

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 869/2009
(22) Anmeldetag: 04.06.2009
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2015

(51) Int. Cl.: **G02B 6/26** (2006.01)
B24B 19/22 (2006.01)
B24B 13/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 03000461 A1
DE 4020982 A1

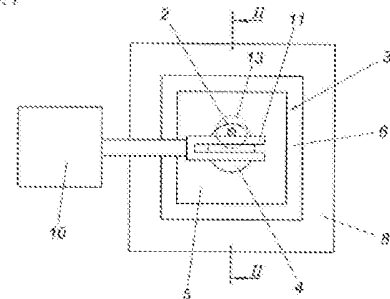
(73) Patentinhaber:
UNIVERSITÄT LINZ
4040 LINZ (AT)

(74) Vertreter:
HÜBSCHER H. DIPL.ING., HELLMICH K. W.
DIPL.ING.
LINZ

(54) VERFAHREN ZUM SCHLEIFEN EINER MIKROLINSE AM ENDE EINER OPTISCHEN FASER

(57) Es wird ein Verfahren zum Schleifen einer Mikrolinse am Ende (1) einer optischen Faser (2) beschrieben, wobei ein Schleifbelag (5) einer Schleifeinrichtung (3) gegenüber dem an den Schleifbelag (5) angestellten Ende (1) der optischen Faser (2) bewegt wird. Um vorteilhafte Schleifverhältnisse zu erreichen, wird vorgeschlagen, dass die optische Faser (2) mit ihrem zu schleifenden Ende (1) exzentrisch in eine Schleifausnehmung (4) des Schleifbelags (5) eingreift, die eine zur Ausnehmungsachse abfallende Umfangswand (12) bildet, und dass der Schleifbelag (4) parallel zu sich in einer Umlaufbahn (13) um das an die Umfangswand (12) der Schleifausnehmung (4) angestellte Ende (1) der optischen Faser (2) geführt wird.

FIG. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Schleifen einer Mikrolinse am Ende einer optischen Faser, wobei ein Schleifbelag einer Schleifeinrichtung gegenüber dem an den Schleifbelag angestellten Ende der optischen Faser bewegt wird, und auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Zum Schleifen von Mikrolinsen am Ende einer optischen Faser ist es bekannt (US 4 818 263 A), eine um eine Achse drehende Scheibe mit einem Schleifbelag vorzusehen, an den das zu schleifende Ende der Mikrofaser angestellt wird. Zu diesem Zweck wird die Mikrofaser in einer rohrförmigen Halterung geführt, deren Führungsende unter einem dem Schleifwinkel entsprechenden Anstellwinkel gegenüber der Schleifscheibe geneigt ist. Um ein einseitiges Anschleifen des Faserendes zu vermeiden, muss die optische Faser zusätzlich um ihre Achse gedreht werden, sodass sie zusätzlich an einen entsprechenden Motor angeschlossen werden muss. Nachteilig bei dieser bekannten Vorrichtung ist vor allem, dass aufgrund der beim Schleifen auftretenden Querkräfte mit einer Biegung des zu schleifenden Faserendes gerechnet werden muss, was nicht nur das genaue Einhalten der Schleifwinkel erschwert, sondern auch eine praktisch nicht überwachbare Belastung der optischen Faser im Bereich des zu schleifenden Endes durch die Schleifkräfte mit sich bringt, sodass das Schleifen von kleineren Mikrolinsen, beispielsweise mit einem Radius kleiner $3\ \mu\text{m}$, kaum möglich ist. Die beim Schleifen der Mikrolinse angeregten Schwingungen des Faserendes können zwar über die Faserführung mit Hilfe eines Kontaktmikrofons erfasst werden, doch dient die Überwachung dieser Schwingungen lediglich zur Anzeige des Schleiffortschritts, weil davon ausgegangen wird, dass die Schwingungsanregung sich nicht mehr ändert, wenn das zu schleifende Faserende seine endgültige Konusform erreicht hat.

