Abdeckungsabschnitt 13 als Maske, ohne dass die Maske verwendet werden muss. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass der Kern 11, der sich im Inneren des Abdeckungsabschnitts 13 befindet, geätzt wird.

[0039] Als Mattierungsflüssigkeit kann eine Flüssigkeit verwendet werden, die hergestellt wird, indem eine Substanz, die die Löslichkeit erheblich verringert, beispielsweise ein silikofluoridähnliches Korrosionsprodukt, zu einer wässrigen Lösung auf Fluorwasserstoffsäurebasis hinzugefügt wird.

[0040] Falls die oben beschriebenen Mattierungsflüssigkeit verwendet wird, beginnt ein dichtes reaktives Produkt damit, die Oberfläche des Kerns 11 in einem Stadium, in dem die Korrosion des Kerns 11 bis zu einem gewissen Ausmaß fortgeschritten ist, teilweise zu bedecken. Dementsprechend werden die erhöhten Abschnitte an der Außenoberfläche des Kerns 11 an dem vorbestimmten Ort gebildet. Auf diese Weise kann der mattierte Abschnitt als der raue Oberflächenabschnitt auf der Außenoberfläche des Kerns 11 an dem vorbestimmten Ort gebildet werden.

[0041] Die wässrige Lösung auf Fluorwasserstoffsäurebasis wird hergestellt, indem Fluorwasserstoffsäure, Schwefelsäure, Ammoniumfluorid und Wasser miteinander gemischt werden. Der Gehalt an Fluorwasserstoffsäure in der wässrigen Lösung auf Fluorwasserstoffsäurebasis beträgt 0 bis 30 %. Der Gehalt an Schwefelsäure in der wässrigen Lösung auf Fluorwasserstoffsäurebasis beträgt 0 bis 16 %. Der Gehalt an Ammoniumfluorid in der wässrigen Lösung auf Fluorwasserstoffsäurebasis beträgt 0 bis 42 %. Der Gehalt an Wasser in der wässrigen Lösung auf Fluorwasserstoffsäurebasis beträgt 12 % oder mehr. Diese Anteile von Fluorwasserstoffsäure, Schwefelsäure, Ammoniumfluorid und Wasser können bei Bedarf angepasst werden.

[0042] Bei dem ersten Ausführungsbeispiel wird die Mattierungsflüssigkeit verwendet, die hergestellt wird, indem die wässrige Lösung auf Fluorwasserstoffsäurebasis und ein Additiv in einem Massenverhältnis von 7:3 gemischt werden. Die Spitzenendseite des Kerns 11 wird für ungefähr 180 Sekunden in die Mattierungsflüssigkeit mit einer Temperatur von 20 °C bis 23 °C getaucht. Zu diesem Zeitpunkt wird vor dem Eintauchen der einen Endseite (der Basisseite) des vorbestimmten Orts die andere Endseite (die Spitzenendseite) in die Mattierungsflüssigkeit getaucht. Somit ist die Anzahl der erhöhten Abschnitte, die auf der einen Endseite (der Basisseite) des vorbestimmten Orts gebildet werden, kleiner als die Anzahl der erhöhten Abschnitte, die auf der anderen Endseite (der Spitzenendseite) des vorbestimmten Orts gebildet werden. Darüber hinaus ist an dem vorbestimmten Ort die arithmetische Oberflächenrauheit Ra auf der einen Endseite kleiner als die arithmetische Oberflächenrauheit Ra auf der anderen Endseite. Nachfolgend wird der Kern 11 aus der Mattierungsflüssigkeit entnommen. Anschließend wird der Abschnitt, der in die Mattierungsflüssigkeit getaucht wurde, mit Wasser gespült.

[0043] Die optische Faser 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel wird anhand der oben beschriebenen Schritte hergestellt. Wie oben beschrieben ist, wird bei der optischen Faser 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der raue Oberflächenabschnitt chemisch gebildet, ohne dass beispielsweise ein Sandstrahlverfahren angewendet werden müsste. Auf diese Weise kann eine Beschädigung auf dem Kern 11 verringert werden. Folglich kann eine Verschlechterung der Festigkeit des Kerns 11 verringert werden.

[0044] Wie oben beschrieben ist, ist die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 0,2 μm. Ferner ist die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 17 μm. Somit können die erhöhten Abschnitte mit der vorbestimmten Höhe oder mehr bis zu einem bestimmten Maß voneinander beabstandet vorgesehen sein. Auf diese Weise kann ausreichend Licht lateral zu dem Kern 11 emittiert werden.

(Zweites Ausführungsbeispiel)

[0045] **Fig. 3** ist ein Graph, der teilweise einen Oberflächenzustand eines freiliegenden Abschnitts des Kerns, der durch einen Mantel hindurch freiliegt, in einer optischen Faser gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel zeigt.

[0046] Wie in **Fig. 3** gezeigt ist, unterscheidet sich die optische Faser gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel von der optischen Faser 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel hinsichtlich des Oberflächenzustands des freiliegenden Abschnitts 11c. Insbesondere weisen bei dem zweiten Ausführungsbeispiel die erhöhten Abschnitte eine geringere

Höhe als die des ersten Ausführungsbeispiels auf. Somit ist der Oberflächenzustand des freiliegenden Abschnitts 11c leicht abweichend.

[0047] Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ist die arithmetische Oberflächenrauheit Ra eines rauen Oberflächenabschnitts ebenfalls gleich oder größer als 0,2 µm. Ferner ist die durchschnittliche Länge Rsm eines rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts ebenfalls gleich oder größer als 17 µm.

[0048] Insbesondere ist die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 0,2 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 0,4 µm. Die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts ist gleich oder größer als ungefähr 35 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 50 µm. In diesem Fall wird auch ein Streueffekt erzielt. Deshalb kann Licht lateral zu einem Kern 11 geleitet werden.

[0049] Auf dem rauen Oberflächenabschnitt sind lediglich die erhöhten Abschnitte auf einer oberen Seite in Bezug auf eine Durchschnittslinie ungleichmäßig konzentriert gebildet. Darüber hinaus übersteigt die Schiefe Rsk des rauen Oberflächenabschnitts null.

[0050] Selbst mit der oben beschriebenen Konfiguration werden vorteilhafte Auswirkungen, die im Wesentlichen gleich denjenigen der optischen Faser 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel sind, durch die optische Faser gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel erzielt.

[0051] Es ist festzustellen, dass die optische Faser gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel auch mit Hilfe des Herstellungsverfahrens gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel hergestellt werden kann. In diesem Fall wird als Mattierungsflüssigkeit eine Mattierungsflüssigkeit verwendet, die hergestellt wird, indem eine wässrige Lösung auf Fluorwasserstoffsäurebasis und ein Additiv in einem Massenverhältnis von 6:4 gemischt werden. In diesem Fall wird bei dem Schritt des Bildens des rauen Oberflächenabschnitts an einem vorbestimmten Ort des Kerns 11 der vorbestimmte Ort des Kerns 11 ebenfalls für ungefähr 180 Sekunden in die Mattierungsflüssigkeit mit einer Temperatur von 20 °C bis 23 °C getaucht.

(Drittes Ausführungsbeispiel)

[0052] Eine optische Faser gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von der optischen Faser 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel hinsichtlich der Mattierungsflüssigkeit, die bei einem Herstellungsschritt verwendet wird, und weicht somit bezüglich eines Oberflächenzustands eines freiliegenden Abschnitts 11c ab.

[0053] In diesem Fall wird als Mattierungsflüssigkeit eine Mattierungsflüssigkeit verwendet, die hergestellt wird, indem eine wässrige Lösung auf Fluorwasserstoffsäurebasis und ein Additiv in einem Massenverhältnis von 5,5:4,5 gemischt werden, und bei dem Schritt des Bildens eines rauen Oberflächenabschnitts an einem vorbestimmten Ort eines Kerns 11 wird der vorbestimmte Ort des Kerns 11 für ungefähr 180 Sekunden in die Mattierungsflüssigkeit mit einer Temperatur von 20 °C bis 23° C getaucht.

[0054] Bei dem dritten Ausführungsbeispiel ist die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 0,2 µm. Ferner ist die durchschnittliche Länge Rsm eines rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 17 µm.

[0055] Insbesondere ist die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 0,2 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 0,35 µm. Die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements des rauen Rauoberflächenabschnitts ist gleich oder größer als ungefähr 17 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 20 µm. In diesem Fall wird auch ein Streueffekt erzielt. Deshalb kann Licht lateral zu dem Kern 11 geleitet werden.

[0056] Auf dem rauen Oberflächenabschnitt sind lediglich erhöhte Abschnitte auf einer oberen Seite bezüglich einer Durchschnittslinie ungleichmäßig konzentriert gebildet. Darüber hinaus übersteigt die Schiefe Rsk des rauen Oberflächenabschnitts null.

[0057] Selbst mit der oben beschriebenen Konfiguration werden vorteilhafte Auswirkungen, die im Wesentlichen gleich denjenigen der optischen Faser 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel sind, durch die optische Faser gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel erhalten.

(Viertes Ausführungsbeispiel)

[0058] Eine optische Faser gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von der optischen Faser 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel bezüglich eines Kerndurchmessers und einer Mattierungsflüssigkeit, die bei einem Herstellungsschritt verwendet wird, und weicht somit bezüglich eines Oberflächenzustands eines freiliegenden Abschnitts 11c ab.

[0059] In diesem Fall ist der Kerndurchmesser auf ungefähr 300 µm festgelegt. Als Mattierungsflüssigkeit wird eine Mattierungsflüssigkeit verwendet, die hergestellt wird, indem eine wässrige Lösung auf

Fluorwasserstoffsäurebasis und ein Additiv in einem Massenverhältnis von 4,9:5,1 gemischt werden, und bei dem Schritt des Bildens eines rauen Oberflächenabschnitts an einem vorbestimmten Ort eines Kerns 11 wird der vorbestimmte Ort des Kerns 11 für ungefähr 180 Sekunden in die Mattierungsflüssigkeit mit einer Temperatur von 20 °C bis 23 °C getaucht.

[0060] Bei dem vierten Ausführungsbeispiel ist die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 0,2 µm. Ferner ist die durchschnittliche Länge Rsm eines rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 17 µm.

[0061] Insbesondere ist die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 0,3 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 0,4 µm. Die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts ist gleich oder größer als ungefähr 17 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 20 µm. In diesem Fall wird auch ein Streueffekt erzielt. Deshalb kann Licht lateral zu dem Kern 11 geleitet werden.

[0062] Auf dem rauen Oberflächenabschnitt sind lediglich erhöhte Abschnitte auf einer oberen Seite in Bezug auf eine Durchschnittslinie ungleichmäßig konzentriert gebildet. Darüber hinaus übersteigt die Schiefe Rsk des rauen Oberflächenabschnitts null.

[0063] Selbst mit der oben beschriebenen Konfiguration werden vorteilhafte Auswirkungen, die im Wesentlichen gleich denjenigen der optischen Faser 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel sind, durch die optische Faser gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel erhalten.

(Verifizierungsversuch)

[0064] **Fig. 4** ist eine Tabelle, die Ergebnisse eines ersten Verifizierungsversuchs zeigt, das zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen gemäß den Ausführungsbeispielen durchgeführt wird. Der erste Verifizierungsversuch, der zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen gemäß den Ausführungsbeispielen durchgeführt wird, wird unter Bezugnahme auf **Fig. 4** beschrieben.

[0065] Bei dem ersten Verifizierungsversuch wurden optische Fasern gemäß einem ersten Beispiel, einem zweiten Beispiel, einem ersten Vergleichsbeispiel und einem ersten Referenzbeispiel hergestellt. Anschließend wurde ein Oberflächenzustand eines freiliegenden Abschnitts 11c jeder optischen Faser geprüft. Insbesondere wurden für einen rauen Oberflächenabschnitt jeder optischen Faser eine arithmetische Oberflächenrauheit Ra, die durchschnittliche Länge eines rauen Kurvenelements, eine Zehn-Punkt-Durchschnittsrauheit Rzjis, eine Schiefe Rsk, eine Kurtosis Rku und das Lastlängenverhältnis Rmr (80 %) einer rauen Kurve gemessen. Es ist festzustellen, dass jeder der oben beschriebenen Parameter auf der JIS B 0601-2013 basiert.

[0066] Für die Messung wurde ein konfokales 3CCD-Farbmikroskop „OPTELICS H1200“ (hergestellt von Lasertec Corporation) verwendet. Bei dem ersten Beispiel, dem zweiten Beispiel und dem ersten Referenzbeispiel wurde jeder der oben beschriebenen Parameter jeweils dreimal an jedem eines Ort auf der eine Endseite (Basisseite) und eines Orts auf der anderen Endseite (Spitzenendseite) des rauen Oberflächenabschnitts gemessen. Bei dem ersten Vergleichsbeispiel wurde jeder der oben beschriebenen Parameter zweimal an einer optionalen Position gemessen, die dem rauen Oberflächenabschnitt entspricht.

[0067] Bei Messung einer Oberflächenform wurde ein Bild des freiliegenden Abschnitts 11c mit dem oben beschriebenen Mikroskop erfasst. Unter Verwendung des erfassten Bilds wurde eine Umwandlung in Höheninformationen durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt wurde, da die optische Faser eine kreisförmige Säulenform aufweist, eine Änderung zu den Höheninformationen durchgeführt, nachdem eine Krümmung korrigiert worden ist. Es ist festzustellen, dass für das oben beschriebene Mikroskop eine Linsenvergrößerung von 50x eingestellt wurde. Eine Auflösung wurde auf 0,1 µm eingestellt. Als Messalgorithmus wurde Search Peak verwendet. Ein Z-Bildkanal wurde auf grün eingestellt.

[0068] Zum Analysieren des Bilds wurde eine Bildbearbeitung durchgeführt, um jeden Parameter auf Basis des oben beschriebenen JIS-Standards zu berechnen. Zu diesem Zeitpunkt war ein Rauschunterdrückungspegel auf 2,0 µm eingestellt. Eine Filtergröße war auf 10 Pixel eingestellt. Eine Medianfilterung wurde durchgeführt. Eine Filtergröße war auf 3 eingestellt. Die Anzahl der Wiederholungen war auf einmal eingestellt.

[0069] Die optische Faser gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel wurde als die optische Faser gemäß dem ersten Beispiel verwendet. Die optische Faser gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel wurde als die optische Faser gemäß dem zweiten Beispiel verwendet. Eine optische Faser, die derart konfiguriert ist, dass an einem Kern 11 kein rauer Oberflächenabschnitt gebildet ist, wurde als die optische Faser gemäß dem ersten Vergleichsbeispiel verwendet. Eine optische Faser mit einem rauen Oberflächenabschnitt, der unter Verwendung einer Mattierungsflüssigkeit mit einem anderen Massenverhältnis eines Additivs und einer wässrigen Lösung auf Fluorwasserstoffsäurebasis als im Vergleich mit

dem ersten Ausführungsbeispiel gebildet wurde, wurde als die optische Faser gemäß dem ersten Referenzbeispiel verwendet.

[0070] Als Mattierungsflüssigkeit, die bei Herstellung der optischen Faser gemäß dem ersten Referenzbeispiel verwendet wird, wurde eine Mattierungsflüssigkeit verwendet, die hergestellt wird, indem die wässrige Lösung auf Fluorwasserstoffsäurebasis und das Additiv in einem Massenverhältnis von 1:9 gemischt wurden. In diesem Fall wurde bei dem Schritt des Bildens des rauen Oberflächenabschnitts an einem vorbestimmten Ort eines Kerns 11 der vorbestimmte Ort des Kerns 11 auch für ungefähr 180 Sekunden in die Mattierungsflüssigkeit mit einer Temperatur von 20 °C bis 23 °C getaucht.

[0071] Fig. 5 ist ein Graph, der teilweise den Oberflächenzustand des freiliegenden Abschnitts des Kerns, der durch einen Mantel hindurch freiliegt, in der optischen Faser gemäß dem ersten Referenzbeispiel zeigt. Wie in **Fig. 5** gezeigt ist, sind viele erhöhte Abschnitte in der optischen Faser gemäß dem ersten Referenzbeispiel gebildet. Das heißt, die erhöhten Abschnitte sind dicht gebildet.

[0072] Fig. 6 ist ein Graph, der die arithmetische Oberflächenrauheit Ra bei den in **Fig. 4** gezeigten Versuchsergebnissen zeigt. Wie in **Fig. 4** und **Fig. 6** gezeigt ist, war bei dem ersten Beispiel die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 0,5 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 0,85 µm. Bei dem zweiten Beispiel war die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 0,2 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 0,4 µm.

[0073] Bei dem ersten Vergleichsbeispiel ist kein rauer Oberflächenabschnitt gebildet, sondern aufgrund leichter Unebenheiten war die arithmetische Oberflächenrauheit Ra der Oberfläche des Kerns 11 gleich oder größer als ungefähr 0 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 0,1 µm. Bei dem ersten Referenzbeispiel war die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 0,4 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 0,5 µm.

[0074] Fig. 7 ist ein Graph, der die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements bei den in **Fig. 4** gezeigten Versuchsergebnissen zeigt. Wie in **Fig. 4** und **Fig. 7** gezeigt ist, ist bei dem ersten Beispiel die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements gleich oder größer als ungefähr 40 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 60 µm. Bei dem zweiten Beispiel ist die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements gleich oder größer als ungefähr 35 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 50 µm.

