



(10) **DE 10 2013 006 636 B4** 2019.02.21

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 006 636.0**
(22) Anmeldetag: **18.04.2013**
(43) Offenlegungstag: **23.10.2014**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.02.2019**

(51) Int Cl.: **A61C 19/04 (2006.01)**

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

(73) Patentinhaber:
Dürr Dental SE, 74321 Bietigheim-Bissingen, DE

(74) Vertreter:
**Ostertag & Partner, Patentanwälte mbB, 70597
Stuttgart, DE**

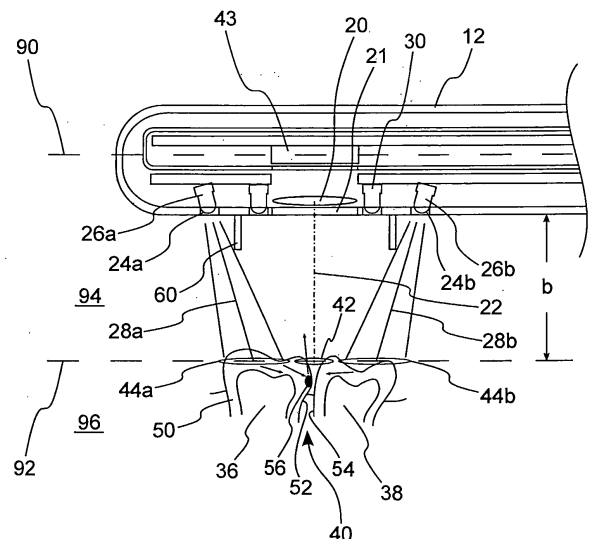
(72) Erfinder:
**Gebhardt, Herbert, 74936 Siegelsbach, DE; Lais,
Peter, 74391 Erligheim, DE; Maier, Raimund,
71732 Tamm, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2004 024 494	A1
DE	10 2007 046 228	A1
DE	10 2009 017 819	A1
DE	10 2010 043 796	A1
US	2007 / 0 134 615	A1
US	2010 / 0 279 248	A1

(54) Bezeichnung: **Dentalkamera zur Kariesdetektion**

(57) Hauptanspruch: Kamerakopf (12) einer transilluminierenden Dentalkamera (10) zur Kariesdetektion in einem Zahnzwischenraum (40), wobei der Kamerakopf (12)
a) eine Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b), die mindestens eine Infrarot-Lichtquelle (26a, 26b) zur Erzeugung von Infrarotlicht umfasst, und
b) eine Optik (20) aufweist, die eine Bildebene (90) und eine Objektebene (92) hat, wobei
- in der Bildebene (90) ein Bildwandler (43) zum Erfassen von rückgestreutem Infrarotlicht liegt und
- die Objektebene (92) den Raum in zwei Halbräume (94, 96) unterteilt, wobei ein erster Halbraum (94) die Optik (20) beinhaltet und von der Optik (20) aus gesehen vor der Objektebene (92) liegt und ein zweiter Halbraum (96) von der Optik (20) aus gesehen hinter der Objektebene (92) liegt, dadurch gekennzeichnet, dass
c) die Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) und die Optik (20) derart ausgestaltet und zueinander angeordnet sind, dass die Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) im ersten Halbraum (94) angeordnet ist und aus der Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) austretendes Infrarotlicht in Richtung des zweiten Halbraumes (96) gerichtet ist.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Dentalkamerakopf zur Kariesdetektion in einem Zahnzwischenraum sowie eine Dentalkamera mit einem solchen Kamerakopf.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Dentalkameras werden in der Zahnmedizin für Aufnahmen des Mundes, insbesondere des Mundinnenraumes und der darin angeordneten Zähne, verwendet. Die entstehenden Darstellungen kann der behandelnde Arzt zum Zwecke der Diagnose oder zur Besprechung von Behandlungsmöglichkeiten mit dem Patienten auf einem Anzeigegerät anzeigen lassen. Eine solche Dentalkamera ist beispielsweise aus der DE 10 2009 017 819 A1 bekannt.

[0003] Des Weiteren sind Dentalkameras bekannt, die über eine konventionelle abbildende Funktion hinaus weitere diagnostische Möglichkeiten, wie beispielsweise die Kariesdetektion, eröffnen.

[0004] So ist aus der DE 10 2010 043 796 A1 eine Dentalkamera bekannt, bei welcher ein Zahn durch seitliches Einstrahlen von Licht mit einer Wellenlänge von 780 nm am unteren Zahnfleischrand im Wesentlichen von unten entgegen der Blickrichtung einer Kameraoptik transilluminieren, d.h. durchleuchtet, wird. Da gesunder Zahnschmelz für Licht dieser Wellenlänge transparent ist, Zahnkaries hingegen nicht, erscheinen kariöse Bereiche des Zahnes in den von der Kameraoptik erfassten Aufnahmen als dunkle Stellen. Nachteilig an dieser bekannten transilluminierenden Dentalkamera ist, dass zum Einstrahlen des Lichts am unteren Zahnfleischrand den Zahn beidseitig umgreifende Beleuchtungsarme notwendig sind, die teilweise schwierig zu platzieren sind. Zudem sind für unterschiedlich dicke Zähne unterschiedlich beabstandete Beleuchtungsarme notwendig.

[0005] Eine transilluminierende Dentalkamera mit einer zum vorherigen Beispiel komplementären Anordnung von Lichtquelle und Kameraoptik ist aus der DE 10 2007 046 228 A1 bekannt. Bei dieser Dentalkamera wird mit Hilfe eines Lichtleiters die Okklusalfäche eines Zahnes nacheinander an unterschiedlichen Stellen mit Licht beaufschlagt und die Veränderung des transilluminieren Lichts mit einer seitlich des Zahnes positionierten Kameraoptik erfasst.

[0006] Ferner ist aus der US 2007/0134615 A1 ein Kariesdetektionssystem bekannt, bei welchem das zur Transillumination verwendete Licht mit einem Scanner über die Zahnoberfläche bewegt wird. Ein

nicht bildgebender Detektor erfasst dann zeitaufgelöst das Licht, um unter Berücksichtigung der Scanbewegung Bildinformationen zu erzeugen.