[0003] Zum Schleifen des stirnseitigen Endes eines optischen Leiters, der aus einer optischen Kernfaser und einem die Kernfaser umgebenden Mantel besteht, ist es außerdem bekannt (WO 03/000461 A1), eine Schleifscheibe mit einem umlaufenden Schleifprofil einzusetzen, das dem Querschnittprofil des zu schleifenden Endes des optischen Leiters entspricht. Um nicht nur ein Querschnittprofil zu schleifen, wird die rotierende Schleifscheibe zusätzlich um die Achse des optischen Leiters gedreht. Das Schleifverfahren kann dabei vorteilhaft in zwei Schritten durchgeführt werden, indem zunächst der optische Leiter gegenüber der Symmetrieachse des Schleifprofils soweit versetzt an die Schleifscheibe angestellt wird, dass lediglich der die Kernfaser umschließende Mantel, nicht aber die optische Kernfaser geschliffen wird. Erst in einem darauffolgenden Schritt wird die optische Kernfaser bei einer nunmehr symmetrischen Anstellung des Leiters an das Schleifprofil schonend geschliffen. Durch solche Schleifverfahren lassen sich allerdings die beim Schleifen von Mikrolinsen bei optischen Fasern ohne Mantel auftretenden Schwierigkeiten nicht vermeiden.

[0004] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs geschilderten Art so auszugestalten, dass vergleichsweise kleine Mikrolinsen, wie sie sich insbesondere an einem konisch zulaufenden Ende einer optischen Faser anbieten, mit geringen Herstellungstoleranzen und einer für die optische Wirkung vorteilhaften Oberfläche geschliffen werden können.

[0005] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass die optische Faser mit ihrem zu schleifenden Ende exzentrisch in eine Schleifausnehmung des Schleifbelags eingreift, die eine zur Ausnehmungsachse abfallende Umfangswand bildet, und dass der Schleifbelag parallel zu sich in einer Umlaufbahn um das an die Umfangswand der Schleifausnehmung angestellte Ende der optischen Faser geführt wird.

[0006] Zufolge der Bewegung des Schleifbelags parallel zu sich selbst entlang einer Umlaufbahn um das an die abfallende Umfangswand der Schleifausnehmung angestellte Ende der exzentrisch in diese Schleifausnehmung eingreifenden optischen Faser werden vorteilhafte Voraussetzungen geschaffen, um den Schleifvorgang mit vergleichsweise geringen, steuerbaren Schleifkräften durchzuführen, sodass bei einer entsprechenden Überwachung der Schleif-

kräfte auch optische Fasern im Bereich ihres sich konisch verjüngenden Endes mit Mikrolinsen versehen werden können, ohne eine Überlastung des konischen Faserendes befürchten zu müssen. Die Überwachung der Schleifkräfte kann dabei über die optische Faser als Messspitze vergleichsweise einfach vorgenommen werden, sodass es ohne weiteres gelingt, Mikrolinsen mit einem Radius kleiner als 1 μm herzustellen.