[0075] Bei dem ersten Vergleichsbeispiel ist kein rauer Oberflächenabschnitt gebildet, sondern aufgrund von leichten Unebenheiten war die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements an der Oberfläche des Kerns 11 gleich oder größer als ungefähr 10 µm und kleiner als ungefähr 15 µm. Bei dem ersten Referenzbeispiel war die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 10 µm und kleiner als ungefähr 15 µm.

[0076] Fig. 8 ist ein Graph, der die Zehn-Punkt--Durchschnittsrauheit Rzjis bei den in **Fig. 4** gezeigten Versuchsergebnissen zeigt. Wie in **Fig. 4** und **Fig. 8** gezeigt ist, ist bei dem ersten Beispiel die Zehn-Punkt-Durchschnittsrauheit Rzjis des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 2,0 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 3,0 µm. Bei dem zweiten Beispiel war die Zehn-Punkt--Durchschnittsrauheit Rzjis des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 1,5 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 2,0 µm.

[0077] Bei dem ersten Vergleichsbeispiel ist kein rauer Oberflächenabschnitt gebildet, sondern aufgrund von leichten Unebenheiten war die Zehn--Punkt-Durchschnittsrauheit Rzjis der Oberfläche des Kerns 11 gleich oder kleiner als 0,4 µm. Bei dem ersten Referenzbeispiel war die Zehn-Punkt--Durchschnittsrauheit Rzjis des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 2,0 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 3,0 µm.

[0078] Fig. 9 ist ein Graph, der die Schiefe Rsk bei den in **Fig. 4** gezeigten Versuchsergebnissen zeigt. Wie in **Fig. 4** und **Fig. 9** gezeigt ist, war bei dem ersten Beispiel die Schiefe Rsk des rauen Oberflächenabschnitts größer als 0 und kleiner als ungefähr 2,0. Bei dem zweiten Beispiel war die Schiefe Rsk des rauen Oberflächenabschnitts größer als 0 und kleiner als ungefähr 3,0.

[0079] Bei dem ersten Vergleichsbeispiel wird kein rauer Oberflächenabschnitt gebildet, sondern aufgrund von leichten Unebenheiten war die Schiefe Rsk der Oberfläche des Kerns 11 größer als 0 und gleich oder kleiner als 0,5. Bei dem ersten Referenzbeispiel betrug die Schiefe Rsk des rauen Oberflächenabschnitts im Wesentlichen 0, umfasst jedoch auch einen Wert von weniger als 0.

[0080] Fig. 10 ist ein Graph, der die Kurtosis Rku bei den in **Fig. 4** gezeigten Versuchsergebnissen zeigt. Wie in **Fig. 4** und **Fig. 10** gezeigt ist, betrug bei dem ersten Beispiel die Kurtosis Rku des rauen Oberflächenabschnitts ungefähr 2,0 bis ungefähr 6,0 oder weniger. Bei dem zweiten Beispiel betrug die Kurtosis Rku des rauen Oberflächenabschnitts ungefähr 7,0 bis ungefähr 14,0 oder weniger.

[0081] Bei dem ersten Vergleichsbeispiel wird kein rauer Oberflächenabschnitt gebildet, sondern aufgrund von leichten Unebenheiten war die Kurtosis Rku der Oberfläche des Kerns 11 gleich oder größer als ungefähr 10 und gleich oder kleiner als ungefähr 14. Bei dem ersten Referenzbeispiel war die Kurtosis Rku des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 2,0 und gleich oder kleiner als ungefähr 4,0.

[0082] **Fig. 11** ist ein Graph, der das Lastlängenverhältnis Rmr (80 %) der rauen Kurve bei den in **Fig. 4** gezeigten Versuchsergebnissen zeigt. Wie in **Fig. 4** und **Fig. 11** gezeigt ist, war bei dem ersten Beispiel das Lastlängenverhältnis Rmr (80 %) der rauen Kurve des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 40 % und gleich oder kleiner als ungefähr 60 %. Bei dem zweiten Beispiel war das Lastlängenverhältnis Rmr (80 %) der rauen Kurve des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 25 % und gleich oder kleiner als ungefähr 45 %.

[0083] Bei dem ersten Vergleichsbeispiel wird kein rauer Oberflächenabschnitt gebildet, sondern aufgrund von leichten Unebenheiten war das Lastlängenverhältnis Rmr (80 %) der rauen Kurve an der Oberfläche des Kerns 11 gleich oder größer als 90 % und gleich oder kleiner als 100 %. Bei dem ersten Referenzbeispiel war das Lastlängenverhältnis Rmr (80 %) der rauen Kurve des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 90 % und gleich oder kleiner als 100 %.

[0084] **Fig. 12** ist eine Ansicht zum Beschreiben eines zweiten Verifizierungsversuchs, der zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen der Ausführungsbeispiele durchgeführt wird. **Fig. 13** ist eine Tabelle, die Ergebnisse des zweiten Verifizierungsversuchs zeigt. Der zweite Verifizierungsversuch wird unter Bezugnahme auf **Fig. 12** und **Fig. 13** beschrieben.

[0085] Bei dem zweiten Verifizierungsversuch wurden die optischen Fasern gemäß dem ersten Beispiel, dem zweiten Beispiel, dem ersten Vergleichsbeispiel und dem ersten Referenzbeispiel hergestellt. Der Strahlungsfluss des von jeder optischen Faser emittierten Lichts wurde gemessen. Darüber hinaus wurde Licht geprüft, das von dem freiliegenden Abschnitt 11c jedes des ersten Beispiels, des zweiten Beispiels und des ersten Vergleichsbeispiels emittiert wurde.

[0086] Bei der Lichtmessung wurde Licht, das von einem Spitzenende emittiert wird (spitzenendemittiertes Licht), und Licht, das lateral emittiert wurde (lateral emittiertes Licht), unter Verwendung des optischen Leistungsmessers Optical Power Meter 8230E (hergestellt von ADC Corporation) evaluiert. Insbesondere wurde der Strahlungsfluss des Lichts, das vom Spitzenende des freiliegenden Abschnitts 11c nach vorn emittiert wird, und der Strahlungsfluss des Lichts, das lateral von der einen Endseite (Basis), der mittleren Seite und der anderen Endseite (Spitzenende) des freiliegenden Abschnitts 11c emittiert wird, mit Hilfe einer Lichtmessvorrichtung 40 gemessen.

[0087] Zu diesem Zeitpunkt wurde der Anteil des spitzenend-emittierten Lichts an dem spitzenend-emittierten Licht in Bezug auf die Ausgabe der Lichtquelle bei dem ersten Vergleichsbeispiel, dem ersten Referenzbeispiel, dem ersten Beispiel und dem zweiten Beispiel als Evaluierung des spitzenend-emittierten Lichts berechnet. Es ist festzustellen, dass eine Halogenlampe mit variabler Ausgabe als Lichtquelle 20 verwendet wurde. Ein Ausgabewert wurde gemäß der Umgebung an dem Tag der Messimplementierung geändert. Insbesondere wurde die Ausgabe der Lichtquelle 20 bei dem ersten Vergleichsbeispiel und dem ersten Referenzbeispiel auf 275 µW festgelegt. Die Ausgabe der Lichtquelle 20 wurde bei dem ersten Beispiel auf 170 µW festgelegt. Die Ausgabe der Lichtquelle 20 wurde bei dem zweiten Beispiel auf 126 µW festgelegt.

[0088] Als Evaluierung des lateral emittierten Lichts wurde der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts/Strahlungsfluss spitzenend-emittierten Lichts (%) für jede der Seite des einen Endes (Basisseite), der mittleren Seite und der Seite des anderen Endes (Spitzenendseite) des freiliegenden Abschnitts 11c berechnet. An diesem Punkt werden Dezimalstellen auf die nächste Ganzzahl gerundet.

[0089] Es ist festzustellen, dass die Lichtmessvorrichtung 40 ein Lichtempfangselement 41 mit einer Lichtaufnahmeoberfläche 41a und eine Strahlungsflussberechnungseinrichtung 42 umfasst, die dazu konfiguriert ist, einen Strahlungsfluss von Licht zu berechnen, das durch das Lichtempfangselement empfangen wird.

[0090] Falls der Strahlungsfluss von Licht gemessen wird, das von dem Spitzenende des freiliegenden Abschnitts 11c nach vorn emittiert wird, wurde die Lichtmessvorrichtung so eingestellt, dass die Lichtempfangsoberfläche 41a des Lichtempfangselements 41 senkrecht zu der axialen Richtung des Kerns 11 ist. Während der Messung war der freiliegende Abschnitt 11c mit einer Abdeckung 30 bedeckt. Das Lichtempfangselement 41 war an einer Position etwa 2 cm über dem Spitzenende angeordnet.

[0091] Falls der Strahlungsfluss von Licht gemessen wird, das lateral von dem freiliegenden Abschnitt 11c des Kerns 11 zu dem Kern 11 emittiert wird, war die Lichtmessvorrichtung derart eingestellt, dass die

Lichtempfangsoberfläche 41a das Licht des Empfangselements 41 parallel zu der axialen Richtung des Kerns 11 liegt, wie in **Fig. 12** gezeigt ist. Während der Messung war der freiliegende Abschnitt 11c mit der Abdeckung 30 bedeckt. Das Lichtempfangselement 41 war an einer Position ca. 2 cm seitlich von dem freiliegenden Abschnitt 11c beabstandet angeordnet.

[0092] Wie in **Fig. 13** gezeigt ist, betrug bei dem ersten Vergleichsbeispiel der Strahlungsfluss des Lichts (des spitzenend-emittierten Lichts), das von dem Spitzenende emittiert wird, 275 µW. Der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts betrug auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 4,2 µW, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 3,6 µW und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 2,7 µW. Ferner betrug der Strahlungsfluss von lateral emittiertem Licht/Strahlungsfluss von spitzenend-emittiertem Licht auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 2 %, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 1 % und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 1 %. Somit wurde bei dem ersten Vergleichsbeispiel ein geringer Emissionsbetrag lateral zu dem Kern 11 bestätigt, da auf der Oberfläche des Kerns 11 kein rauer Oberflächenabschnitt gebildet ist.

[0093] Bei dem ersten Referenzbeispiel betrug der Strahlungsfluss von Licht (des spitzenend-emittierten Lichts), das von dem Spitzenende emittiert wird, 122 µW. Der Anteil des spitzenend-emittierten Lichts im Vergleich zu dem ersten Vergleichsbeispiel lag bei etwa 44 %. Das heißt, es wurde bestätigt, dass lateral emittiertes Licht ungefähr 56 % des einfallenden Lichts von der Lichtquelle beträgt.

[0094] Der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts betrug auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 19,5 µW, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 5,1 µW und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 8,3 µW. Ferner betrug der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts/Strahlungsfluss des spitzenend-emittiertem Lichts auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 16 %, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 4 % und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 4 %.

[0095] Wie oben beschrieben ist, wurde bei dem ersten Referenzbeispiel numerisch bestätigt, dass der raue Oberflächenabschnitt auf der Oberfläche des freiliegenden Abschnitts 11c des Kerns 11 gebildet ist und dementsprechend Licht lateral zu dem Kern 11 emittiert werden kann.

[0096] Bei dem ersten Beispiel betrug der Strahlungsfluss von Licht (des spitzenend-emittierten Lichts), das von dem Spitzenende emittiert wird, 40 µW. Der Anteil des spitzenend-emittierten Lichts im Vergleich zu dem ersten Vergleichsbeispiel betrug ungefähr 24 %. Das heißt, es wurde bestätigt, dass lateral emittiertes Licht ungefähr 76 % des einfallenden Lichts von der Lichtquelle beträgt.

[0097] Der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts betrug auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 17,0 µW, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 16,4 µW und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 9,6 µW. Ferner betrug der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts/Strahlungsfluss des spitzenend-emittierten Lichts auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 42 %, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 41 % und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 24 %.

[0098] Wie oben beschrieben ist, wurde bei dem ersten Beispiel bestätigt, dass der raue Oberflächenabschnitt auf der Oberfläche des freiliegenden Abschnitts 11c des Kerns 11 gebildet ist und dementsprechend Licht lateral zu dem Kern 11 emittiert werden kann. Darüber hinaus wurde bei dem ersten Beispiel außerdem bestätigt, dass der Betrag von lateral emittiertem Licht im Vergleich zu dem ersten Referenzbeispiel zunimmt.

[0099] Bei dem zweiten Beispiel betrug der Strahlungsfluss von Licht (des spitzenend-emittierten Lichts), das von dem Spitzenende emittiert wird, 40 µW. Der Anteil des spitzenend-emittierten Lichts im Vergleich zu dem ersten Vergleichsbeispiel betrug ungefähr 36 %. Das heißt, es wurde bestätigt, dass lateral emittiertes Licht ungefähr 64 % des einfallenden Lichts von der Lichtquelle beträgt.

[0100] Der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts betrug auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 5,1 µW, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 14,1 µW und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 3,2 µW. Ferner betrug der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts/Strahlungsfluss des spitzenend-emittierten Lichts auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 11 %, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 9 % und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 7 %.

[0101] Wie oben beschrieben ist, wurde bei dem zweiten Beispiel bestätigt, dass der raue Oberflächenabschnitt auf der Oberfläche des freiliegenden Abschnitts 11c des Kerns gebildet ist und dementsprechend Licht lateral zu dem Kern 11 emittiert werden kann. Darüber hinaus wurde bei dem zweiten Beispiel außerdem bestätigt, dass der Betrag von

lateral emittiertem Licht im Vergleich zu dem ersten Referenzbeispiel zunimmt.

[0102] Wie oben beschrieben ist, zeigt der Vergleich zwischen dem ersten Referenzbeispiel und dem ersten und zweiten Beispiel, dass der Betrag von lateral emittiertem Licht bei dem ersten und dem zweiten Beispiel größer ist. Somit wurde bestätigt, dass die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 0,2 µm ist und die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 17 µm ist und dementsprechend ausreichend Licht lateral zu dem Kern 11 emittiert werden kann.

[0103] **Fig. 14** ist ein Graph des Strahlungsflusses (µW) des lateral emittierten Lichts/Strahlungsflusses (µW) des spitzenend-emittierten Lichts (%) von **Fig. 13** im Vergleich zwischen dem ersten Referenzbeispiel und dem ersten Beispiel.

[0104] Wie in **Fig. 14** gezeigt ist, zeigt der Vergleich zwischen dem ersten Referenzbeispiel und dem ersten Beispiel, dass der Strahlungsfluss (µW) des lateral emittierten Lichts/Strahlungsfluss (µW) des spitzenend-emittierten Lichts (%) auf einer der einen Endseite, der mittleren Seite und der Spitzenendseite des rauen Oberflächenabschnitts bei dem ersten Beispiel zunimmt. Somit wurde auch bestätigt, dass der Betrag des lateral zu dem Kern 11 emittierten Lichts durch Einstellen eines Unebenheitszustands des rauen Oberflächenabschnitts eingestellt werden kann.

[0105] **Fig. 15** bis **Fig. 17** sind Ansichten, die Licht zeigen, das von dem freiliegenden Abschnitt der optischen Faser gemäß jedem des ersten Referenzbeispiels, des ersten Beispiels und des zweiten Beispiels in dem zweiten Verifizierungsversuch lateral emittiert wird. Es ist festzustellen, dass **Fig. 15** und **Fig. 17** durch dünne Linien die Kontur von Licht mit einer vorbestimmten Luminanz anzeigen. Der aufgeraute freiliegende Abschnitt 11c des Kerns wird durch eine dicke Linie angezeigt.

[0106] Wie in **Fig. 15** gezeigt ist, wurde Licht, das von dem freiliegenden Abschnitt 11c des optischen Faser gemäß dem ersten Referenzbeispiel emittiert wurde, lateral zu dem Kern 11 emittiert.

[0107] Wie in **Fig. 16** gezeigt ist, wurde Licht, das von dem freiliegenden Abschnitt 11c der optischen Faser gemäß dem ersten Beispiel emittiert wurde, ebenfalls lateral zu dem Kern 11 emittiert. Bei dem ersten Beispiel nahm die Breite der Lichtkontur, die senkrecht zu der axialen Richtung des Kerns 11 ist, zu. Das heißt, es wurde bestätigt, dass der Betrag von lateral zu dem Kern 11 emittiertem Licht im Vergleich zu dem ersten Referenzbeispiel zunimmt.

[0108] **Fig. 17** ist die Ansicht, die Licht zeigt, das von dem freiliegenden Abschnitt der optischen Faser gemäß dem zweiten Beispiel in dem zweiten Verifizierungsversuch lateral emittiert wird. Wie in **Fig. 17** gezeigt ist, wurde Licht, das von dem freiliegenden Abschnitt 11c der optischen Faser gemäß dem zweiten Beispiel emittiert wird, ebenfalls lateral zu dem Kern 11 emittiert. Bei dem zweiten Beispiel nahm die Breite der Lichtkontur, die senkrecht zu der axialen Richtung des Kerns 11 ist, im Vergleich zu dem ersten Referenzbeispiel ebenfalls zu. Das heißt, es wurde bestätigt, dass der Betrag von lateral zu dem Kern 11 emittiertem Licht im Vergleich zu dem ersten Referenzbeispiel zunimmt.

[0109] Wie oben beschrieben ist, wurde gemäß dem ersten Verifizierungsversuch und dem zweiten Verifizierungsversuch außerdem bestätigt, dass die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 0,2 µm ist und die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 17 µm ist und dementsprechend ausreichend Licht lateral zu dem Kern 11 emittiert werden kann.