[0007] Aus der US 2010/0279248 A1 ist Algorithmus bekannt, mit welchem sich ausgehend von Ergebnissen unterschiedlichster Kariesdetektionssysteme Vorhersagen zur Kariesentwicklung treffen lassen. Beispielfhaft werden dabei auch transilluminierende Dentalkameras als Datenquelle genannt.

[0008] Aus der DE 10 2004 024 494 A1 ist eine Dentalkamera bekannt, bei der die Zähne mit UV-Licht beleuchtet und durch Erfassen des emittierten Fluoreszenzlichts gesundes und krankes Zahngewebe voneinander unterschieden werden können. Diese Kariesdetektion mittels Fluoreszenzlichtmessung eignet sich jedoch nicht oder nur in unzureichendem Maße zur Bestimmung von Zahnkaries in den Zahnzwischenräumen, insbesondere zwischen den Backenzähnen. An den Approximalflächen der Backenzähne tritt Zahnkaries jedoch besonders häufig auf und ist andererseits visuell für den Zahnarzt schlecht erkennbar. Deswegen ist gerade dort eine verlässliche geräteunterstützte Kariesdetektion notwendig.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen Kamerakopf einer transilluminierenden Dentalkamera und eine transilluminierende Dentalkamera mit einem solchen Kamerakopf anzugeben, welche einfach in der Handhabung ist und zur Kariesdetektion in einem Zahnzwischenraum in besonderem Maße geeignet ist.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß für den Kamerakopf durch die Merkmale des Anspruchs 1 und für die transilluminierende Dentalkamera durch die Merkmale der Ansprüche 14 und 15 gelöst.

[0011] Erfindungsgemäß wird dies durch einen Kamerakopf erreicht, der eine Beleuchtungseinrichtung aufweist, die eine Infrarot-Lichtquelle umfasst. Der Kamerakopf weist ferner eine Optik auf, die eine Bildebene und eine Objektebene hat, wobei in der Bildebene ein Bildwandler liegt und die Objektebene den Raum in zwei Halbräume unterteilt, wobei ein erster Halbraum die Optik beinhaltet und von der Optik aus gesehen vor der Objektebene liegt und ein zweiter Halbraum von der Optik aus gesehen hinter der Objektebene liegt. Die Beleuchtungseinrichtung und die Optik sind ferner derart ausgestaltet und zueinander angeordnet, dass die Beleuchtungseinrichtung im ersten Halbraum angeordnet ist und aus der Beleuchtungseinrichtung austretendes Infrarotlicht in Richtung des zweiten Halbraumes gerichtet ist.

[0012] Der Grundgedanke der Erfindung beruht darauf, anstatt der bekannten Durchleuchtungsgeome-

trie, bei der ein zu untersuchender Zahn von der einen Seite beleuchtet und von der anderen Seite betrachtet wird, eine Art Rückstreugeometrie aufzubauen, bei welcher der Zahn im Wesentlichen von derselben Seite betrachtet wird, von welcher auch die Beleuchtung erfolgt. Dies wird dadurch erreicht, dass das Infrarotlicht, für welches der Zahnschmelz eines Zahnes transparent ist, grundsätzlich von dem Halbraum, welcher die Optik enthält, in Richtung des hinter der Objektebene liegenden Halbraums gerichtet ist. Dabei kommt es nicht darauf an, dass das Infrarotlicht auch in den hinteren Halbraum gelangt, sondern vielmehr darauf, dass das Infrarotlicht sich im Wesentlichen entgegen einer Lichteintrittsrichtung der Optik ausbreitet.

[0013] Mit Objektebene wird jene Ebene bezeichnet, die von der Optik mit maximaler Schärfe abgebildet wird und in welcher ein zu untersuchender Zahn angeordnet wird. Bei einer gegebenen Optik ist die axiale Lage der Objektebene durch die Bildweite festgelegt, d. h. durch den Abstand der Optik zur Bildebene. In dieser ist ein Bildwandler angeordnet, der sich auch außerhalb des Kamerakopfes befinden kann.

[0014] Bei der Benutzung der Dentalkamera wird der Kamerakopf beispielsweise so ausgerichtet, dass die Objektebene im Wesentlichen parallel zur Okklusalfäche eines Zahnes verläuft. Der Zahn wird dann von der Okklusalfäche her mit dem Infrarotlicht beleuchtet. Da der Zahnschmelz für das Infrarotlicht transparent ist, tritt dieses in den Zahnschmelz ein und wird in diesem beispielsweise an der Approximalfläche des Zahnes entlang ins Zahnfleisch geleitet und dort absorbiert. Das Dentin, d. h. der Kern des Zahnes, sowie von Karies befallene Bereiche des Zahnschmelzes hingegen haben eine andere Struktur und sind nicht transparent für das Infrarotlicht, sondern streuen dieses unter anderem in Richtung der Optik zurück. Das so rückgestreute Infrarotlicht wird vom Bildwandler als helle Stelle wahrgenommen. Da die befallenen Bereiche sich bei dieser Rückstreugeometrie nur schwer vom Dentin des Zahnes unterscheiden lassen, ist ein solcher Kamerakopf insbesondere für die Kariesdetektion im Zahnzwischenraum, genauer an den Approximalflächen der benachbarten Zähne, geeignet. Denn der Zahnschmelz der Approximalfläche ist von oben betrachtet über die gesamte Höhe des Zahnes, d. h. bis zur Absorption des Infrarotlicht im Kieferbereich, transparent, da das Dentin nur im Inneren des Zahnes angeordnet ist.

[0015] Die Beleuchtungseinrichtung kann vorteilhaft derart eingerichtet sein, dass das aus der Beleuchtungseinrichtung austretende Infrarotlicht eine Hauptemissionsrichtung hat, die parallel zu einer optischen Achse der Optik ist oder unter einem Winkel zur optischen Achse der Optik verläuft, der kleiner als 45° , vorzugsweise kleiner als 15° ist.