[0007] Die Erfindung geht also von der Erkenntnis aus, dass nur dann vorteilhafte Schleifbedingungen für das Herstellen von Mikrolinsen sichergestellt werden können, wenn die Schleifkräfte überwacht und die Schleifeinrichtung in Abhängigkeit von den Schleifkräften so angesteuert wird, dass vorgebbare Schleifverhältnisse eingehalten werden können. Zu diesem Zweck kann eine Vorrichtung vorgesehen werden, die sich auszeichnet, dass der Schleifbelag der Schleifeinrichtung eine Schleifausnehmung mit einer zur Ausnehmungsachse abfallenden Umfangswand formt, dass der Schleifbelag parallel zu sich in einer Umlaufbahn um das exzentrisch in die Schleifausnehmung eingreifende Ende der optischen Faser mit Hilfe eines piezoelektrischen Antriebs antreibbar ist, dass die optische Faser eine mit einem Oszillator verbundene Messspitze eines elektromechanischen Resonanzsensors bildet und dass die Steuereinrichtung den piezoelektrischen Antrieb in Abhängigkeit von der Verstimmung des Resonanzsensors ansteuert. Mit Hilfe des elektromechanischen Resonanzsensors können die am Ende der optischen Faser auftretenden Schleifkräfte unmittelbar erfasst und für die Steuerung des Schleifantriebs ausgewertet werden, weil die auftretenden Schleifkräfte eine Dämpfung der Resonanzschwingungen des Resonanzsensors bewirken und daher die Verstimmung des Resonanzsensors zur feinfühligsten Steuerung der Schleifeinrichtung ausgewertet werden kann. Da weder die optische Faser noch die Schleifeinrichtung gedreht wird, sondern der Schleifbelag der Schleifeinrichtung lediglich in einer Umlaufbahn um das zu schleifende Ende der Faser parallel zu sich selbst geführt wird, liegen vergleichsweise einfache Belastungsverhältnisse vor, auf die über einen piezoelektrischen Antrieb für die Umlaufbewegung der Schleifeinrichtung entsprechend Einfluss genommen werden kann. Bei einer Annäherung des zu schleifenden Faserendes an die Umfangswand der Schleifausnehmung im Nanobereich wird der Resonanzsensor mit der optischen Faser als Messspitze verstimmt, sodass die Anstellung der optischen Faser und/oder die Umlaufbahn der Schleifeinrichtung in Abhängigkeit von der ausgewerteten Verstimmung des Resonanzsensors so gesteuert werden können, dass vorgegebene Schleifkräfte als Voraussetzung für einen optisch vorteilhaften Mikrolinsenschliff eingehalten werden können.

[0008] Besonders günstige Schleifbedingungen ergeben sich, wenn der piezoelektrische Antrieb den Schleifbelag der Schleifeinrichtung zusätzlich in Richtung der Achse der Schleifausnehmung antreibt, weil dadurch der Schleifvorgang unterstützt und die Schleifgeschwindigkeit erhöht werden kann, ohne die durchschnittlichen Schleifkräfte zu vergrößern.

[0009] Der Oszillator der Schleifeinrichtung kann vorzugsweise als gabelförmiger Schwingquarz ausgebildet werden, der mit der optischen Faser verbunden ist, in dem die optische Faser beispielsweise mit geringem radialen Druck an den Schwingquarz angedrückt gehalten wird, um eine für den Resonanzsensor gute Schwingungskopplung zwischen der optischen Faser und dem Schwingquarz zu erreichen. Da der Resonanzsensor mit dem Cantilever eines Rasterkraftmikroskops vergleichbar ist, kann dieser Resonanzsensor auch als Teil eines Rasterkraftmikroskops zur Erfassung der Form der Schleifausnehmung dienen, was im Hinblick auf die Überwachung der Form der zu schleifenden Mikrolinse von wesentlicher Bedeutung ist.

[0010] In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise dargestellt. Es zeigen

- [0011]** Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Schleifen einer Mikrolinse am Ende einer optischen Faser in einer schematischen Draufsicht,
- [0012]** Fig. 2 diese Vorrichtung in einem vereinfachten Schnitt nach der Linie II-II der Fig. 1 in einem kleineren Maßstab und
- [0013]** Fig. 3 die Schleifeinrichtung mit dem zu schleifenden Ende der optischen Faser im Bereich der Schleifausnehmung in einem Axialschnitt in einem größeren Maßstab.