[0110] **Fig. 18** ist eine Tabelle, die Ergebnisse eines dritten Verifizierungsversuchs zeigt, das zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen der Ausführungsbeispiele durchgeführt wird. Der dritte Verifizierungsversuch, der zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen gemäß den Ausführungsbeispielen durchgeführt wird, wird unter Bezugnahme auf **Fig. 18** beschrieben.

[0111] Bei dem dritten Verifizierungsversuch wurden optische Fasern gemäß einem dritten Beispiel und einem vierten Beispiel hergestellt. Ein Oberflächenzustand eines freiliegenden Abschnitts 11c jeder optischen Faser wurde geprüft. Insbesondere wurden für einen rauen Oberflächenabschnitt jeder optischen Faser eine arithmetische Oberflächenrauheit Ra, die durchschnittliche Länge eines rauen Kurvenelements, eine Zehn-Punkt-Durchschnittsrauheit Rzjis, eine Schiefe Rsk, eine Kurtosis Rku und das Lastlängenverhältnis Rmr (80 %) einer rauen Kurve gemessen. Es ist festzustellen, dass jeder der oben beschriebenen Parameter auf JIS B 0601-2013 basiert.

[0112] Es ist festzustellen, dass jeder der oben beschriebenen Parameter mit Hilfe eines Verfahrens gemessen wurde, das dem des ersten Verifizierungsversuchs ähnlich ist. Bei dem dritten Verifizierungsversuch wurde für beide des dritten Beispiels und des vierten Beispiels jeder eines Orts auf der einen Endseite (Basisseite), eines mittleren Orts und eines Orts auf der anderen Endseite (Spitzenendseite) des rauen Oberflächenabschnitts dreimal

gemessen. Die Durchschnittswerte dieser Werte sind in **Fig. 18** gezeigt.

[0113] Die optische Faser gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel wurde als die optische Faser gemäß dem dritten Beispiel verwendet. Der raue Oberflächenabschnitt wurde mit Hilfe desselben Verfahrens gebildet wie der des ersten Beispiels, mit der Ausnahme, dass eine Mattierungsflüssigkeit verwendet wurde, die hergestellt wurde, indem eine wässerige Lösung auf Fluorwasserstoffsäurebasis und ein Additiv in einem Massenverhältnis von 5,5:4,5 gemischt wurden. Bei dem dritten Beispiel betrug ein Kerndurchmesser 600 µm.

[0114] Die optische Faser gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel wurde als die optische Faser gemäß dem vierten Beispiel verwendet. Der raue Oberflächenabschnitt wurde mit Hilfe desselben Verfahrens gebildet wie der des ersten Beispiels, mit der Ausnahme, dass eine Mattierungsflüssigkeit hergestellt wurde, indem eine wässerige Lösung auf einer Fluorwasserstoffsäurebasis und ein Additiv in einem Massenverhältnis von 4,9:5,1 gemischt wurden. Bei dem vierten Beispiel betrug ein Kerndurchmesser 300 µm.

[0115] Wie in **Fig. 18** gezeigt ist, war bei dem dritten Beispiel die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 0,20 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 0,35 µm. Die Schiefe Rsk des rauen Oberflächenabschnitts war größer als 0 und kleiner als ungefähr 2,0. Die Kurtosis Rku des rauen Oberflächenabschnitts war gleich oder größer als ungefähr 2,5 und gleich oder kleiner als ungefähr 5,0. Die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements auf der Oberfläche des Kerns 11 war gleich oder größer als ungefähr 17 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 20,0 µm. Das Lastlängenverhältnis Rmr (80 %) der rauen Kurve auf der Oberfläche des Kerns 11 betrug 100 %. Die Zehn-Punkt-Durchschnittsrauheit Rzjis des rauen Oberflächenabschnitts war gleich oder größer als ungefähr 0,5 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 1,5 µm.

[0116] Bei dem vierten Beispiel war die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als ungefähr 0,30 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 0,45 µm. Die Schiefe Rsk des rauen Oberflächenabschnitts war größer als 0 und kleiner als ungefähr 1,0. Die Kurtosis Rku des rauen Oberflächenabschnitts war gleich oder größer als ungefähr 1,5 und gleich oder kleiner als ungefähr 2,5. Die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements auf der Oberfläche des Kerns 11 war gleich oder größer als ungefähr 17 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 20,0 µm. Das Lastlängenverhältnis Rmr (80 %) der rauen Kurve auf der Oberfläche des Kerns 11 war 100 %. Die Zehn-Punkt-Durchschnittsrauheit Rzjis des rauen Oberflächenabschnitts war gleich oder größer als ungefähr 0,5 µm und gleich oder kleiner als ungefähr 1,5 µm.

[0117] **Fig. 19** ist eine Tabelle, die Ergebnisse eines vierten Verifizierungsversuchs zeigt, das zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen der Ausführungsbeispiele durchgeführt wird. Das vierte Verifizierungselement, das zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen gemäß den Ausführungsbeispielen durchgeführt wird, wird unter Bezugnahme auf **Fig. 19** beschrieben.

[0118] Bei dem vierten Verifizierungsversuch wurden die optischen Fasern gemäß dem dritten Beispiel und einem zweiten Vergleichsbeispiel hergestellt. Es wurde der Strahlungsfluss von Licht gemessen, das von jeder optischen Faser emittiert wird. Der Strahlungsfluss von Licht wurde auf eine Weise gemessen, die im Wesentlichen derjenigen des zweiten Verifizierungsversuchs weiter oben ähnlich ist.

[0119] Wie bei dem dritten Verifizierungsversuch weiter oben wurde die optische Faser gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel als die optische Faser gemäß dem dritten Beispiel verwendet. Eine optische Faser, die denselben Kerndurchmesser wie den des dritten Beispiels aufweist und ohne einen rauen Oberflächenabschnitt an einem Kern 11 gebildet ist, wurde als die optische Faser gemäß dem zweiten Vergleichsbeispiel verwendet.

[0120] Wie bei dem zweiten Verifizierungsversuch wurde der Anteil des spitzenend-emittierten Lichts an dem spitzenend-emittierten Licht in Bezug auf die Ausgabe der Lichtquelle zum Evaluieren des spitzenend-emittierten Lichts bei dem vierten Verifizierungsversuch berechnet. Bei dem dritten Beispiel und dem zweiten Vergleichsbeispiel betrug die Ausgabe der Lichtquelle 412 µW.

[0121] Als Evaluierung des lateral emittierten Lichts wurde der Strahlungsfluss (µW) des lateral emittierten Lichts/Strahlungsfluss (µW) des spitzenend-emittierten Lichts (%) für jede der einen Endseite (Basis), der mittleren Seite und der anderen Endseite (Spitzenendseite) des freiliegenden Abschnitts 11c berechnet. Zu diesem Zeitpunkt wurden Dezimalstellen auf die nächste Ganzzahl gerundet.

[0122] Wie in **Fig. 19** gezeigt ist, betrug bei dem zweiten Vergleichsbeispiel der Strahlungsfluss von Licht (dem spitzenend-emittierten Licht), das von dem Spitzenende emittiert wird, 412 µW. Der Anteil des spitzenend-emittierten Lichts im Vergleich zu der Ausgabe der Lichtquelle betrug ungefähr 100 %. Darüber hinaus betrug der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts auf der einen Endseite des

rauen Oberflächenabschnitts 5,4 µW, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 1,3 µW und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 2,6 µW. Ferner betrug der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts/Strahlungsfluss des spitzenend-emittierten Lichts auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 1 %, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 0 % und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 1 %. Somit wurde bei dem zweiten Vergleichsbeispiel ein geringer Emissionsbetrag lateral zu dem Kern 11 bestätigt, da auf der Oberfläche des Kerns 11 kein rauer Oberflächenabschnitt gebildet ist.

[0123] Andererseits betrug bei dem dritten Beispiel der Strahlungsfluss von Licht (dem spitzenend-emittierten Licht), das von dem Spitzenende emittiert wird, 104 µW. Der Anteil des spitzenend-emittierten Lichts im Vergleich zu der Ausgabe der Lichtquelle betrug ungefähr 25 %. Darüber hinaus betrug der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 27,7 µW, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 29,0 µW und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 25,0 µW. Ferner betrug der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts/Strahlungsfluss des spitzenend-emittierten Lichts auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 27 %, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 28 % und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 24 %.

[0124] **Fig. 20** ist ein Graph des Strahlungsflusses (µW) des lateral emittierten Lichts/Strahlungsflusses (µW) des spitzenend-emittierten Lichts (%) von **Fig. 19** im Vergleich zwischen dem zweiten Vergleichsbeispiel und dem dritten Beispiel.

[0125] Wie in **Fig. 20** gezeigt ist, zeigt der Vergleich zwischen dem zweiten Vergleichsbeispiel und dem dritten Beispiel, dass der Strahlungsfluss (µW) des lateral emittierten Lichts/Strahlungsfluss (µW) des spitzenend-emittierten Lichts (%) auf jeder der einen Endseite, der mittleren Seite und der Spitzenendseite des rauen Oberflächenabschnitts bei dem dritten Beispiel zunimmt. Darüber hinaus liegt der Wert des Strahlungsflusses (µW) des lateral emittierten Lichts/Strahlungsflusses (µW) des vom Spitzenende emittierten Lichts (%)auf jeder der einen Endseite, der mittleren Seite und der Spitzenendseite des rauen Oberflächenabschnitts auf demselben Pegel. Das heißt, Licht wurde im Wesentlichen gleichförmig entlang einer Längenrichtung emittiert.

[0126] **Fig. 21** ist eine Ansicht, die Licht zeigt, das von dem freiliegenden Abschnitt der optischen Faser gemäß dem dritten Beispiel in dem vierten Verifizierungsversuch lateral emittiert wird. Wie in **Fig. 15** bis **Fig. 17** gezeigt ist, wurde ein Bild der eingeschalteten optischen Faser an einem dunklen Ort erfasst. **Fig. 21** zeigt mit einer dünnen Linie die Kontur des Lichts mit einer vorbestimmten Luminanz. Der aufgeraute freiliegende Abschnitt 11c des Kerns wird durch eine dicke Linie angezeigt.

[0127] Wie in **Fig. 21** gezeigt ist, wurde Licht, das von dem freiliegenden Abschnitt 11c der optischen Faser gemäß dem dritten Beispiel emittiert wurde, auch lateral zu dem Kern 11 emittiert. Darüber hinaus wurde Licht um den Kern 11 herum im Wesentlichen gleichförmig lateral zu dem Kern 11 über die gesamte Längenrichtung der optischen Faser emittiert.

[0128] Wie oben beschrieben ist, wurde bei dem dritten Beispiel bestätigt, dass der raue Oberflächenabschnitt auf der Oberfläche des freiliegenden Abschnitts 11c des Kerns 11 gebildet ist und dementsprechend Licht lateral zu dem Kern emittiert werden kann. Darüber hinaus wurde bei dem dritten Beispiel außerdem bestätigt, dass der Betrag von lateral emittiertem Licht im Vergleich zu dem zweiten Vergleichsbeispiel zunimmt.

[0129] Wie oben beschrieben ist, wurde bei dem dritten Beispiel auch bestätigt, dass die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 0,2 µm ist und die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 17 µm ist und dementsprechend ausreichend Licht lateral zu dem Kern 11 emittiert werden kann.

[0130] **Fig. 22** ist eine Tabelle, die Ergebnisse eines fünften Verifizierungsversuchs zeigt, das zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen der Ausführungsbeispiele durchgeführt wird. Der fünfte Verifizierungsversuch, der zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen gemäß den Ausführungsbeispielen durchgeführt wird, wird unter Bezugnahme auf **Fig. 22** beschrieben.

[0131] Bei dem fünften Verifizierungsversuch wurden die optischen Fasern gemäß dem vierten Beispiel und einem dritten Vergleichsbeispiel hergestellt. Es wurde der Strahlungsfluss von Licht gemessen, das von jeder optischen Faser emittiert wird. Das Verfahren zum Messen des Strahlungsflusses von Licht und das Verfahren zum Evaluieren des Strahlungsflusses von Licht sind denjenigen des zweiten Verifizierungsversuchs und des vierten Verifizierungsversuchs weiter oben ähnlich. Somit entfällt eine Beschreibung derselben an dieser Stelle.

[0132] Die optische Faser gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel wurde als die optische Faser gemäß dem vierten Beispiel verwendet. Eine optische Faser mit demselben Kerndurchmesser wie

dem des vierten Beispiels wurde als die optische Faser gemäß dem dritten Vergleichsbeispiel verwendet. Es ist festzustellen, dass an einem Kern 11 kein rauer Oberflächenabschnitt gebildet wurde. Bei dem vierten Beispiel und dem dritten Vergleichsbeispiel betrug die Ausgabe der Lichtquelle 115 µW.

[0133] Wie in **Fig. 22** gezeigt ist, betrug bei dem dritten Vergleichsbeispiel der Strahlungsfluss von Licht (dem spitzenend-emittierten Licht), das von dem Spitzenende emittiert wird, 115 µW. Der Anteil des spitzenend-emittierten Lichts im Vergleich zu der Ausgabe der Lichtquelle betrug ungefähr 100 %. Darüber hinaus betrug der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 1,2 µW, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 0,8 µW und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 1,4 µW. Ferner betrug der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts/Strahlungsfluss des spitzenend-emittierten Lichts auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 1 %, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 1 % und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 1 %. Somit wurde bei dem dritten Vergleichsbeispiel ein geringer Emissionsbetrag lateral zu dem Kern 11 bestätigt, da auf der Oberfläche des Kerns 11 kein rauer Oberflächenabschnitt gebildet ist.

[0134] Auf der anderen Seite betrug bei dem vierten Beispiel der Strahlungsfluss von Licht (des spitzenend-emittierten Lichts), das von dem Spitzenende emittiert wird, 16 µW. Der Anteil des spitzenend-emittierten Lichts im Vergleich zu der Ausgabe der Lichtquelle betrug ungefähr 14 %. Darüber hinaus betrugt der Strahlungsfluss des lateral emittierten Lichts auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 24,0 µW, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 11,0 µW und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 3,5 µW. Ferner betrug der Strahlungsfluss von lateral emittiertem Licht/Strahlungsfluss von spitzenend-emittiertem Licht auf der einen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 150 %, auf der mittleren Seite des rauen Oberflächenabschnitts 69 % und auf der anderen Endseite des rauen Oberflächenabschnitts 22 %.

[0135] **Fig. 23** ist ein Graph des Strahlungsflusses (µW) des lateral emittierten Lichts/Strahlungsflusses (µW) des spitzenend-emittierten Lichts (%) von **Fig. 22**, verglichen zwischen dem dritten Vergleichsbeispiel und dem vierten Beispiel. Der Vergleich zwischen dem dritten Vergleichsbeispiel und dem vierten Beispiel zeigt, dass der Strahlungsfluss (µW) des lateral emittierten Lichts/Strahlungsfluss (µW) des spitzenend-emittierten Lichts (%) auf jeder der einen Endseite, der mittleren Seite und der Spitzenendseite des rauen Oberflächenabschnitts bei dem vierten Beispiel zunimmt.

[0136] **Fig. 24** ist eine Ansicht, die Licht zeigt, das von dem freiliegenden Abschnitt der optischen Faser gemäß dem dritten Beispiel in dem fünften Verifizierungsversuch lateral emittiert wird. Wie in **Fig. 15** bis **Fig. 17** und **Fig. 21** gezeigt ist, wurde ein Bild der eingeschalteten optischen Faser an einem dunklen Ort erfasst. **Fig. 24** zeigt außerdem mit einer dünnen Linie die Kontur des Lichts mit einer vorbestimmten Luminanz. Der aufgeraute freiliegende Abschnitt 11c des Kerns wird durch eine dicke Linie angezeigt.

[0137] Wie in **Fig. 24** gezeigt ist, wurde Licht, das von dem freiliegenden Abschnitt 11c der optischen Faser gemäß dem vierten Beispiel emittiert wurde, auch lateral zu dem Kern 11 emittiert. Darüber hinaus wurde außerdem bestätigt, dass auf der Basisseite mehr Licht emittiert wird.

[0138] Wie oben beschrieben ist, wurde bei dem vierten Beispiel bestätigt, dass der raue Oberflächenabschnitt auf der Oberfläche des freiliegenden Abschnitts 11c des Kerns 11 gebildet ist und dementsprechend Licht lateral zu dem Kern 11 emittiert werden kann. Darüber hinaus wurde bei dem vierten Beispiel außerdem bestätigt, dass der Betrag von lateral emittiertem Licht im Vergleich zu dem dritten Vergleichsbeispiel zunimmt.

[0139] Wie oben beschrieben ist, wurde bei dem vierten Beispiel bestätigt, dass die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 0,2 µm ist und die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 17 µm ist und dementsprechend ausreichend Licht lateral zu dem Kern 11 emittiert werden kann.

[0140] **Fig. 25** ist eine Ansicht zum Beschreiben eines sechsten Verifizierungsversuchs, der zum Verifizieren der vorteilhaften Auswirkungen der Ausführungsbeispiele durchgeführt wird. Der sechste Verifizierungsversuch wird unter Bezugnahme auf **Fig. 25** beschrieben.