[0016] Mit einer derart eingerichteten Beleuchtungseinrichtung kann der Zahn im Wesentlichen von oben, d. h. von der Okklusalfäche her, beleuchtet werden, so dass Infrarotlicht im Wesentlichen entgegen einer Lichteintrittsrichtung der Optik auf den Zahn fällt.

[0017] Um kariöse Stellen im Zahnzwischenraum nochmals deutlicher hervorzuheben, kann die Optik eine optische Achse haben und die Optik ein auf den Zahnzwischenraum richtbares und in der Objektebene liegendes Objektfeld auf den Bildwandler abbilden, wobei die Beleuchtungseinrichtung das Objektfeld oder zumindest einen zusammenhängenden und die optische Achse enthaltenden Teilbereich des Objektfeldes nicht beleuchtet. Insbesondere kann die Beleuchtungseinrichtung dabei dazu eingerichtet sein, eine Okklusalfäche eines dem Zahnzwischenraum benachbarten Zahnes zu beleuchten.

[0018] Wenn ein solcher Kamerakopf bei der Benutzung so ausgerichtet wird, dass das Objektfeld oder zumindest der besagte Teilbereich den für die Kariesdetektion relevanten Zahnzwischenraum überdeckt, wird das Infrarotlicht nur auf die Okklusalfäche eines dem Zahnzwischenraum benachbarten Zahnes (oder die Okklusalfächen beider benachbarten Zähne) gerichtet. Die erfindungsgemäße Beleuchtung stellt dabei sicher, dass der vom Bildwandler erfasste Bereich des Zahnzwischenraums selbst nicht direkt beleuchtet wird. Insbesondere wenn die Hauptemissionsrichtung der Beleuchtungseinrichtung und die optische Achse der Optik parallel zueinander sind, wird im Allgemeinen sichergestellt, dass kein Infrarotlicht direkt in das Objektfeld gerichtet wird.

[0019] Bei dieser Konfiguration wirkt der für das verwendete Infrarotlicht transparente Zahnschmelz der Okklusalfäche des Zahnes wie eine Art Lichtleiter und leitet das Infrarotlicht innerhalb des Zahnschmelzes in Richtung der Approximalfläche. Ein dort gegebenenfalls von Karies befallener Bereich des Zahnschmelzes streut das Infrarotlicht dann wieder weitestgehend in Richtung der Optik zurück. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass das Infrarotlicht nicht innerhalb des Objektfeldes durch die Außenflächen des Zahnes in den Zahnschmelz eintritt. Denn beim Durchtritt durch die Außenflächen wird immer ein gewisser Anteil des Infrarotlichts zurückgestreut und würde bei einer direkten Beleuchtung des Objektfeldes bzw. des interessierenden Teilbereichs zu einem unerwünschten Hintergrundsignal führen. Diese Funktionsweise der erfindungsgemäßen Dentalkamera ähnelt der von Mikroskopen bekannten Dunkelobjektbeleuchtung, wobei das Objektfeld bzw. der für die Kariesdetektion relevante Teilbereich jedoch indirekt über die Okklusalfäche des dem Zahnzwischenraum benachbarten Zahnes beleuchtet wird.

[0020] Für diesen Gedanken der Erfindung ist nicht relevant, ob das gesamte auf den Bildwandler abgebildete Objektfeld von der Beleuchtung angenommen und zur Kariesdetektion herangezogen wird oder dies nur für einen mittigen und somit die optische Achse enthaltenden Teilbereich des Objektfeldes gilt. Wenn im Folgenden nur von dem „Objektfeld“ die Rede ist, soll dies im Sinne von „Objektfeld oder zumindest einen zusammenhängenden und die optische Achse enthaltenden Teilbereich davon“ verstanden werden.

[0021] Damit das Infrarotlicht aus dem Gehäuse des Kamerakopfes austreten kann, wird die Beleuchtungseinrichtung ein Lichtaustrittsfenster aufweisen.

[0022] Das Lichtaustrittsfenster der Beleuchtungseinrichtung kann dabei von einem Eintrittsfenster der Optik beabstandet sein, wobei der Abstand vorzugsweise ca. 2 mm bis ca. 5 mm, insbesondere ca. 4 mm, beträgt.

[0023] Dieser Abstand entspricht etwa einem halben Zahndurchmesser der molaren und prämolaren Backenzähne, so dass bei entsprechender Orientierung und Anordnung des Kamerakopfes über einem dieser Zähne das Objektfeld den Zahnzwischenraum erfasst und über das Lichtaustrittsfenster die Okklusalfäche beleuchtet wird. Gegebenenfalls kann für die Anwendung bei Kindern oder bei einer veterinären Anwendung, beispielsweise bei Pferden, ein entsprechend angepasster Abstand zwischen dem Eintrittsfenster der Optik und dem Lichtaustrittsfenster der Beleuchtungseinrichtung gewählt werden.

[0024] Ferner kann das Lichtaustrittsfenster bogenförmig, insbesondere vollständig ringförmig, um ein Eintrittsfenster der Optik umlaufen.

[0025] Dies erlaubt es, die Kamera in unterschiedlichen Drehorientierungen um die optische Achse der Optik gegenüber dem Zahnbogen zu drehen, wobei dennoch eine Beleuchtung der Okklusalfäche des benachbarten Zahnes gewährleistet wird. Der Kamerakopf kann so komfortabel sowohl für weit im Mundinnenraum liegende Zahnzwischenräume als auch für die weiter vorne am Zahnbogen angeordneten Zahnzwischenräume verwendet werden. Anstatt eines durchgängigen bogenförmigen Lichtaustrittsfensters können auch entlang eines Bogens angeordnete einzelne Lichtaustrittsfenster angeordnet sein, welche jeweils unter einem geeigneten Abstand zum Eintrittsfenster der Optik angeordnet sind. Die Beleuchtungseinrichtung kann ferner mehrere Infrarot-Lichtquellen aufweisen, die jeweils unter einem anderen Umfangswinkel um das Eintrittsfenster der Optik angeordnet sind. Diese können zudem einzeln manuell oder automatisch schaltbar sein, so dass je nach Orientierung des Kamerakopfes zum Zahnbogen jene Infrarot-Lichtquelle aktiviert wird, welche

dann etwa mittig über dem entsprechenden Zahn angeordnet ist und diesen dadurch optimal beleuchtet.