[0014] Die dargestellte Vorrichtung zum Schleifen einer Mikrolinse am Ende 1 einer optischen Faser 2 weist eine Schleifeinrichtung 3 auf, die durch einen mit einer Schleifausnehmung 4 versehenen Schleifbelag 5 und einen piezoelektrischen Antrieb 6 gebildet wird, der den Schleifbelag 5 zumindest in zwei Achsen verlagern kann, die in einer zur Achse der Schleifausnehmung 4 senkrechten Ebene liegen. Vorzugsweise wird der Schleifbelag 5 über den piezoelektrischen Antrieb 6 zusätzlich in Richtung der Achse der Schleifausnehmung 4 schwingend angetrieben. Zum Anstellen der Schleifeinrichtung 3 an die von einer Halterung 7 aufgenommene optische Faser 2 dient ein schematisch angedeuteter Stellmotor 8, der eine Verlagerung in drei Achsen erlaubt. Zur genauen Ausrichtung der optischen Faser 2 gegenüber der Schleifausnehmung 4 der Schleifeinrichtung 3 sind digitale Mikroskope 9 vorgesehen, die in Richtung der Achse der optischen Faser 2 und senkrecht dazu ausgerichtet sind, wie dies in der Fig. 2 angedeutet ist.

[0015] Die optische Faser 2 ist Teil eines Resonanzsensors 10, der einen Oszillator in Form eines gabelförmigen Schwingquarzes 11 umfasst, der über den Resonanzsensor 10 zu freien Resonanzschwingungen, beispielsweise mit einer Frequenz von 32,768 kHz, angeregt wird. Die optische Faser 2 wird in der Halterung 7 so geführt, dass sie zur Schwingungskopplung mit geringem Druck am gabelförmigen Schwingquarz 11 anliegt. Wird das zu schleifende Ende der optischen Faser 2 an die Umfangswand 12 der Schleifausnehmung 4 (Fig. 3) bis auf wenige Nanometer herangeführt, so wird die Resonanzfrequenz des Resonanzsensors 10 aufgrund der Schub- und Reibungskräfte gedämpft. Die dadurch bedingte Verstimmung des Resonanzsensors 10 wird vorteilhaft dazu benützt, den piezoelektrischen Antrieb 6 der Schleifeinrichtung 3 so anzusteuern, dass die vorgegebenen Schleifkräfte eingehalten werden können. Der piezoelektrische Antrieb 6 verlagert den Schleifbelag 5 in einer Umlaufbewegung um das zu schleifende Ende 1 der optischen Faser 2. Die Umlaufbahn 13 ist in der Fig. 1 strichpunktiert angedeutet. Der sich im Wesentlichen entlang einer Erzeugenden der Umfangswand 12 erstreckende Schleifbereich verlagert sich somit mit der Verschiebung des Schleifbelags 5 entlang der Umlaufbahn 13 um das zu schleifende Ende 1 der optischen Faser 2, wobei die wirksamen Reib- und Schubkräfte über den durch die optische Faser 2 und den Oszillator gebildeten elektromechanischen Resonanzsensor 10 erfasst werden, um damit eine Steuereinrichtung 14 zu beaufschlagen, über die der piezoelektrische Antrieb 6 so angesteuert wird, dass die vorgegebenen Schleifbedingungen sicher eingehalten werden.