[0141] Bei dem sechsten Verifizierungsbeispiel wurde die Spitzenendseite des Kerns 11 mit Hilfe von Mattierungsflüssigkeit bearbeitet. Ferner wurde ein Kern verwendet, der einen bearbeiteten Abschnitt mit einem rauen Oberflächenabschnitt, der durch die oben beschriebene Bearbeitung gebildet wird, und einen nicht aufgerauten, unbearbeiteten Abschnitt auf der Basisseite des Kerns 11 umfasst. Von der Lichtquelle 20 wurde Licht in die Basis des Kerns 11 eingegeben. Die Intensität des Lichts, das lateral von jedem des bearbeiteten Abschnitts und des unbearbeiteten Abschnitts emittiert wurde, wurde gemessen. Es ist festzustellen, dass in **Fig. 25** der Einfachheit halber eine Faser,

ein Verbindungselement und dergleichen, die zum Eingeben des von der Lichtquelle 20 11 emittierten Lichts in die Basisseite des Kerns verwendet werden, nicht gezeigt werden.

[0142] Als Lichtquelle 20 wurde eine Lichtquelle verwendet, die dazu konfiguriert ist, Licht mit einer Wellenlänge von 660 nm zu emittieren. Die Ausgabe der Lichtquelle 20 betrug 15 mW.

[0143] Als Kern wurden zwei Kerne 11 mit einem Kerndurchmesser von 600 µm und 300 µm hergestellt. Der bearbeitete Abschnitt und der unbearbeitete Abschnitt sind auf jedem dieser Kerne gebildet.

[0144] Die Spitzenendseite des Kerns 11 mit einem Kerndurchmesser von 600 µm wurde unter denselben Bedingungen wie denen des dritten Beispiels (des dritten Ausführungsbeispiels) mattiert. Somit wurde der bearbeitete Abschnitt des Kerns 11 bei dem dritten Beispiel verwendet. Der unbearbeitete Abschnitt des Kerns 11 wurde bei dem zweiten Vergleichsbeispiel verwendet.

[0145] Die Spitzenendseite des Kerns 11 mit einem Kerndurchmesser von 300 µm wurde unter denselben Bedingungen wie denen des vierten Beispiels (des vierten Ausführungsbeispiels) mattiert. Somit wurde der bearbeitete Abschnitt des Kerns 11 bei dem vierten Beispiel verwendet. Der unbearbeitete Abschnitt des Kerns 11 wurde bei dem dritten Vergleichsbeispiel verwendet.

[0146] Bei der Messung der Lichtintensität war eine Lichterfassungsvorrichtung 50 auf der Seite des Kerns 11 angeordnet. In einem Zustand, in dem Licht in den Kern 11 eingegeben wird, wurde ein Bild des Kerns 11 erfasst. Durch Analyse des erfassten Bildes wurde die Intensität (Intensität) des Lichts, das von jedem des bearbeiteten Abschnitts und des unbearbeiteten Abschnitts lateral emittiert wird, aus der Luminanzverteilung berechnet. Es ist festzustellen, dass die Intensität eine relative Intensität zum Vergleichen der Intensitäten von Licht ist, das von dem bearbeiteten Abschnitt und dem unbearbeiteten Abschnitt lateral emittiert wird. Wie später beschrieben wird, wurde die Intensität des Lichts, das von einem mittleren Abschnitt des unbearbeiteten Abschnitts lateral emittiert wird, als Referenzwert auf 15 festgelegt.

[0147] Es ist festzustellen, dass die Bilderfassungsvorrichtung 50 derart angeordnet wurde, dass ein Abstand L von dem Kern 11 315 mm betrug. Die Fokuslänge der Bilderfassungsvorrichtung 50 betrug 16 mm. Ein Aperturwert betrug 5,6. Wenn das Bild durch die Bilderfassungsvorrichtung 50 erfasst wurde, wurde das Bild des Kerns 11 dahingehend erfasst, dass die Gesamtheit des unbearbeiteten Abschnitts in der Längenrichtung der Gesamtheit des bearbeiteten Abschnitts in der Längenrichtung auf dem Bild vorhanden ist.

[0148] **Fig. 26** ist ein Graph, der die Verteilung des lateral emittierten Lichts von dem unbearbeiteten Abschnitt des Kerns des zweiten Vergleichsbeispiels in dem sechsten Verifizierungsversuch zeigt.

[0149] Wie in **Fig. 26** gezeigt ist, ist die Intensität an dem unbearbeiteten Abschnitt des Kerns des zweiten Vergleichsbeispiels an einer Basisposition und einer Spitzenendposition hoch, da Licht zu der lateralen Seite austritt. Zwischen der Basisposition und der Spitzenendposition betrug die Intensität jedoch 15.

[0150] **Fig. 27** ist ein Graph, der in dem sechsten Verifizierungsversuch die Verteilung des lateral emittierten Lichts von dem bearbeiteten Abschnitt des Kerns zeigt, der unter denselben Bedingungen wie denen des dritten Beispiels aufgeraut wird.

[0151] Wie in **Fig. 27** gezeigt ist, war an dem bearbeiteten Abschnitt des Kerns, der unter denselben Bedingungen wie denen des dritten Beispiels aufgeraut wurde, die Intensität an der Basisposition hoch, da Licht zu der lateralen Seite austritt. An der Spitzenendposition war die Intensität hoch, da Licht von dem Spitzenende emittiert wird. Darüber hinaus nahm die Intensität zwischen der Basisposition und der Spitzenendposition im Vergleich zu dem unbearbeiteten Abschnitt des zweiten Vergleichsbeispiels zu, wie in **Fig. 26** gezeigt ist, und betrug etwa 20.

[0152] Wie oben beschrieben ist, zeigt der Vergleich zwischen den Ergebnissen von **Fig. 26** und den Ergebnissen von **Fig. 27**, dass, wie bei dem dritten Beispiel, die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 0,2 µm ist und die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Oberflächenelements des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 17 µm ist und dementsprechend ausreichend Licht lateral zu dem Kern 11 emittiert werden kann.

[0153] **Fig. 28** ist ein Graph, der die Verteilung des lateral emittierten Lichts von dem unbearbeiteten Abschnitt des Kerns des zweiten Vergleichsbeispiels in dem sechsten Verifizierungsversuch zeigt.

[0154] Wie in **Fig. 28** gezeigt ist, ist die Intensität an dem unbearbeiteten Abschnitt des Kerns des zweiten Vergleichsbeispiels an der Basisposition und der Spitzenendposition hoch, da Licht zu der lateralen Seite austritt. Zwischen der Basisposition und der Spitzenendposition war die Intensität jedoch im Wesentlichen konstant und betrug ungefähr 15.

[0155] **Fig. 29** ist ein Graph, der in dem sechsten Verifizierungsbeispiel die Verteilung des lateral emit-

tierten Lichts von dem bearbeiteten Abschnitt des Kerns zeigt, der unter denselben Bedingungen wie denen des vierten Beispiels aufgeraut wird.

[0156] Wie in **Fig. 29** gezeigt ist, war an dem bearbeiteten Abschnitt des Kerns, der unter denselben Bedingungen wie denen des vierten Beispiels aufgeraut wurde, die Intensität an der Basisposition hoch, da Licht zu der lateralen Seite austritt. An der Spitzenendposition war die Intensität hoch, da Licht von dem Spitzenende emittiert wird. Darüber hinaus nahm die Intensität zwischen der Basisposition und der Spitzenendposition im Vergleich zu dem unbearbeiteten Abschnitt des in **Fig. 28** gezeigten zweiten Vergleichsbeispiels zu und war gleich oder größer als 18 und gleich oder kleiner als 22. In diesem Fall betrug die Intensität auf der Spitzenendseite des bearbeiteten Abschnitts ungefähr 19. Die Intensität auf der Basisseite des bearbeiteten Abschnitts betrug ungefähr 21. Wie oben beschrieben ist, war die Intensität auf der Basisseite größer.

[0157] Wie oben beschrieben ist, zeigt ein Vergleich zwischen den Ergebnissen von **Fig. 28** und den Ergebnissen von **Fig. 29**, dass, wie bei dem vierten Beispiel, die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 0,2 μm ist und die durchschnittliche Länge Rsm des rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 17 μm ist und dementsprechend ausreichend Licht lateral zu dem Kern 11 emittiert werden kann.

(Andere Variationen)

[0158] Zur Beschreibung des Verfahrens zum Herstellen der optischen Fasern des ersten und des zweiten Ausführungsbeispiels wurde als Beispiel der Fall beschrieben, bei dem der Mantel 12 an dem vorbestimmten Ort des von dem Mantel 12 umgebenen Kerns 11 entfernt wird, nachdem ein Teil des Abdeckungsabschnitts 13 entfernt worden ist, und der raue Oberflächenabschnitt anschließend an dem Abschnitt des Kerns 11 gebildet wird, der durch den Mantel 12 hindurch freiliegt. Es ist festzustellen, dass das Verfahren zum Herstellen der optischen Faser nicht auf das oben Beschriebene beschränkt ist. Als Verfahren zum Herstellen der optischen Faser kann der Mantel 12 derart um den Kern 11 gebildet werden, dass der raue Oberflächenabschnitt freigelegt wird, nachdem der raue Oberflächenabschnitt an dem vorbestimmten Ort des Kerns 11 gebildet wurde. Bei dem Bilden des Mantels 12 wird die Oberfläche des Kerns 11 beispielsweise mit einem optischen Polymer beschichtet, so dass der raue Oberflächenabschnitt freiliegt. Anschließend wird der Mantel 12 mit einem Harz beschichtet, das zu dem Abdeckungsabschnitt 13 werden soll. Dasselbe gilt auch für das dritte und vierte Ausführungsbeispiel.

[0159] Zur Beschreibung des ersten und zweiten Ausführungsbeispiels wurde als Beispiel der Fall beschrieben, bei dem auf dem rauen Oberflächenabschnitt die arithmetische Oberflächenrauheit Ra auf der einen Endseite kleiner als die arithmetische Oberflächenrauheit Ra auf der anderen Endseite ist. Es ist festzustellen, dass die arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts nicht auf das oben Beschriebene beschränkt ist. Beispielsweise kann der raue Oberflächenabschnitt derart gebildet werden, dass die arithmetische Oberflächenrauheit Ra auf dem rauen Oberflächenabschnitt von der einen Endseite zu der anderen Endseite im Wesentlichen konstant ist. Dasselbe gilt auch für das dritte und vierte Ausführungsbeispiel.

[0160] Die Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung, wie sie oben beschrieben sind, sind in jeglicher Hinsicht Beispiele. Diese Aspekte dienen nicht dazu, den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung einzuschränken. Der Schutzbereich der vorliegenden Erfindung ist durch die beigefügten Ansprüche definiert. Alle Variationen und Äquivalente, die in denselben Schutzbereich der beigefügten Ansprüche fallen, sollen darin beinhaltet sein.

Bezugszeichenliste

10	optische Faser
11	Kern
11a	ein Ende
11b	anderes Ende
11c	freiliegender Abschnitt
12	Mantel
13	Abdeckungsabschnitt
20	Lichtquelle
30	Abdeckung
40	Lichtmessvorrichtung
41	Lichtempfangselement
41a	Lichtempfangsoberfläche
42	Strahlungsflussberechnungseinrichtung

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- JP 9506716 T [0002, 0005]
- JP 58007604 A [0002, 0005]
- JP 48068613 A [0005]

Patentansprüche

1. Eine optische Faser, die folgende Merkmale aufweist:
einen Kern; und
einen Mantel, der derart um den Kern angeordnet ist, dass ein Teil des Kerns freigelegt ist,
wobei ein rauer Oberflächenabschnitt an zumindest einem Teil einer Außenoberfläche des freiliegenden Abschnitts des Kerns vorgesehen ist, der durch den Mantel hindurch freiliegt,
eine arithmetische Oberflächenrauheit Ra des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 0,2 µm ist und
eine durchschnittliche Länge Rsm eines rauen Kurvenelements des rauen Oberflächenabschnitts gleich oder größer als 17 µm ist.

2. Die optische Faser gemäß Anspruch 1, wobei erhöhte Abschnitte, die von der Außenoberfläche des freiliegenden Abschnitts nach außen vorstehen, auf dem rauen Oberflächenabschnitt gebildet sind.

3. Die optische Faser gemäß 1 oder 2, wobei eine Schiefe Rsk des rauen Oberflächenabschnitts größer als 0 ist.

4. Die optische Faser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei
der Kern ein Ende, in das Licht von einer Lichtquelle eintritt, und das andere Ende umfasst, das auf einer gegenüberliegenden Seite des einen Endes angeordnet ist, und
auf dem rauen Oberflächenabschnitt eine arithmetische Oberflächenrauheit Ra auf der einen Endseite kleiner als eine arithmetische Oberflächenrauheit Ra auf der anderen Endseite ist.

5. Die optische Faser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei
der Kern das eine Ende, in das das Licht von der Lichtquelle eintritt, und das andere Ende umfasst, das auf der gegenüberliegenden Seite des einen Endes angeordnet ist, und
der freiliegende Abschnitt auf der anderen Endseite des Kerns vorgesehen ist.

6. Die optische Faser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der raue Oberflächenabschnitt ein mattierter Abschnitt ist, der durch Mattieren gebildet wird.

Es folgen 24 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

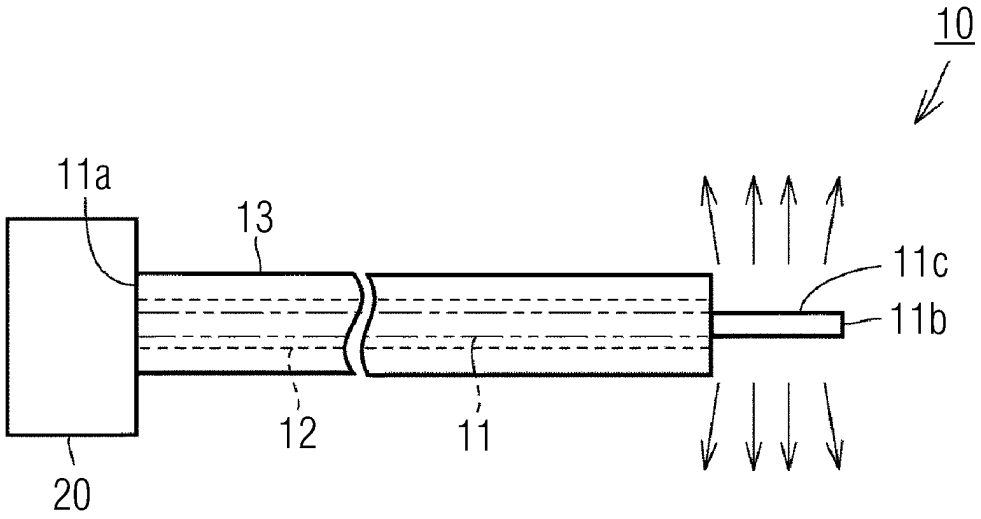


FIG. 1

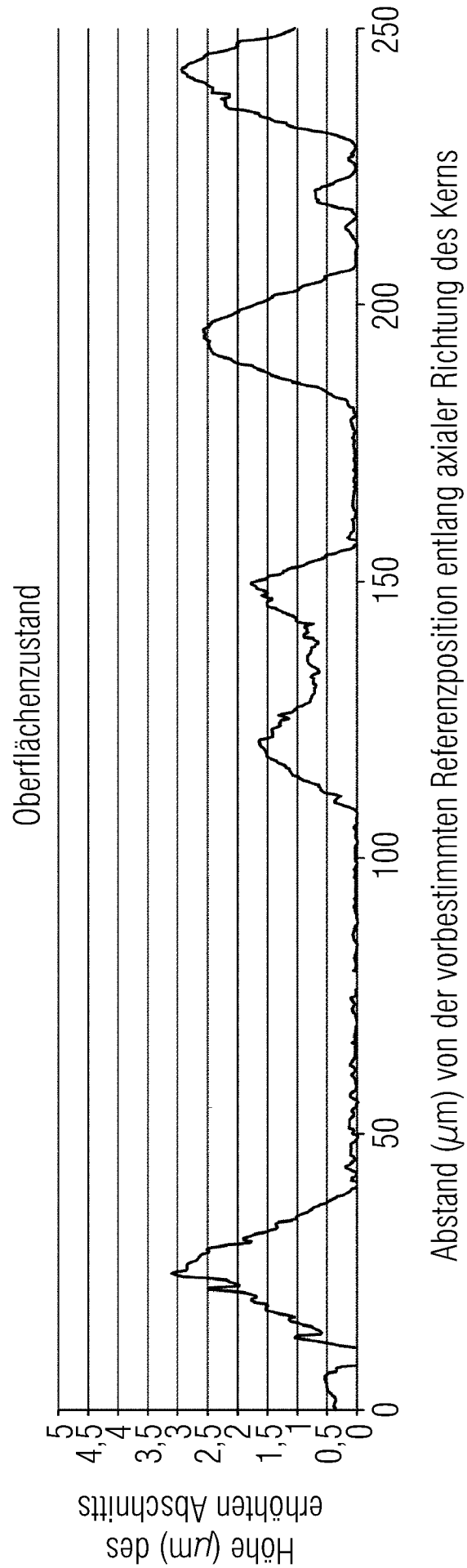

Oberflächenzustand
Höhe (µm) des erhöhten Abschnitts
5
4,5
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0
50
100
150
200
250
Abstand (µm) von der vorbestimmten Referenzposition entlang axialer Richtung des Kerns