[0026] Ferner kann zwischen dem Lichtaustrittsfenster der Beleuchtungseinrichtung und einem Eintrittsfenster der Optik eine Lichtbarriere angeordnet sein.

[0027] Dies kann beispielsweise ein zwischen dem Lichtaustrittsfenster und dem Eintrittsfenster der Optik angeordneter Steg sein, der verhindert, dass austretendes Infrarotlicht auf das Objektfeld der Optik gerichtet wird. Ein solcher Steg kann beispielsweise etwa 3 mm hoch sein und vorzugsweise vollständig um das Eintrittsfenster der Optik umlaufen.

[0028] Vorzugsweise kann eine solche Lichtbarriere als mit dem Kamerakopf werkzeugfrei verbind- und lösbare Lichtbarrierenhülse ausgebildet sein.

[0029] Die Lichtbarrierenhülse kann dazu aus einem elastischen Material gefertigt sein und kann beispielsweise an einer um das Eintrittsfenster der Optik umlaufenden Rastfuge verrastet werden. Sie kann aber auch als eine Art Kappe auf den gesamten Kamerakopf aufsteckbar sein.

[0030] Vorzugsweise sollte die Infrarot-Lichtquelle Infrarotlicht mit einer Mittenwellenlänge erzeugen, die zwischen ca. 760 nm und 1000 nm, vorzugsweise zwischen ca. 820 nm und 890 nm, insbesondere bei ca. 850 nm, liegt.

[0031] Eine solche Infrarot-Lichtquelle kann auf einfache Weise über eine IR-LED oder eine IR-Laserdiode realisiert werden. Das Infrarotlicht ist damit optimal sowohl auf die notwendige Transparenz des Zahnschmelzes in diesem Wellenlängenbereich als auch auf die Empfindlichkeit eines in der Dentalkamera verwendeten Bildwandlers abgestimmt. Das gewählte Infrarotlicht ist zudem sowohl zur Verwendung mit Milchzähnen als auch zur Verwendung mit bleibenden Zähnen geeignet.

[0032] Besonders vorteilhaft ist, wenn die Beleuchtungseinrichtung zwei Infrarot-Lichtquellen umfasst, die in Bezug auf ein Eintrittsfenster der Optik diametral gegenüberliegend angeordnet sind.

[0033] Dies ermöglicht es, beide zu einem Zahnzwischenraum benachbarten Zähne über deren Okklusalfächen zu beleuchten. Das Infrarotlicht trifft dadurch von beiden Approximalfächen auf den Zahnzwischenraum, so dass eine gleichzeitig an beiden Zähnen eventuell vorhandene Karies zu erkennen ist. Dies ist vorteilhaft, da ein solches Krankheitsbild eines Befalls beider Approximalfächen mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit auftritt. Vorzugsweise können die beiden diametral gegenüberliegenden Infrarotlichtquellen unabhängig voneinander schaltbar

sein, so dass zwischen einer beidseitigen oder nur einseitigen Beleuchtung gewechselt werden kann.

[0034] Ebenfalls vorteilhaft kann eine weitere Beleuchtungseinrichtung vorgesehen sein, die eine Weißlichtquelle umfasst und das Objektfeld beleuchtet, wobei die Optik sowohl für sichtbares Licht als auch für Infrarotlicht der Infrarot-Lichtquelle durchlässig ist. Dies ermöglicht es, zusätzlich zur Kariesdetektion beispielsweise durch wechselseitiges Pulsen von Infrarot-Lichtquelle und Weißlichtquelle auch konventionelle Aufnahmen mit sichtbarem Licht zu erzeugen. Diese Aufnahmen können dann auf einem Anzeigegerät dargestellt werden, wobei beispielsweise über eine Falschfarben-Überlagerung die kariösen Stellen an den Approximalflächen dargestellt werden.

[0035] Der Kamerakopf kann ferner als eine vorzugsweise über eine Rastverbindung lösbar mit einem Basisabschnitt einer Dentalkamera verbindbare Wechselspitze ausgebildet sein. Eine solche Ausgestaltung erlaubt es, im Basisabschnitt einer Dentalkamera nur den Bildwandler und eine entsprechende Ansteuerelektronik anzuordnen. Für unterschiedliche Anwendungen kann dann eine jeweils für unterschiedliche Zwecke optimierte Wechselspitze am Basisabschnitt angebracht werden. Im vorliegenden Fall wäre dies eine Wechselspitze zur Kariesdetektion an Approximalflächen, die im Wesentlichen die oben beschriebene Beleuchtungseinrichtung und Optik am Kamerakopf umfasst.

[0036] Gegenstand der Erfindung ist deswegen auch eine Dentalkamera zur Kariesdetektion in einem Zahnzwischenraum mit einem Basisabschnitt, an welchem ein Bildwandler angeordnet ist, und mit einem oben beschriebenen Kamerakopf, der als Wechselspitze ausgebildet ist.

[0037] Selbstverständlich lässt sich eine solche Dentalkamera auch als eine einheitliche Dentalkamera ausbilden, so dass nach einem anderen Aspekt der Erfindung eine Dentalkamera zur Kariesdetektion in einem Zahnzwischenraum vorgesehen ist, wobei die Dentalkamera eine Beleuchtungseinrichtung, die eine Infrarot-Lichtquelle umfasst, aufweist. Ferner weist die Dentalkamera eine Optik auf, die eine Bildebene und eine Objektebene hat, wobei die Objektebene den Raum in zwei Halbräume unterteilt. Dabei beinhaltet ein erster Halbraum die Optik und liegt von der Optik aus gesehen vor der Objektebene. Ein zweiter Halbraum liegt dann von der Optik aus gesehen hinter der Objektebene. Erfindungsgemäß sind dabei die Beleuchtungseinrichtung und die Optik derart ausgestaltet und zueinander angeordnet, dass die Beleuchtungseinrichtung im ersten Halbraum angeordnet ist und aus der Beleuchtungseinrichtung austretendes Infrarotlicht in Richtung des zweiten Halbraumes gerichtet ist.