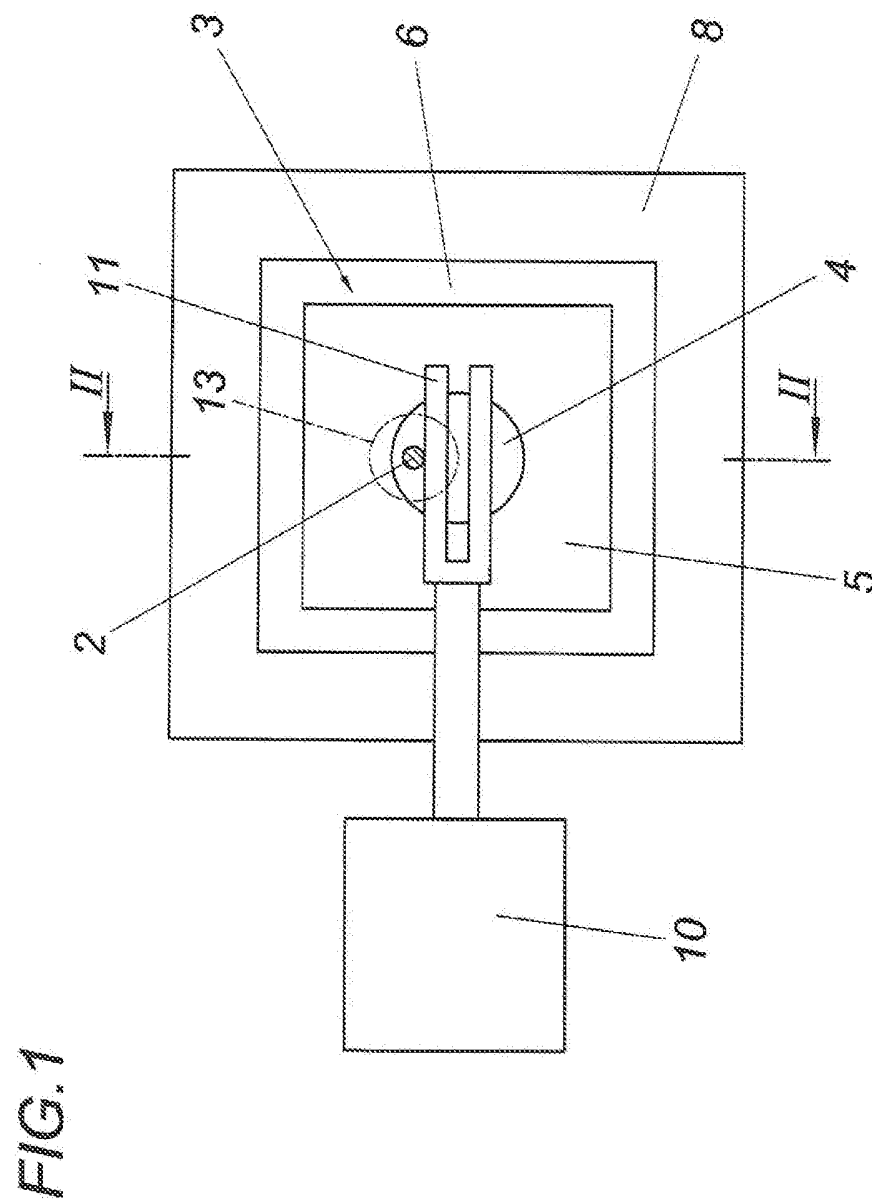
[0016] Wie der Fig. 3 entnommen werden kann, wird üblicherweise eine konische Schleifausnehmung 4 im Schleifbelag 5 ausgebildet sein, wobei der Öffnungswinkel des Kegels maßgebend für die Schlieffläche des Faserendes 1 ist. Die Kegelform der Schleifausnehmung ist jedoch nicht zwingend. Durch das Bearbeiten mit Hilfe von zwei oder mehr Schleifausnehmungen 4 mit unterschiedlichem Öffnungswinkel der kegelförmigen Umfangswand 12 können somit Mikrolinsen unterschiedlicher Form hergestellt werden. Wegen der Erfassung und Regelung der Schleifkräfte kann die Belastung des zu schleifenden Endes 1 der optischen Faser 2 beschränkt werden, was eine wesentliche Voraussetzung für den Einsatz von sich konisch verjüngenden Enden 1 der optischen Faser 2 ist. Damit lassen sich Mikrolinsen herstellen, die optisch besonders wirksam sind, zumal aufgrund der beschränkten Schleifkräfte eine hohe Oberflächenqualität sichergestellt werden kann. Der Krümmungsradius der Mikrolinsen kann somit unter 1 μm verringert werden.