FIG. 2

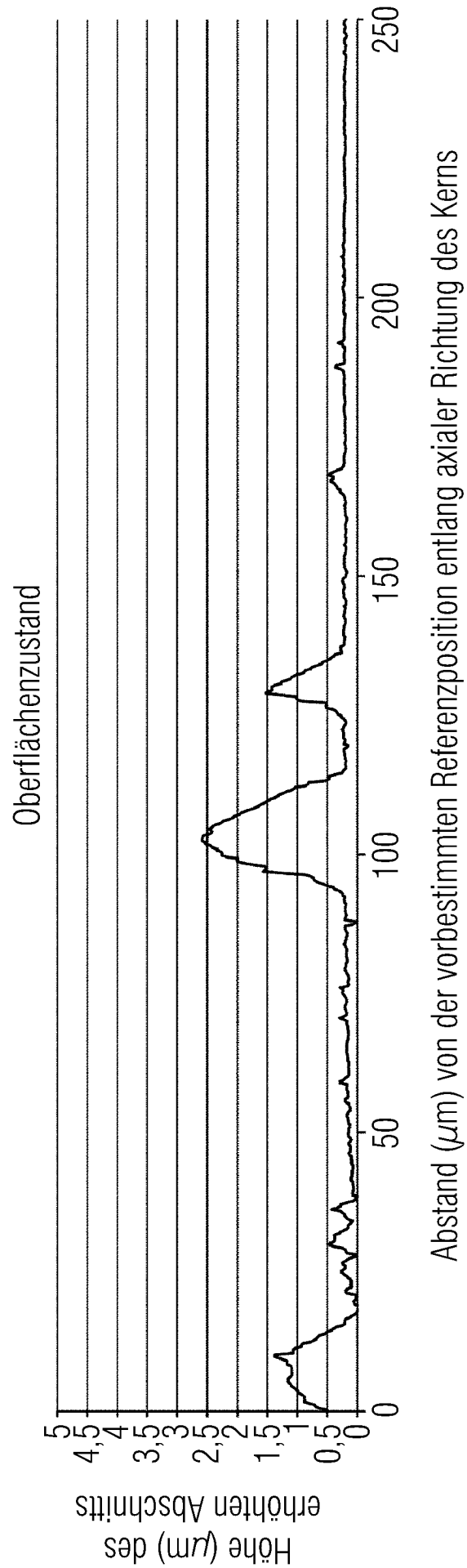

Oberflächenzustand
Höhe (µm) des erhöhten Abschnitts
5
4,5
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0
50
100
150
200
250
Abstand (µm) von der vorbestimmten Referenzposition entlang axialer Richtung des Kerns

FIG. 3

Probenname	N	Ra (μm)	Rsk	Rku	RSm (μm)	Rzjis (μm)	Rmt 80% (%)
erstes Beispiel: eine Endseite (Basisseite)	N=1	0,55	1,52	5,15	54,14	2,23	40,59
	N=2	0,62	1,28	3,78	53,81	2,52	52,31
	N=3	0,69	1,28	3,64	53,73	2,67	44,29
erstes Beispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)	N=1	0,72	1,16	3,84	45,79	2,70	49,26
	N=2	0,80	0,68	2,42	43,58	2,85	56,10
	N=3	0,76	0,98	3,29	46,80	2,83	50,16
zweites Beispiel: eine Endseite (Basisseite)	N=1	0,31	2,38	9,10	38,48	1,86	29,13
	N=2	0,29	2,51	9,62	39,60	1,74	35,65
	N=3	0,29	2,92	13,43	41,48	1,64	28,25
zweites Beispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)	N=1	0,37	2,15	7,43	44,05	1,86	30,26
	N=2	0,37	2,16	7,85	47,01	1,85	35,75
	N=3	0,34	2,12	7,68	39,79	1,88	41,88
erstes Vergleichsbeispiel	N=1	0,04	0,30	13,11	12,99	0,34	90,80
	N=2	0,04	0,48	10,92	13,39	0,35	93,43
erstes Referenzbeispiel: eine Endseite (Basisseite)	N=1	0,44	-0,03	3,26	13,37	2,64	95,43
	N=2	0,45	-0,01	2,99	13,71	2,58	96,18
	N=3	0,44	0,01	3,37	13,91	2,61	95,72
erstes Referenzbeispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)	N=1	0,46	0,02	3,41	13,45	2,80	95,81
	N=2	0,47	-0,01	3,31	14,63	2,75	93,59
	N=3	0,48	0,00	3,11	14,31	2,75	95,29

FIG. 4

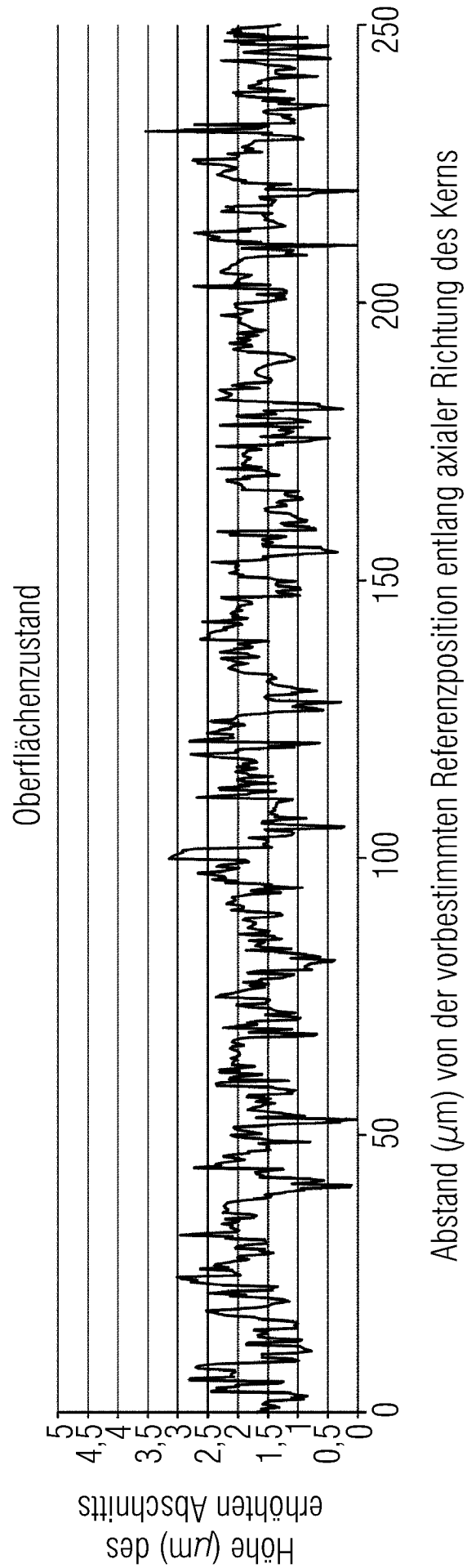

Oberflächenzustand
Höhe (µm) des erhöhten Abschnitts
5
4,5
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0
50
100
150
200
250
Abstand (µm) von der vorbestimmten Referenzposition entlang axialer Richtung des Kerns

FIG. 5

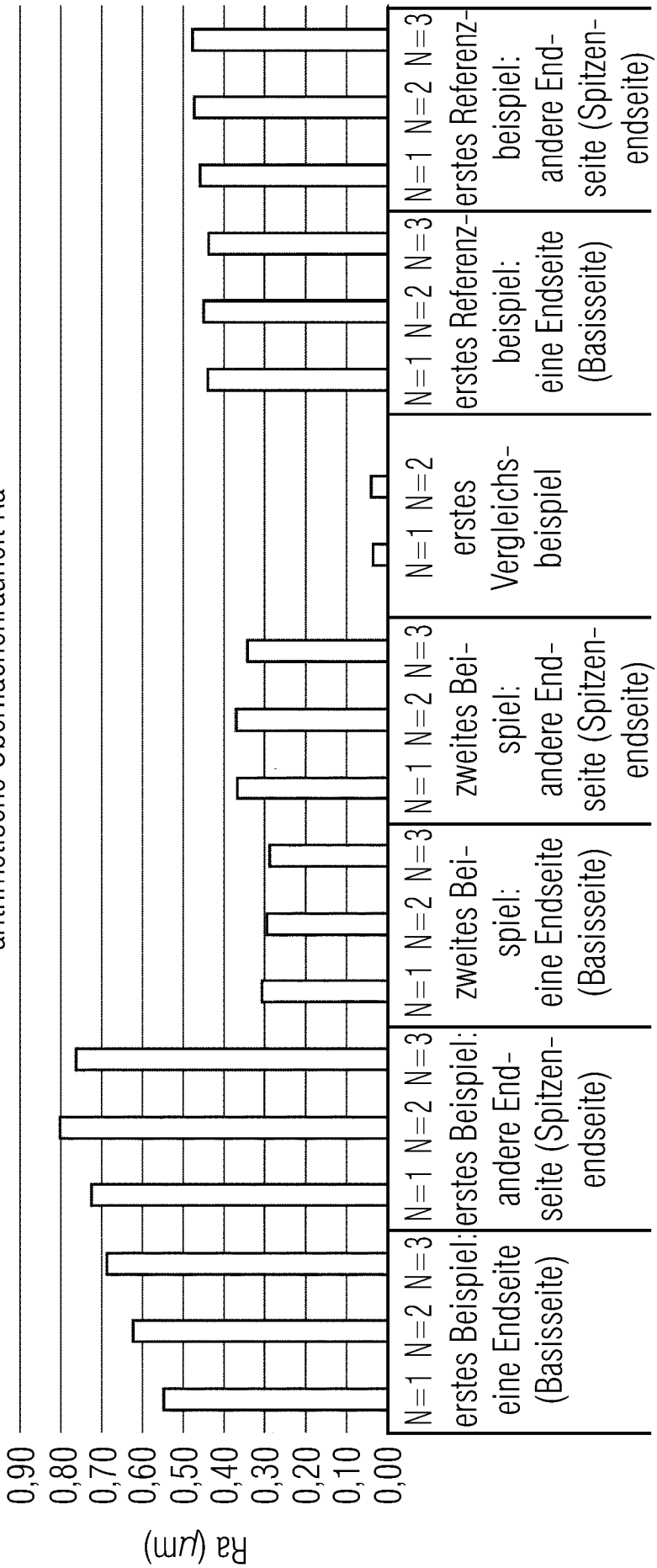

arithmetische Oberflächenrauheit Ra
Ra (µm)
0,90
0,80
0,70
0,60
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
N=1 N=2 N=3 erstes Beispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 erstes Beispiel: andere End-seite (Spitzen-endseite)
N=1 N=2 N=3 zweites Bei-spiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 zweites Bei-spiel: andere End-seite (Spitzen-endseite)
N=1 N=2 erstes Vergleichs-beispiel
N=1 N=2 N=3 erstes Referenz-beispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 erstes Referenz-beispiel: andere End-seite (Spitzen-endseite)

FIG. 6

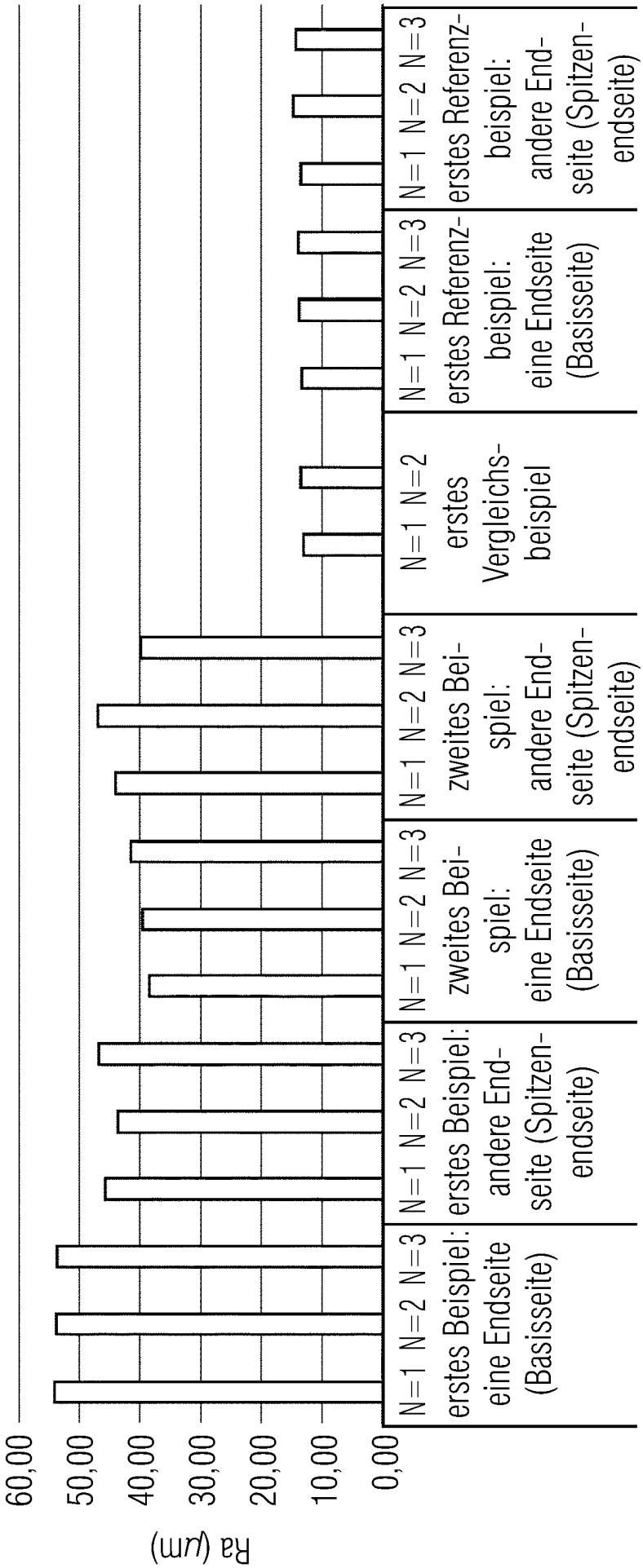

durchschnittliche Länge RSm eines rauen Kurvenelements
Ra (µm)
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
N=1 N=2 N=3 erstes Beispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 erstes Beispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)
N=1 N=2 N=3 zweites Beispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 zweites Beispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)
N=1 N=2 erstes Vergleichsbeispiel
N=1 N=2 N=3 erstes Referenzbeispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 erstes Referenzbeispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)

FIG. 7

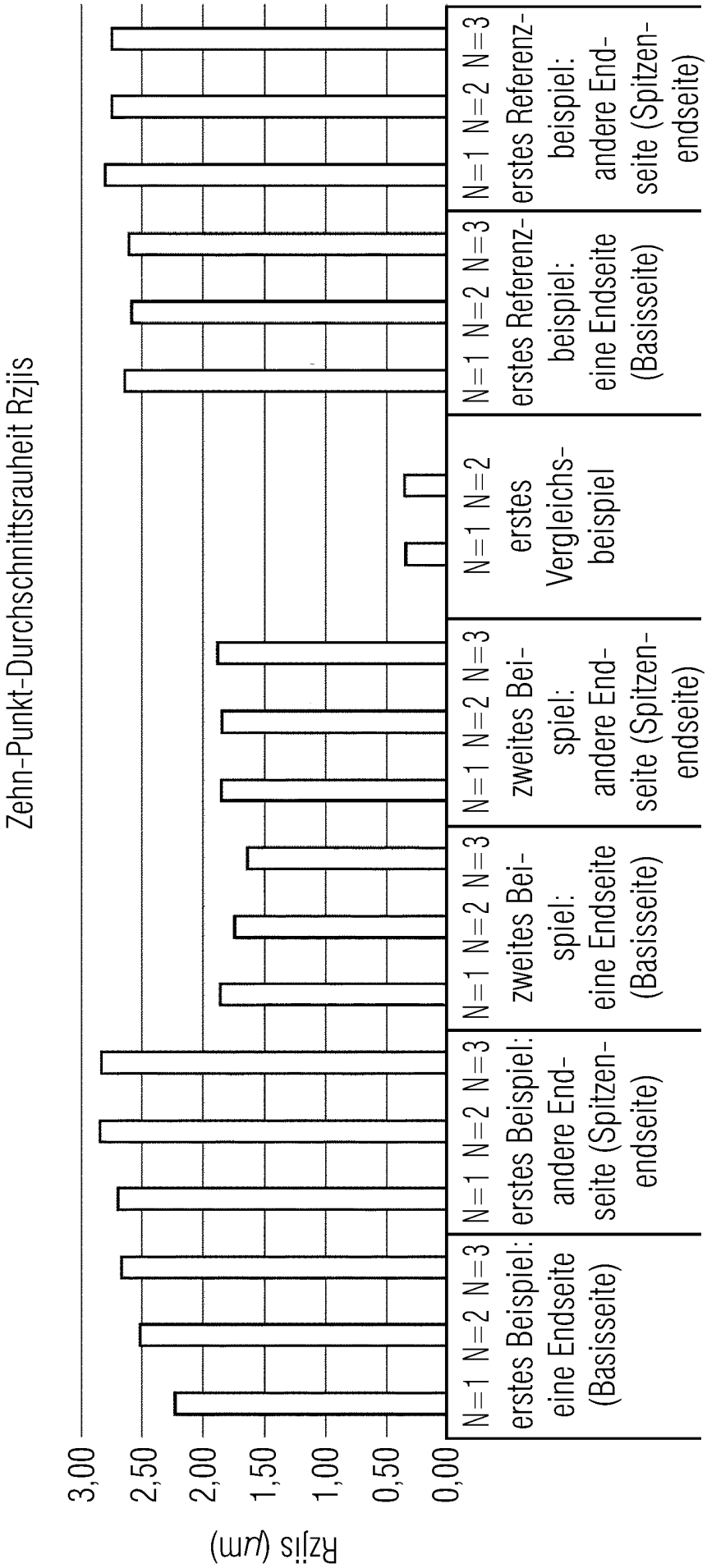

Zehn-Punkt-Durchschnittsrauheit Rzjis
Rzjis (µm)
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
N=1 N=2 N=3 erstes Beispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 erstes Beispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)
N=1 N=2 N=3 zweites Beispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 zweites Beispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)
N=1 N=2 erstes Vergleichsbeispiel
N=1 N=2 N=3 erstes Referenzbeispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 erstes Referenzbeispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)