[0038] Eine solche Dentalkamera kann auch die für den Kamerakopf beschriebenen vorteilhaften Merkmale aufweisen.

Figurenliste

[0039] Nachstehend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Dentalkamera, die einen Kamerakopf zur Kariesdetektion in einem Zahnzwischenraum umfasst;

Fig. 2 eine Aufsicht auf den Kamerakopf der Dentalkamera von unten;

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht der über einem Zahnzwischenraum angeordneten Dentalkamera, sowie eine schematische Darstellung einer zugehörigen Auswerteeinheit;

Fig. 4 eine Seitenansicht der in **Fig. 3** gezeigten Dentalkamera und der dem erfassten Zahnzwischenraum benachbarten Zähne;

Fig. 5 eine Dentalkamera mit einer Lichtschutzkappe;

Fig. 6 eine Aufsicht auf den Kamerakopf von unten nach einem Ausführungsbeispiel mit einer abgeänderten Beleuchtungseinrichtung;

Fig. 7 eine perspektivische Darstellung einer Dentalkamera, bei welcher der Kamerakopf als Wechselspitze ausgebildet und im nicht montierten Zustand gezeigt ist;

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0040] **Fig. 1** zeigt eine Dentalkamera **10** mit einem Kamerakopf **12** und einem Basisabschnitt **14**. Der Basisabschnitt **14** umfasst einen Greifabschnitt **16**, an welchem zwei Betätigungsschalter **18** und **19** (vgl. **Fig. 3**) angeordnet sind.

[0041] Wie aus den **Fig. 2** und **Fig. 4** genauer ersichtlich ist, weist der Kamerakopf **12** eine als Linse angedeutete Optik **20** mit einem Eintrittsfenster **21** auf, die nahe dem distalen Ende des Kamerakopfes **12** angeordnet ist und deren optische Achse **22** in **Fig. 1** strichpunktiert angedeutet ist. In **Fig. 4** sind außerdem gestrichelt eine Bildebene **90**, in welcher ein Bildwandler **43** der Dentalkamera **10** liegt, sowie eine zu dieser konjugierte Objektebene **92** gezeigt. Die Objektebene **92** teilt den Raum in einen von der Optik **20** aus gesehen vorderen Halbraum **94** und einen hinteren Halbraum **96**.

[0042] In Längsrichtung des Kamerakopfes **12** sind diametral gegenüberliegend beiderseits des Eintrittsfensters **21** Lichtaustrittsfenster **24a**, **24b** einer Beleuchtungseinrichtung angeordnet. Durch die-

se Lichtaustrittsfenster **24a**, **24b**, die in **Fig. 2** als kreisförmige Fenster gezeigt sind, kann Infrarotlicht austreten, das von hinter den Lichtaustrittsfenstern **24a**, **24b** angeordneten IR-LEDs **26a**, **26b** erzeugt wird. Die Hauptemissionsrichtung **28a**, **28b** des von der Beleuchtungseinrichtung ausgestrahlten Infrarotlichts ist in **Fig. 1** punktiert angedeutet.

[0043] Ferner umfasst der Kamerakopf **12** als weitere Beleuchtungseinrichtung eine als um das Eintrittsfenster **21** der Optik **20** umlaufenden Ring ausgebildete Weißlichtquelle **30**.

[0044] Der Abstand a zwischen der Mitte des Eintrittsfensters **21** der Optik **20** und der Mitte der Lichtaustrittsfenster **24a**, **24b** beträgt im hier gezeigten Ausführungsbeispiel 4 mm, was ungefähr einem halben Zahndurchmesser der Backenzähne entlang des Zahnbogens entspricht.

[0045] Die kabellos ausgeführte Dentalkamera **10** kommuniziert, wie aus **Fig. 3** ersichtlich, über Funk (beispielsweise per WLAN) mit einer Auswerteeinheit **32**, die auf einem Anzeigegerät **34** das Ergebnis einer Kariesdetektion anzeigen kann und dieses zur Behandlungsdokumentation speichern kann.

[0046] Die Dentalkamera **10** funktioniert wie folgt:

[0047] Wie in den **Fig. 3** und **Fig. 4** schematisch angedeutet ist, wird der Kamerakopf **12** derart über (bzw. am oberen Zahnbogen unter) einem zwischen zwei benachbarten Zähnen **36** und **38** liegenden Zahnzwischenraum **40** angeordnet, dass ein Objektfeld **42** der Optik **20**, d. h. der Bereich, welchen diese erfasst und auf einen in der Bildebene **90** liegenden Bildwandler **43** abbildet, auf den Zahnzwischenraum **40** gerichtet ist. Ferner wird der Kamerakopf **12** so um die optische Achse **22** gedreht, dass das von der Beleuchtungseinrichtung in Richtung des hinteren Halbraumes **96** austretende Infrarotlicht auf den beiden Okklusalfächen **46** und **48** der Zähne **36** und **38** auftreffende Infrarot-Lichtflecke **44a**, **44b** erzeugt.

[0048] Die Beleuchtungseinrichtung, d. h. insbesondere die Abstrahlwinkel und Ausrichtung der IR-LEDs **26a**, **26b** und die Größe der Lichtaustrittsfenster **24a**, **24b** sind dabei so gewählt, dass die Infrarot-Lichtflecke **44a**, **44b** in einem Arbeitsabstand b des Kamerakopfes **12** von den Okklusalfächen **46**, **48** nur so groß sind und so platziert sind, dass das Objektfeld **42** nicht auf direktem Weg mit Infrarotlicht beleuchtet wird. Dies kann zusätzlich über einen nur in **Fig. 4** gezeigten um das Eintrittsfenster **21** und die Weißlichtquelle **30** umlaufenden Steg **60** als Lichtbarriere sichergestellt werden.