[0017] Der Resonanzsensor 10 kann vorteilhaft auch als Sensor für ein Rasterkraftmikroskop verwendet werden, wodurch es gelingt, die jeweilige Schleifausnehmung 4 in ihrer tatsächlichen geometrischen Form zu erfassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schleifen einer Mikrolinse am Ende einer optischen Faser, wobei ein Schleifbelag einer Schleifeinrichtung gegenüber dem an den Schleifbelag angestellten Ende der optischen Faser bewegt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Faser (2) mit ihrem zu schleifenden Ende (1) exzentrisch in eine Schleifausnehmung (4) des Schleifbelags (5) eingreift, die eine zur Ausnehmungsachse abfallende Umfangswand (12) bildet, und dass der Schleifbelag (4) parallel zu sich in einer Umlaufbahn (13) um das an die Umfangswand (12) der Schleifausnehmung (4) angestellte Ende (1) der optischen Faser (2) geführt wird.
2. Vorrichtung zum Schleifen einer Mikrolinse am Ende einer optischen Faser mit einer einen Schleifbelag aufweisenden Schleifeinrichtung und mit einer Steuereinrichtung für einen Schleifantrieb, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schleifbelag (5) der Schleifeinrichtung (3) eine Schleifausnehmung (4) mit einer zur Ausnehmungsachse abfallenden Umfangswand (12) formt, dass der Schleifbelag (5) parallel zu sich in einer Umlaufbahn (13) um das exzentrisch in die Schleifausnehmung (4) eingreifende Ende (1) der optischen Faser (2) mit Hilfe eines piezoelektrischen Antriebs (6) antreibbar ist, dass die optische Faser (2) eine mit einem Oszillator verbundene Messspitze eines elektromechanischen Resonanzsensors (10) bildet und dass die Steuereinrichtung (14) den piezoelektrischen Antrieb (6) in Abhängigkeit von der Verstimmung des Resonanzsensors (10) ansteuert.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der piezoelektrische Antrieb (6) den Schleifbelag (5) der Schleifeinrichtung (3) zusätzlich in Richtung der Achse der Schleifausnehmung (4) schwingend antreibt.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Oszillator des Resonanzsensors (10) als gabelförmiger Schwingquarz (11) ausgebildet ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen



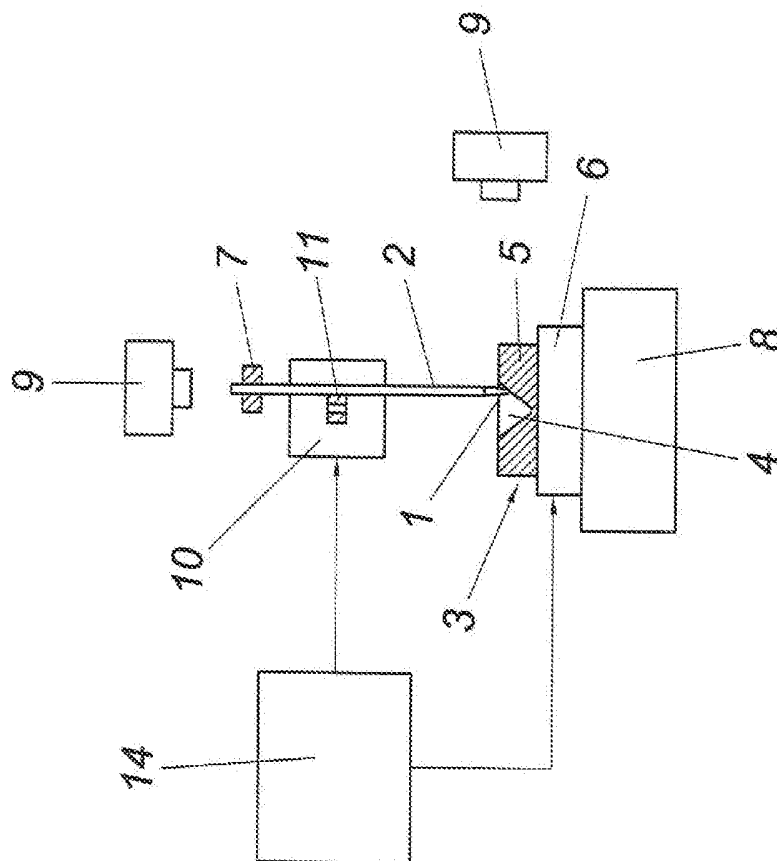


FIG.2

FIG.3