FIG. 8

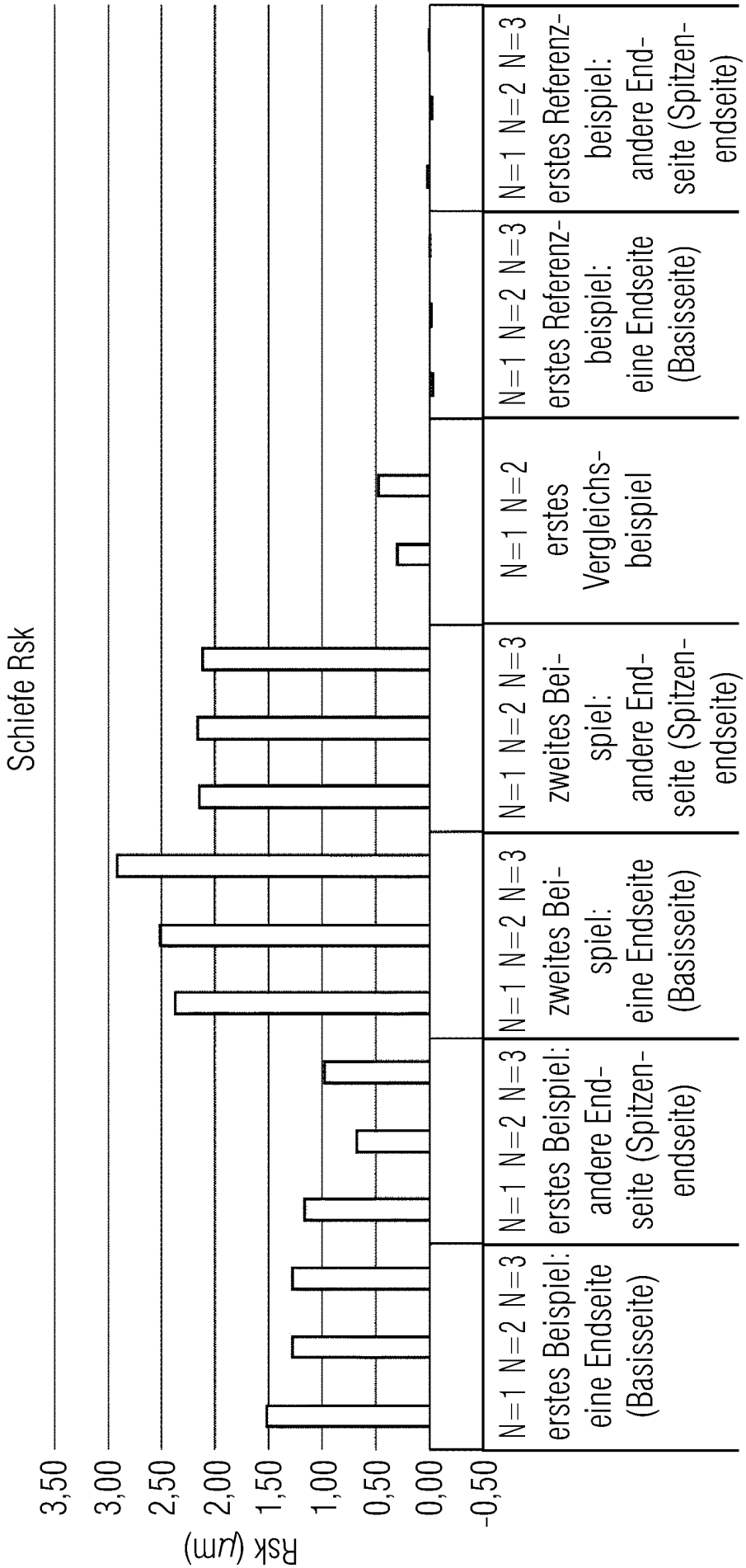

Schiefe Rsk
Rsk (µm)
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
-0,50
N=1 N=2 N=3 erstes Beispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 erstes Beispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)
N=1 N=2 N=3 zweites Beispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 zweites Beispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)
N=1 N=2 erstes Vergleichsbeispiel
N=1 N=2 N=3 erstes Referenzbeispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 erstes Referenzbeispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)

FIG. 9

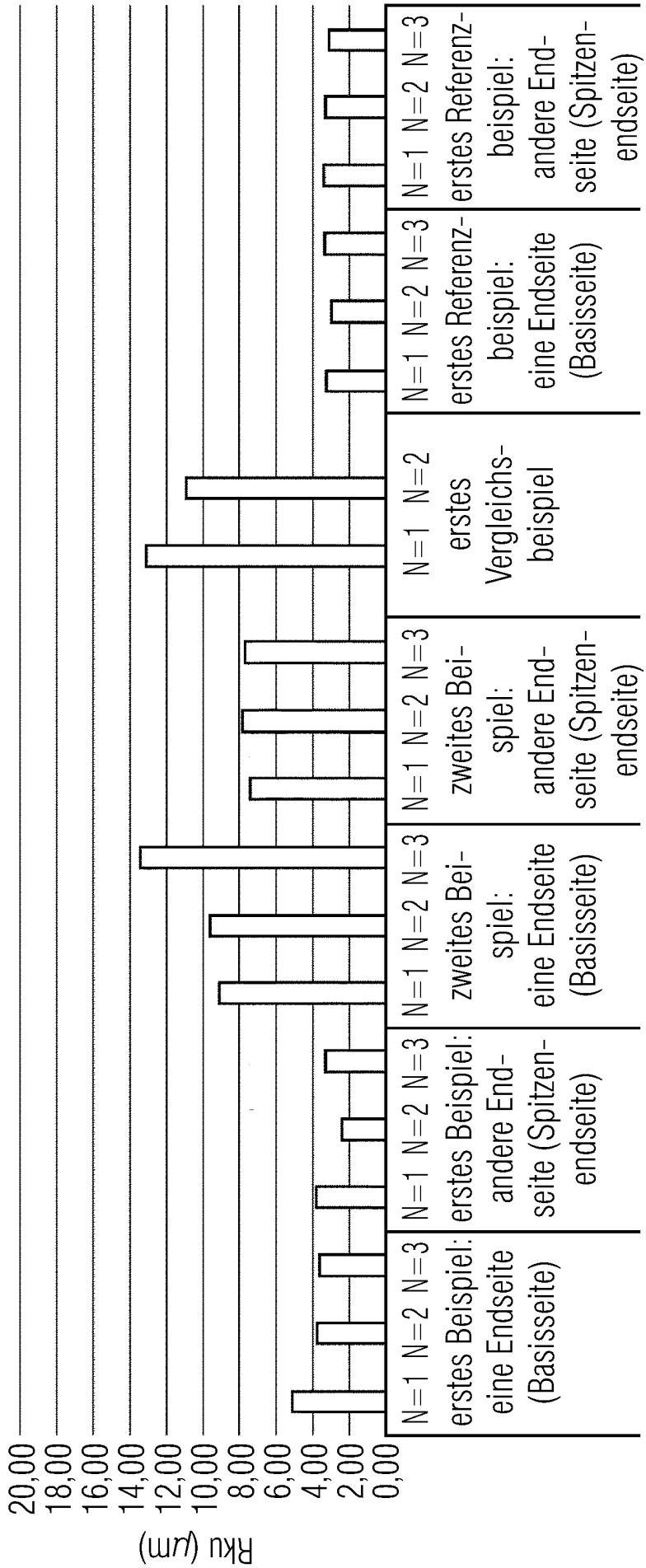

Kurtosis Rku
Rku (µm)
20,00
18,00
16,00
14,00
12,00
10,00
8,00
6,00
4,00
2,00
0,00
N=1 N=2 N=3 erstes Beispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 erstes Beispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)
N=1 N=2 N=3 zweites Beispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 zweites Beispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)
N=1 N=2 erstes Vergleichsbeispiel
N=1 N=2 N=3 erstes Referenzbeispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 erstes Referenzbeispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)

FIG. 10

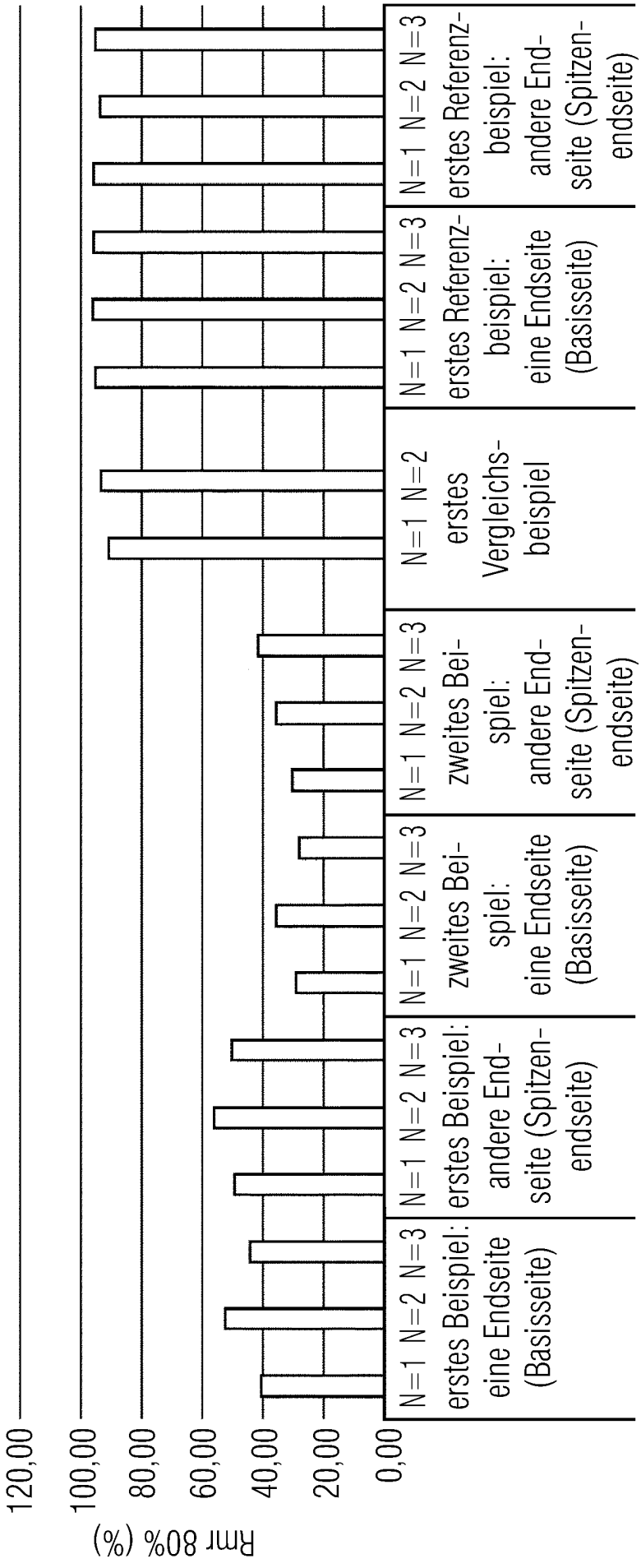

Lastlängenverhältnis Rmr 80% der rauen Kurve
Rmr 80% (%)
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
N=1 N=2 N=3 erstes Beispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 erstes Beispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)
N=1 N=2 N=3 zweites Beispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 zweites Beispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)
N=1 N=2 erstes Vergleichsbeispiel
N=1 N=2 N=3 erstes Referenzbeispiel: eine Endseite (Basisseite)
N=1 N=2 N=3 erstes Referenzbeispiel: andere Endseite (Spitzenendseite)

FIG. 11

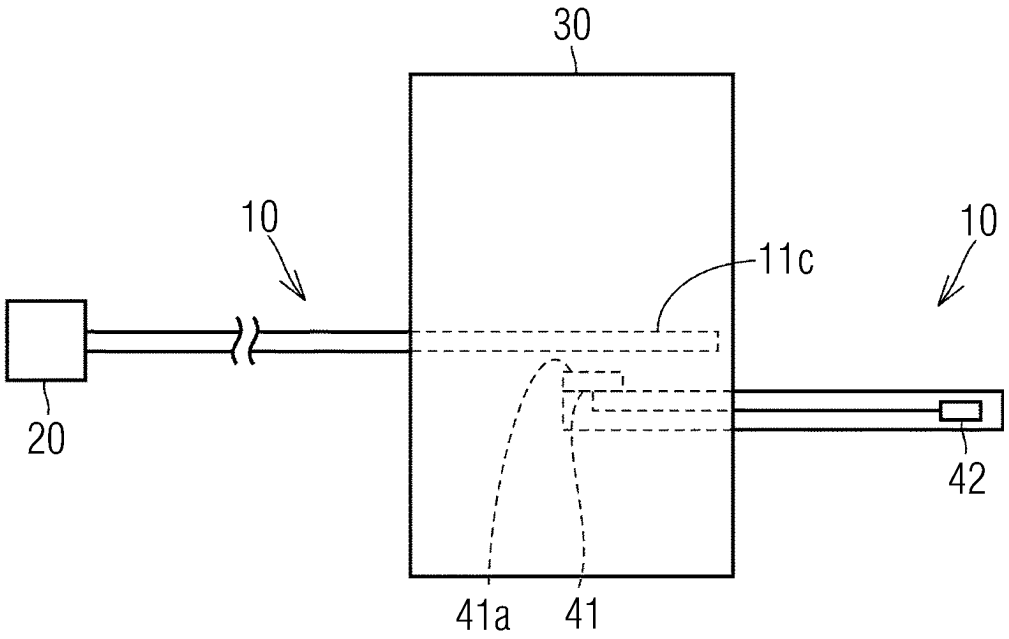


FIG. 12

	Evaluierung des vom Spitzenende emittierten Lichts			Evaluierung des lateral emittierten Lichts		
Proben-name	Strahlungsfluss (μW) des vom Spitzenende emittierten Lichts	Ausgabe (μW) der Licht-quelle	Verhältnis des vom Spitzenende emittier-ten Lichts zu dem von der Lichtquelle ausgegebenen Licht	laterale Messposition	Strahlungs-fluss (μW) des lateral emittierten Lichts	Strahlungsfluss (μW) des lateral emittierten Lichts/ Strahlungsfluss (μW) des vom Spitzenende emittierten Lichts (%)
erstes Vergleichs-beispiel	275	275	100%	Seite des einen Endes (Basis)	4,2	2%
				mittlere Seite	3,6	1%
				Seite des anderen Endes (Spitzenende)	2,7	1%
erstes Referenz-beispiel	122	275	44%	Seite des einen Endes (Basis)	19,5	16%
				mittlere Seite	5,1	4%
				Seite des anderen Endes (Spitzenende)	8,3	7%
erstes Beispiel	40	170	24%	Seite des einen Endes (Basis)	17,0	42%
				mittlere Seite	16,4	41%
				Seite des anderen Endes (Spitzenende)	9,6	24%
zweites Beispiel	45	126	36%	Seite des einen Endes (Basis)	5,1	11%
				mittlere Seite	4,1	9%
				Seite des anderen Endes (Spitzenende)	3,2	7%