[0049] Im Hinblick auf den Arbeitsabstand b ist noch darauf hinzuweisen, dass die **Fig. 3** und **Fig. 4** zur besseren Veranschaulichung einen relativ großen Ar-

beitsabstand b andeuten. Bei einem realen Kamerakopf **12** wird der Arbeitsabstand b im Verhältnis deutlich geringer gewählt werden. Vorzugsweise wird der Kamerakopf **12** so ausgelegt sein, dass er bei der Aufnahme direkt an den Okklusalfächen **46**, **48** anliegen kann.

[0050] Der Zahnschmelz **50** der Zähne **36**, **38** ist für das gewählte Infrarotlicht transparent und wird daher bei der Beleuchtung mit dem Infrarotlicht transilluminieren. Der Zahnschmelz **50** wirkt dabei als eine Art Lichtleiter, so dass das Infrarotlicht, wie in **Fig. 4** durch Pfeile angedeutet, in beiden Zähnen **36**, **38** zum Zahnzwischenraum **40** geleitet wird. Falls nun an einer der Approximalfächen **52** und **54** der beiden Zähne **36**, **38** ein von Zahnkaries befallener Bereich **56** vorhanden ist, wird an diesem das Infrarotlicht unter anderem in Richtung des Eintrittsfensters **21** der Optik **20** gestreut, sodass es vom Bildwandler **43** erfasst werden kann. In einer Aufnahme des Zahnzwischenraumes **40** erscheint der befallene Bereich **56** daher als heller Fleck.

[0051] Um dem Bediener den befallenen Bereich **56** in geeigneter Weise kenntlich zu machen, werden die IR-LEDs **26a**, **26b** und die Weißlichtquelle **30** wechselweise aktiviert, so dass der Bildwandler **43** der Dentalkamera **10** sowohl eine Abbildung des Zahnzwischenraumes **40** mit sichtbarem Licht als auch einen über das Infrarotlicht erkennbaren Kariesbefall erfassen kann. Der befallene Bereich **56** wird dann mit der sichtbaren Abbildung überlagert und beispielsweise über eine Falschfarbendarstellung auf dem Anzeigegerät **34** dargestellt.

[0052] Über die Betätigungsschalter **18** und **19** am Greifabschnitt **16** der Dentalkamera **10** kann der Bediener eine Standbildfunktion aktivieren oder wählen, ob beide Zähne **36** und **38** oder nur einer der beiden mit Infrarotlicht beleuchtet wird. Der Bediener kann so gezielt die entsprechenden Approximalfächen **52**, **54** der Zähne **36**, **38** untersuchen.

[0053] **Fig. 5** zeigt eine Dentalkamera **10** nach einem weiteren Ausführungsbeispiel, bei welchem vor dem Eintrittsfenster **21** der Optik **20** eine im Wesentlichen zylinderförmige oder leicht konisch geformte Lichtschutzkappe **61** als Lichtbarriere angeordnet ist, die in Richtung der optischen Achse **22** transversal herausragt. Der Durchmesser der Lichtschutzkappe **61** an deren kameraseitigen Ende ist so gewählt, dass die weitere Beleuchtungseinrichtung mit der Weißlichtquelle **30** im Inneren der Lichtschutzkappe **61** angeordnet ist. Die Lichtschutzkappe **61** dient einerseits dazu das Objektfeld **42** der Optik **20** nahezu vollständig gegen eine direkte Beleuchtung mit Infrarotlicht abzuschirmen. Andererseits wird durch die Lichtschutzkappe **61** das Objektfeld **42** während der Kariesdetektion auch gegen einfallendes Umgebungslicht abgeschirmt.

[0054] Fig. 6 zeigt einen Kamerakopf 12 nach einem weiteren Ausführungsbeispiel, bei welchem die Lichtaustrittsfenster 24a, 24b das Eintrittsfenster 21 der Optik 20 bogenförmig zumindest teilweise umschließen. Dieser Kamerakopf 12 erlaubt eine komfortable Positionierung der Kamera an verschiedenen Stellen entlang des Zahnbogens. Denn die Beleuchtung der beiden Zähne 36, 38 mit Infrarotlicht erfolgt über einen größeren Winkelbereich um die optische Achse 22, sodass der Kamerakopf 12 bezüglich einer Drehung um die optische Achse 22 flexibler gehandhabt werden kann.

[0055] Wie die Fig. 7 zeigt, kann die Dentalkamera 10 nach einem Ausführungsbeispiel zweiteilig ausgeführt sein. Eine solche Dentalkamera 10 ermöglicht, je nach Behandlungssituation unterschiedliche Kameraköpfe 12 mit unterschiedlichen Funktionen an einem gemeinsamen Basisabschnitt 14 zu verwenden. Der Basisabschnitt 14 umfasst dabei sämtliche für die grundsätzliche Funktion der Dentalkamera 10 notwendigen Komponenten wie beispielsweise eine Steuerelektronik einschließlich der Energieversorgung und den Kommunikationsmittel zur Verbindung mit der Auswerteeinheit 32 sowie den Bildwandler 43. Der in diesem Fall als Wechselspitze ausgebildete Kamerakopf 12 wird dann über eine Rastverbindung 62 mit dem Basisabschnitt 14 durch einfaches Aufstecken verbunden und umfasst zur Kariesdetektion an den Approximalflächen 52, 54 im Wesentlichen die oben beschriebene Beleuchtungseinrichtung zur Beleuchtung der Zähne 36, 38 mit Infrarotlicht sowie die zugehörige Optik 20.