FIG. 13

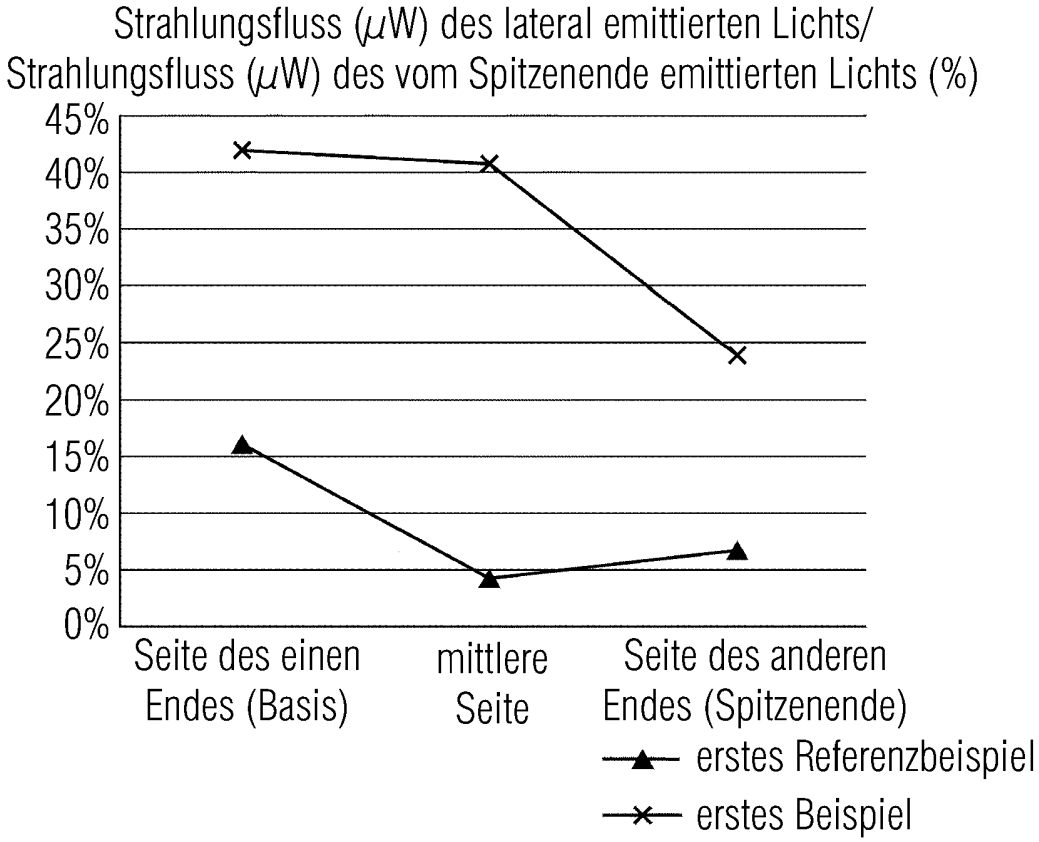


FIG. 14

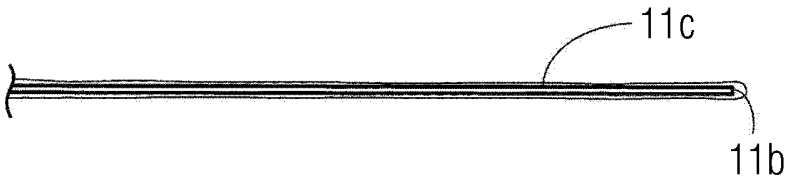


FIG. 15

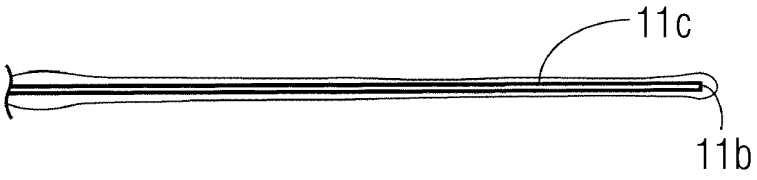


FIG. 16

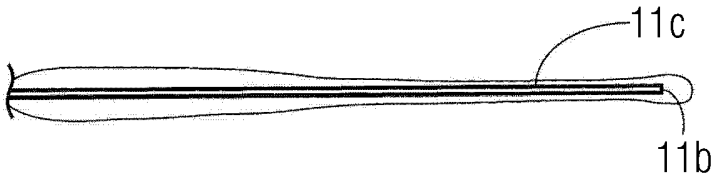


FIG. 17

Rauheitsmessung

Probenname	Identifizierung/Ort	Ra	Rsk	Rku	Rsm	Rmr	Rzjis
drittes Beispiel	Spitzenende	0,31	1,12	2,75	18,00	100	1,12
	Mitte	0,25	1,78	4,68	18,78	100	1,10
	Basis	0,25	1,33	4,54	18,57	100	1,05
viertes Beispiel	Spitzenende	0,37	0,35	1,83	18,07	100	1,37
	Mitte	0,38	0,50	1,98	17,97	100	1,39
	Basis	0,38	0,42	1,94	18,63	100	1,34

FIG. 18

	Evaluierung des vom Spitzenende emittierten Lichts			Evaluierung des lateral emittierten Lichts		
Proben-name	Strahlungs-fluss (μW) des vom Spitzen-ende emittierten Lichts	Ausgabe (μW) der Licht-quelle	Verhältnis des vom Spitzenende emittier-ten Lichts zu dem von der Lichtquelle ausgegebenen Licht	laterale Messposition	Strahlungs-fluss (μW) des lateral emittierten Lichts	Strahlungsfluss (μW) des lateral emittierten Lichts/ Strahlungsfluss (μW) des vom Spitzenende emittierten Lichts (%)
zweites Vergleichs-beispiel	412	412	100%	Seite des einen Endes (Basis)	5,4	1%
				mittlere Seite	1,3	0%
				Seite des anderen Endes (Spitzenende)	2,6	1%
drittes Beispiel	104	412	25%	Seite des einen Endes (Basis)	27,7	27%
				mittlere Seite	29,0	28%
				Seite des anderen Endes (Spitzenende)	25,0	24%

FIG. 19

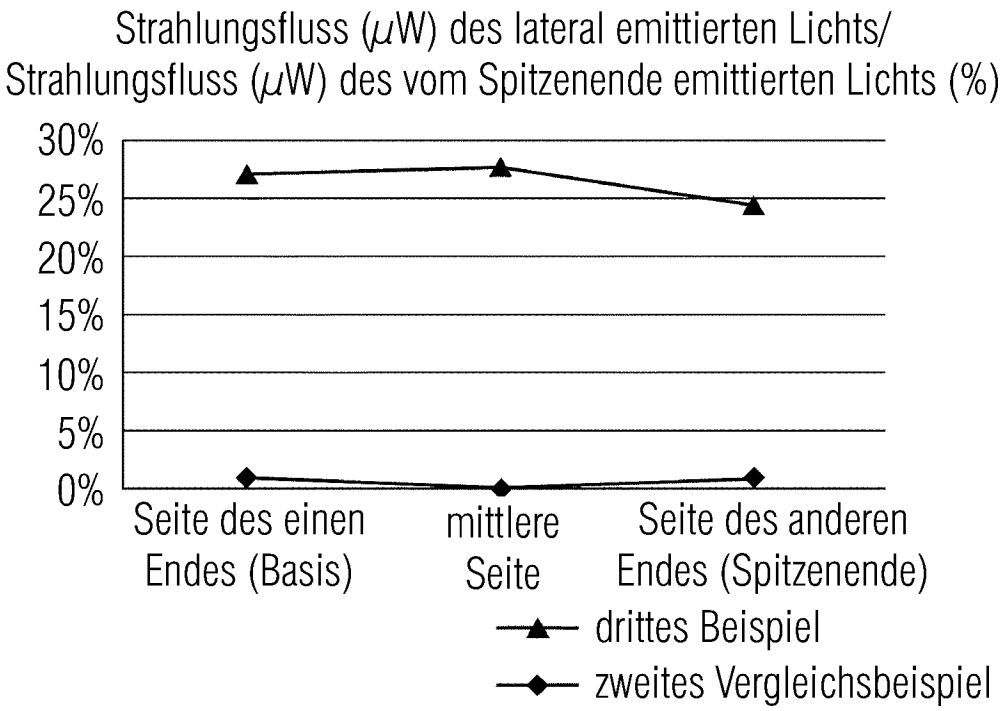

Strahlungsfluss (μW) des lateral emittierten Lichts/
Strahlungsfluss (μW) des vom Spitzenende emittierten Lichts (%)
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
Seite des einen Endes (Basis)
mittlere Seite
Seite des anderen Endes (Spitzenende)
drittes Beispiel
zweites Vergleichsbeispiel

FIG. 20

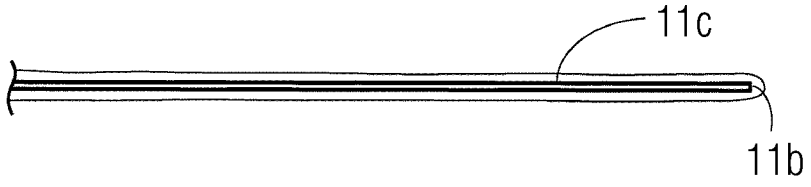
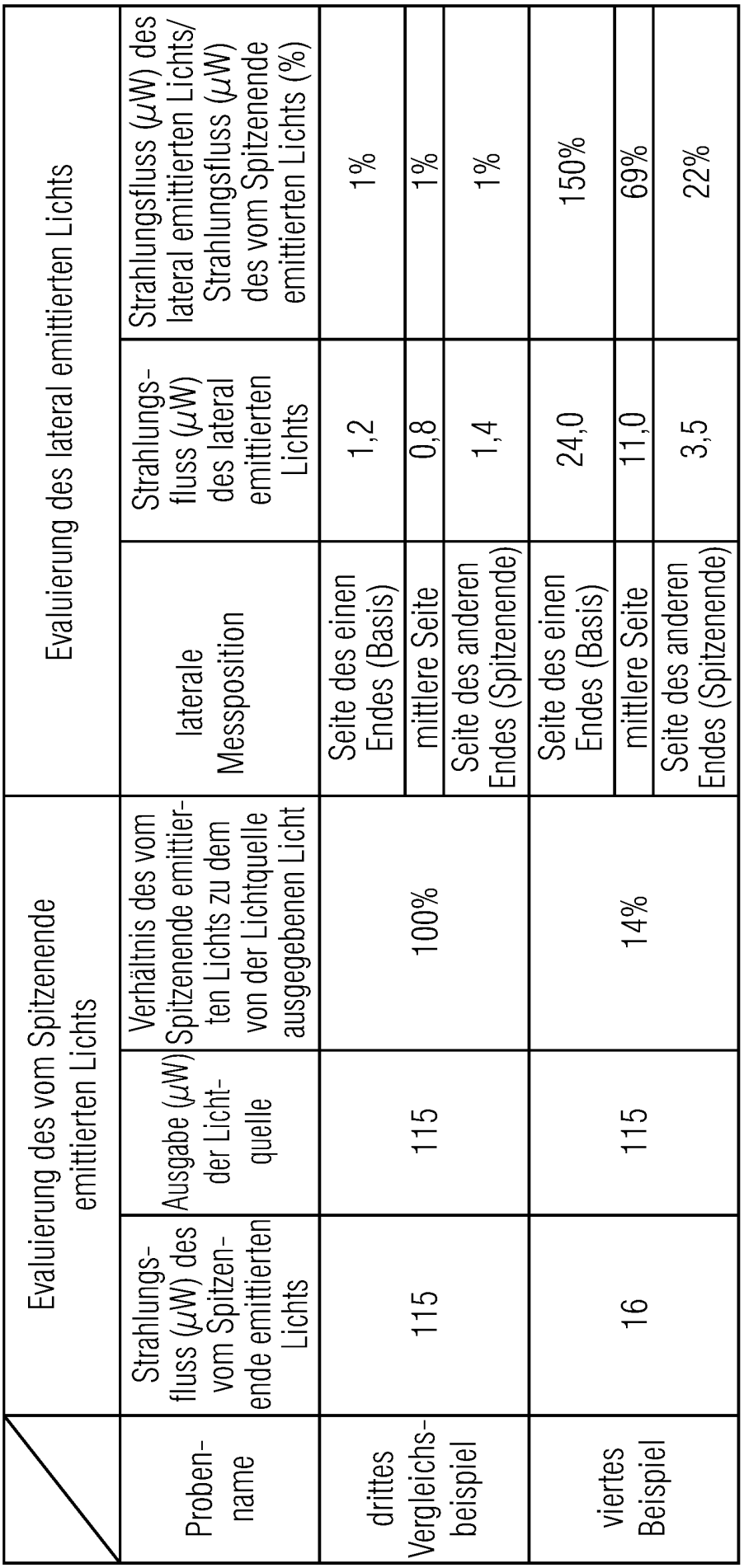

11c
11b

FIG. 21



	Evaluierung des vom Spitzenende emittierten Lichts			Evaluierung des lateral emittierten Lichts		
Proben-name	Strahlungs-fluss (μW) des vom Spitzen-ende emittierten Lichts	Ausgabe (μW) der Licht-quelle	Verhältnis des vom Spitzenende emittier-ten Lichts zu dem von der Lichtquelle ausgegebenen Licht	laterale Messposition	Strahlungs-fluss (μW) des lateral emittierten Lichts	Strahlungsfluss (μW) des lateral emittierten Lichts/ Strahlungsfluss (μW) des vom Spitzenende emittierten Lichts (%)
drittes Vergleichs-beispiel	115	115	100%	Seite des einen Endes (Basis)	1,2	1%
				mittlere Seite	0,8	1%
				Seite des anderen Endes (Spitzenende)	1,4	1%
viertes Beispiel	16	115	14%	Seite des einen Endes (Basis)	24,0	150%
				mittlere Seite	11,0	69%
				Seite des anderen Endes (Spitzenende)	3,5	22%

FIG. 22

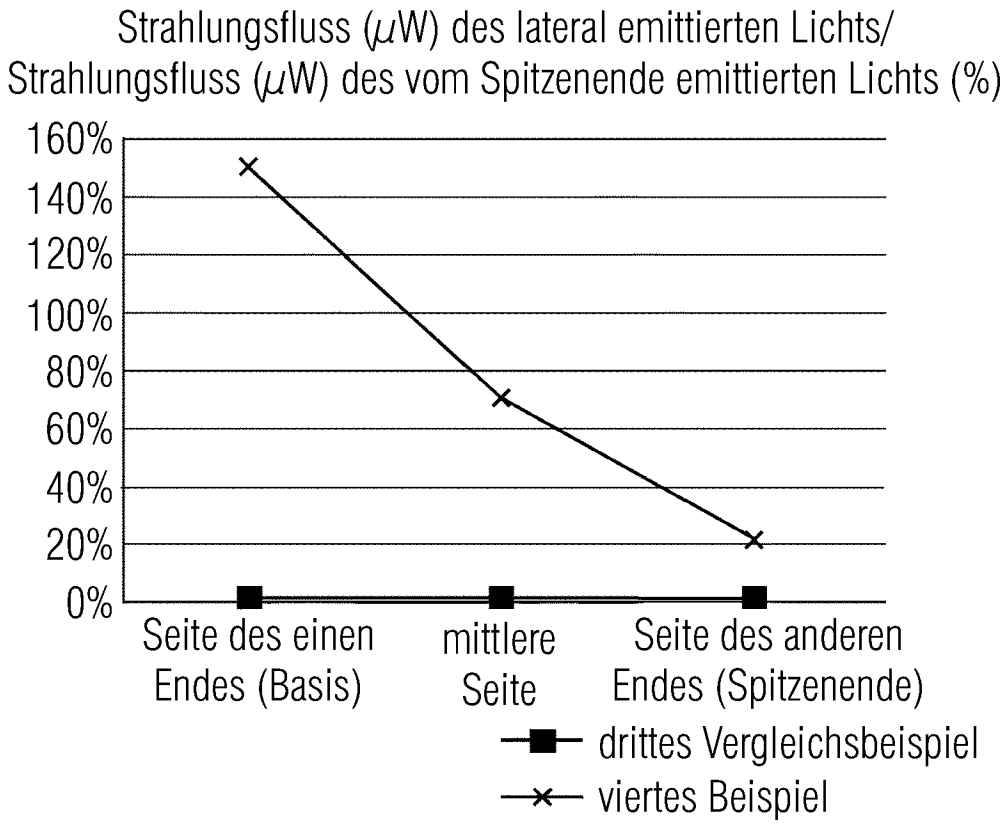

Strahlungsfluss (μW) des lateral emittierten Lichts/
Strahlungsfluss (μW) des vom Spitzenende emittierten Lichts (%)
160%
140%
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
Seite des einen Endes (Basis)
mittlere Seite
Seite des anderen Endes (Spitzenende)
drittes Vergleichsbeispiel
viertes Beispiel

FIG. 23

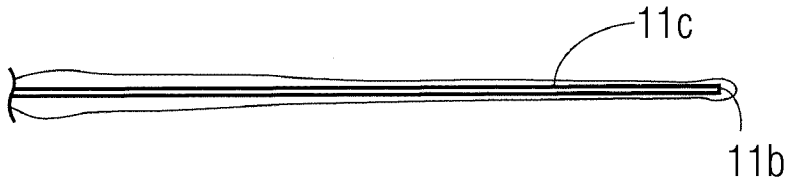

11c
11b

FIG. 24

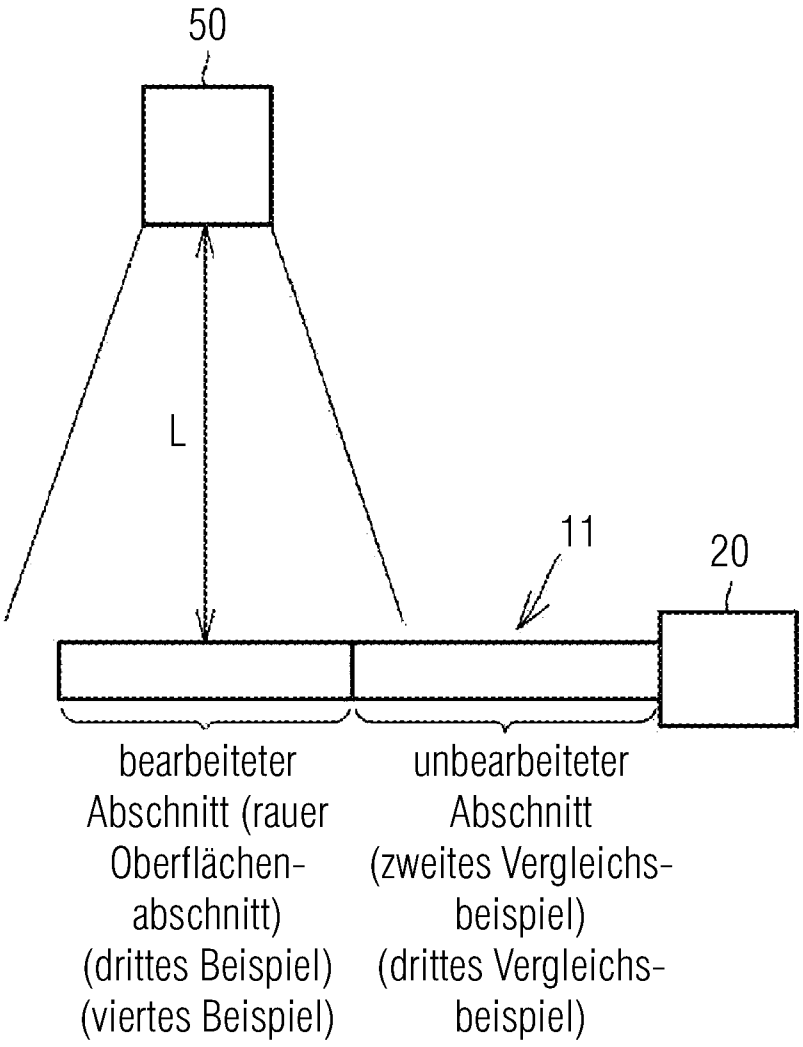

50
L
11
20
bearbeiteter Abschnitt (rauer Oberflächen-abschnitt) (drittes Beispiel) (viertes Beispiel)
unbearbeiteter Abschnitt (zweites Vergleichs-beispiel) (drittes Vergleichs-beispiel)

FIG. 25

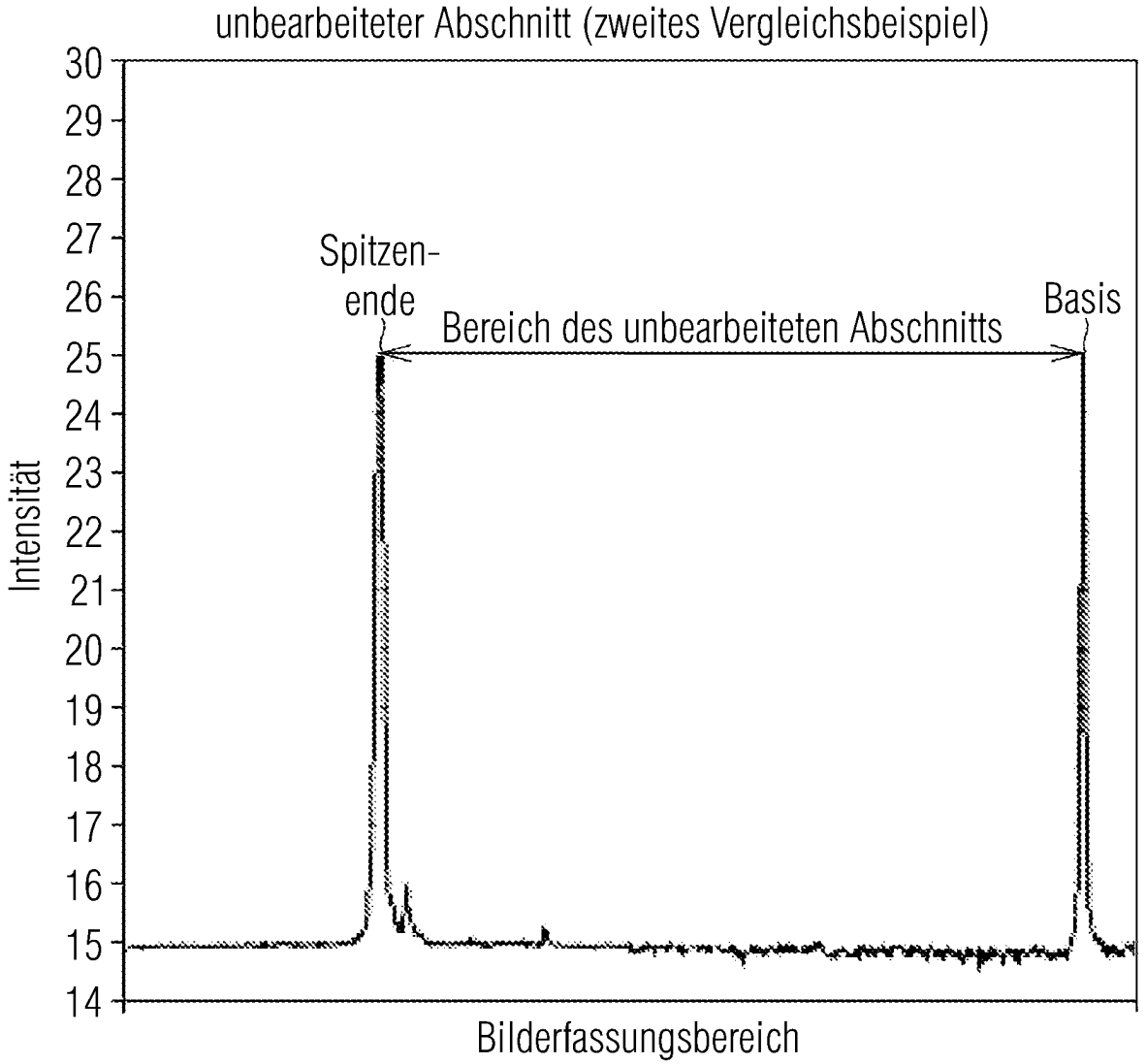

unbearbeiteter Abschnitt (zweites Vergleichsbeispiel)
Intensität
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
Spitzen-
ende
Bereich des unbearbeiteten Abschnitts
Basis
Bilderfassungsbereich

FIG. 26

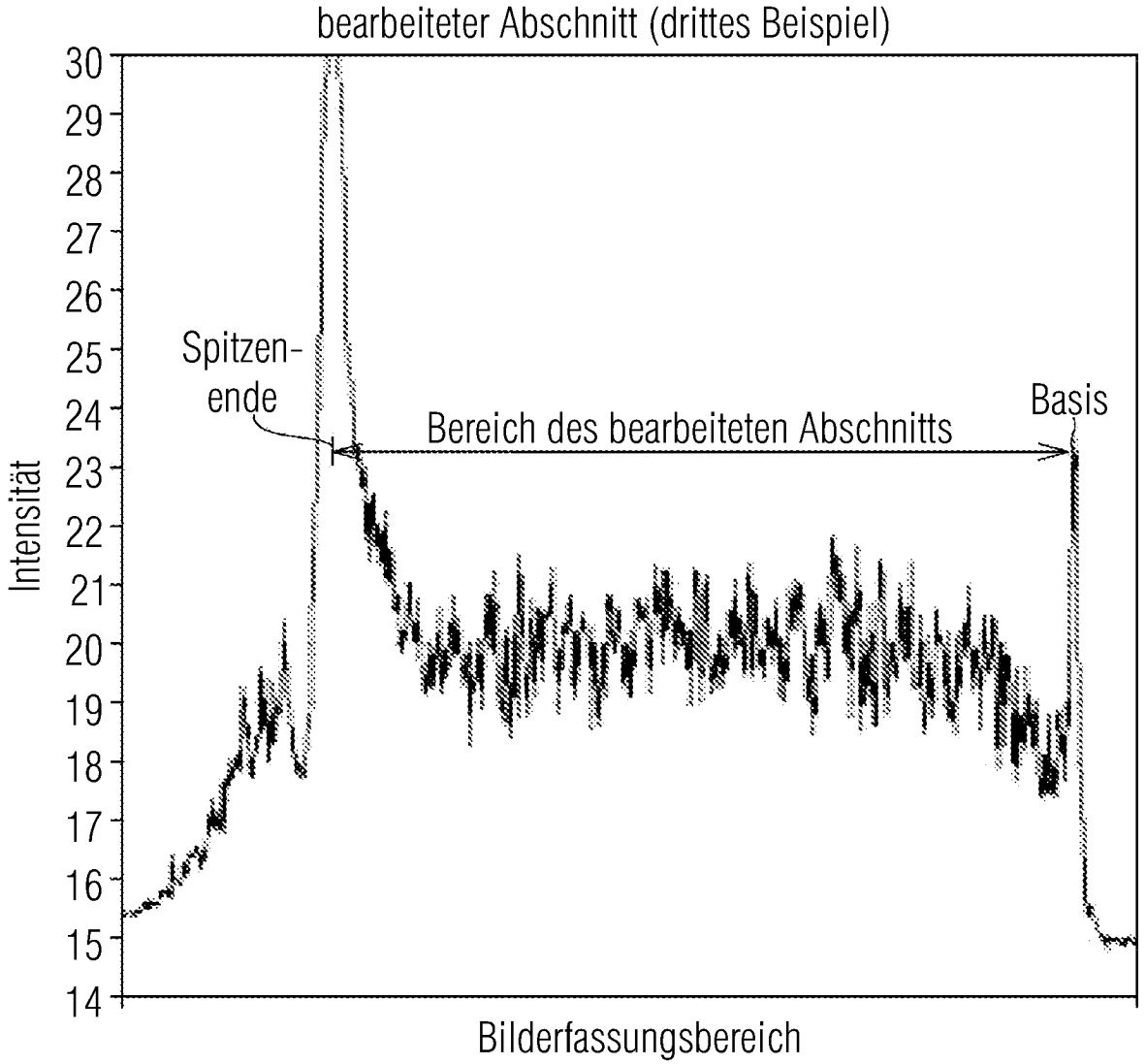

bearbeiteter Abschnitt (drittes Beispiel)
Intensität
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
Spitzen-
ende
Bereich des bearbeiteten Abschnitts
Basis
Bilderfassungsbereich

FIG. 27

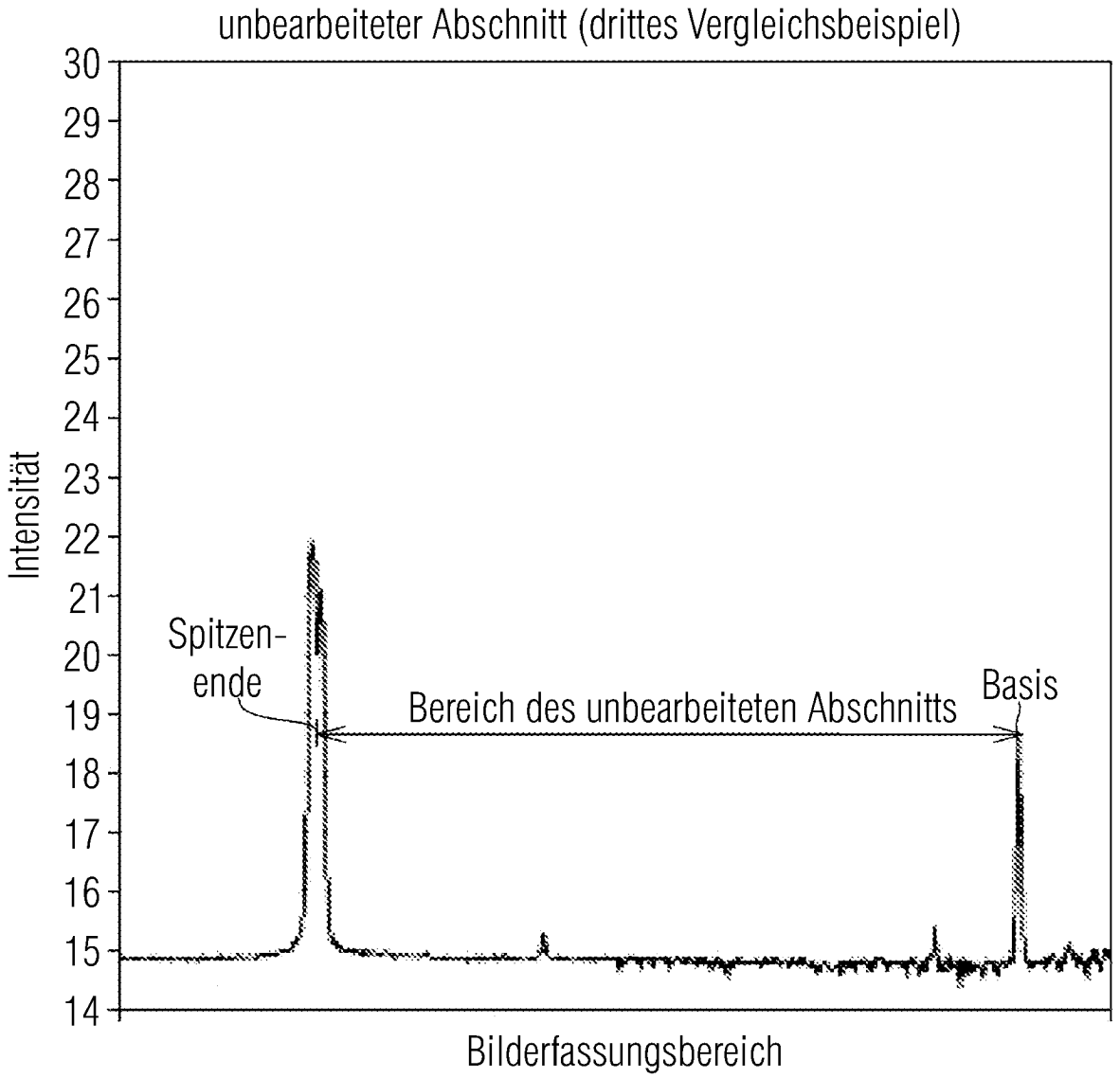

unbearbeiteter Abschnitt (drittes Vergleichsbeispiel)
Intensität
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
Spitzen-
ende
Bereich des unbearbeiteten Abschnitts
Basis
Bilderfassungsbereich

FIG. 28

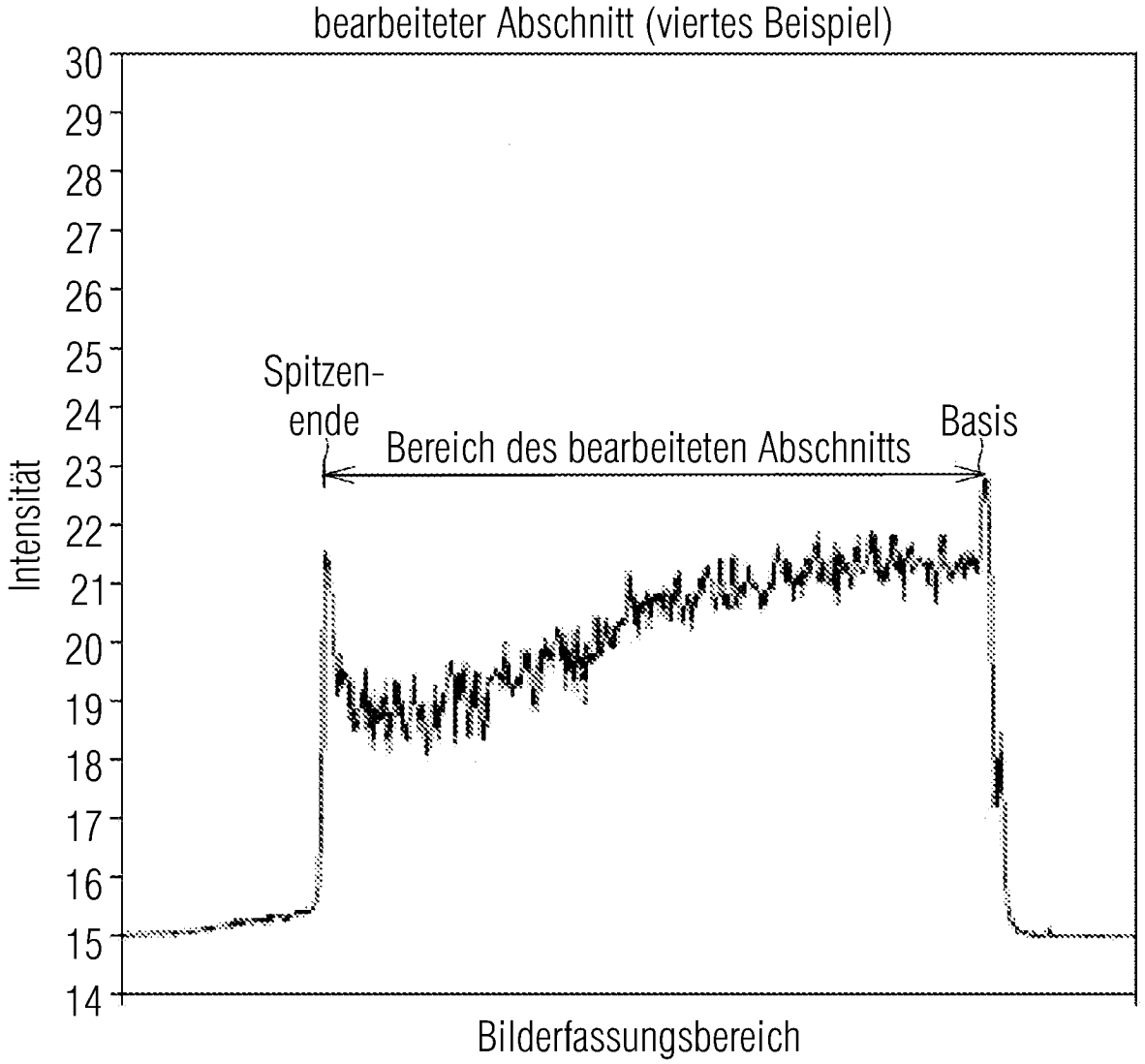


FIG. 29

 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.