Patentansprüche

1. Kamerakopf (12) einer transilluminierenden Dentalkamera (10) zur Kariesdetektion in einem Zahnzwischenraum (40), wobei der Kamerakopf (12)

- eine Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b), die mindestens eine Infrarot-Lichtquelle (26a, 26b) zur Erzeugung von Infrarotlicht umfasst, und
- eine Optik (20) aufweist, die eine Bildebene (90) und eine Objektebene (92) hat, wobei
 - in der Bildebene (90) ein Bildwandler (43) zum Erfassen von rückgestreutem Infrarotlicht liegt und
 - die Objektebene (92) den Raum in zwei Halbräume (94, 96) unterteilt, wobei ein erster Halbraum (94) die Optik (20) beinhaltet und von der Optik (20) aus gesehen vor der Objektebene (92) liegt und ein zweiter Halbraum (96) von der Optik (20) aus gesehen hinter der Objektebene (92) liegt,**dadurch gekennzeichnet**, dass
 - die Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) und die Optik (20) derart ausgestaltet und zueinander angeordnet sind, dass die Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) im ersten Halbraum (94) angeordnet ist und aus der Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) austretendes Infrarotlicht in Richtung des zweiten Halbraumes (96) gerichtet ist.

2. Kamerakopf nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das aus der Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) austretende Infrarotlicht eine Hauptemissionsrichtung (28a, 28b) hat, die parallel zu einer optischen Achse (22) der Optik (20) ist oder unter einem Winkel zu dieser verläuft, der kleiner als 45°, vorzugsweise kleiner als 15°, ist.

3. Kamerakopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Optik (20) eine optische Achse (22) hat und ein auf den Zahnzwischenraum (40) richtbares und in der Objektebene (92) liegendes Objektfeld (42) auf den Bildwandler (43) abbildet, und dass die Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) das Objektfeld (42) oder zumindest einen zusammenhängenden und die optische Achse (22) enthaltenden Teilbereich des Objektfelds (42) nicht beleuchtet.

4. Kamerakopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) ein Lichtaustrittsfenster (24a, 24b) aufweist.

5. Kamerakopf nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lichtaustrittsfenster (24a, 24b) der Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) von einem Eintrittsfenster (21) der Optik (20) beabstandet ist, wobei der Abstand vorzugsweise ca. 2 mm bis ca. 5 mm, insbesondere ca. 4 mm, beträgt.

6. Kamerakopf nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lichtaustrittsfenster (24a, 24b) bogenförmig, insbesondere vollständig ringförmig, um ein Eintrittsfenster (21) der Optik (20) umläuft.

7. Kamerakopf nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem Lichtaustrittsfenster (24a, 24b) der Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) und einem Eintrittsfenster (21) der Optik (20) eine Lichtbarriere (60, 61) angeordnet ist.

8. Kamerakopf nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtbarriere (61) als mit dem Kamerakopf (12) werkzeugfrei verbind- und lösbare Lichtbarrierenhülse (61) ausgebildet ist.

9. Kamerakopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Infrarot-Lichtquelle (26a, 26b) Infrarotlicht mit einer Mittenwellenlänge erzeugt, die zwischen ca. 760 nm und ca. 1000 nm, vorzugsweise zwischen ca. 820 nm und 890 nm, insbesondere bei ca. 850 nm, liegt.

10. Kamerakopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) zwei In-

frarot-Lichtquellen (26a, 26b) umfasst, die in Bezug auf ein Eintrittsfenster (21) der Optik (20) diametral gegenüberliegend angeordnet sind.

nen Kamerakopf nach einem der Ansprüche 1 bis 12 aufweist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

11. Kamerakopf nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Infrarot-Lichtquellen (26a, 26b) unabhängig voneinander schaltbar sind.

12. Kamerakopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine weitere Beleuchtungseinrichtung vorgesehen ist, die eine Weißlichtquelle (30) umfasst und dazu eingerichtet ist, den Zahnzwischenraum (40) zu beleuchten, und dass die Optik (20) sowohl für sichtbares Licht als auch für Infrarotlicht der Infrarot-Lichtquelle (26a, 26b) durchlässig ist.

13. Kamerakopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kamerakopf (12) als eine vorzugsweise über eine Rastverbindung (62) lösbar mit einem Basisabschnitt (14) einer Dentalkamera (10) verbindbare Wechselspitze ausgebildet ist.

14. Transilluminierende Dentalkamera (10) zur Kariesdetektion in einem Zahnzwischenraum (40) mit einem Basisabschnitt (14), an welchem ein Bildwandler (43) angeordnet ist, und mit einem Kamerakopf (12) nach Anspruch 13.

15. Transilluminierende Dentalkamera (10) zur Kariesdetektion in einem Zahnzwischenraum (40), wobei die Dentalkamera (10)

a) eine Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b), die mindestens eine Infrarot-Lichtquelle (26a, 26b) zur Erzeugung von Infrarotlicht umfasst, und

b) eine Optik (20) aufweist, die eine Bildebene (90) und eine Objektebene (92) hat, wobei

- in der Bildebene (90) ein Bildwandler (42) zum Erfassen von rückgestreutem Infrarotlicht liegt und

- die Objektebene (92) den Raum in zwei Halbräume (94, 96) unterteilt, wobei ein erster Halbraum (94) die Optik (20) beinhaltet und von der Optik (20) aus gesehen vor der Objektebene (92) liegt und ein zweiter Halbraum (96) von der Optik (20) aus gesehen hinter der Objektebene (92) liegt, **dadurch gekennzeichnet**, dass

c) die Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) und die Optik (20) derart ausgestaltet und zueinander angeordnet sind, dass die Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) im ersten Halbraum (94) angeordnet ist und aus der Beleuchtungseinrichtung (24a, 24b, 26a, 26b) austretendes Infrarotlicht in Richtung des zweiten Halbraumes (96) gerichtet ist.

16. Dentalkamera nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dentalkamera (10) ferner ei-

Anhängende Zeichnungen

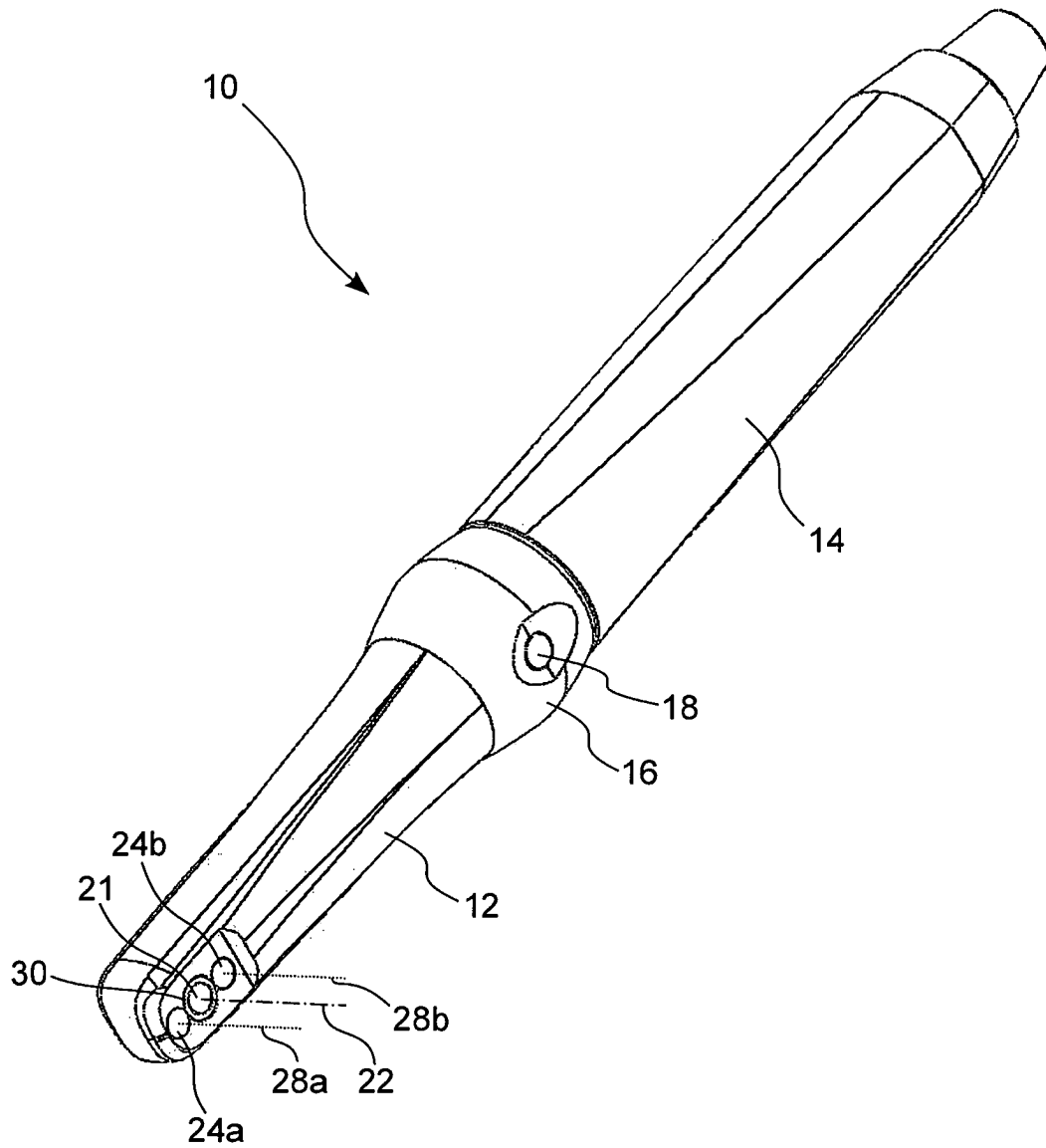


Fig. 1

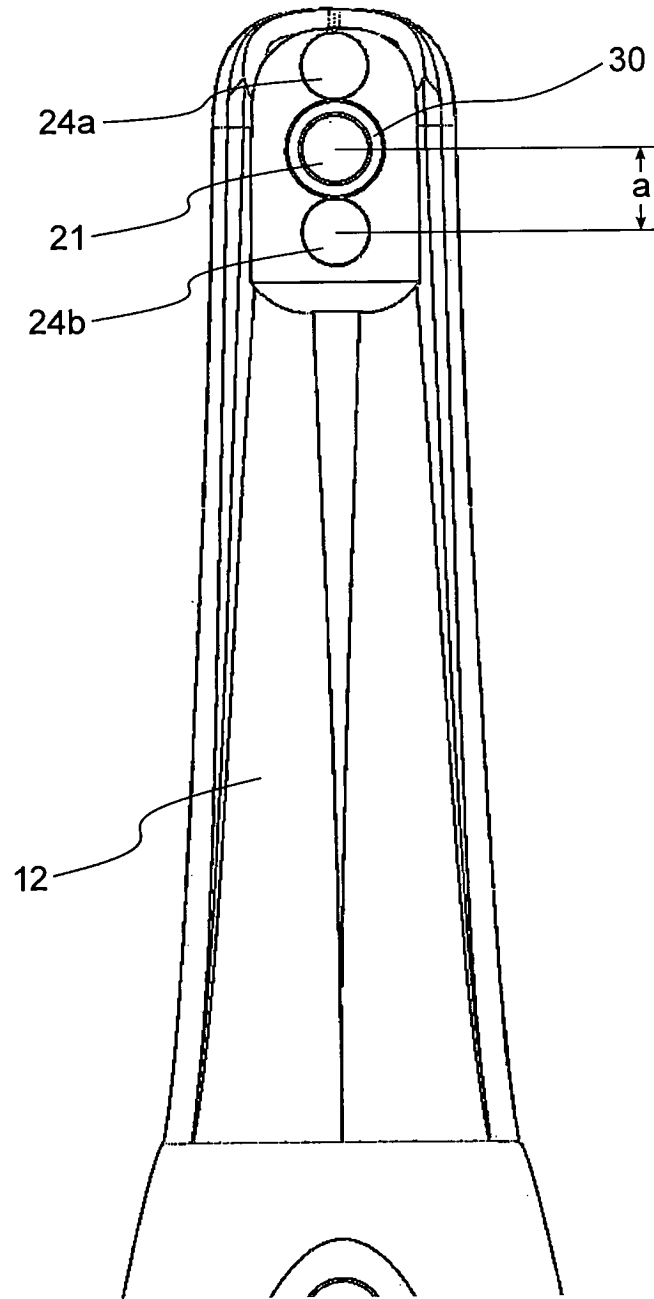


Fig. 2

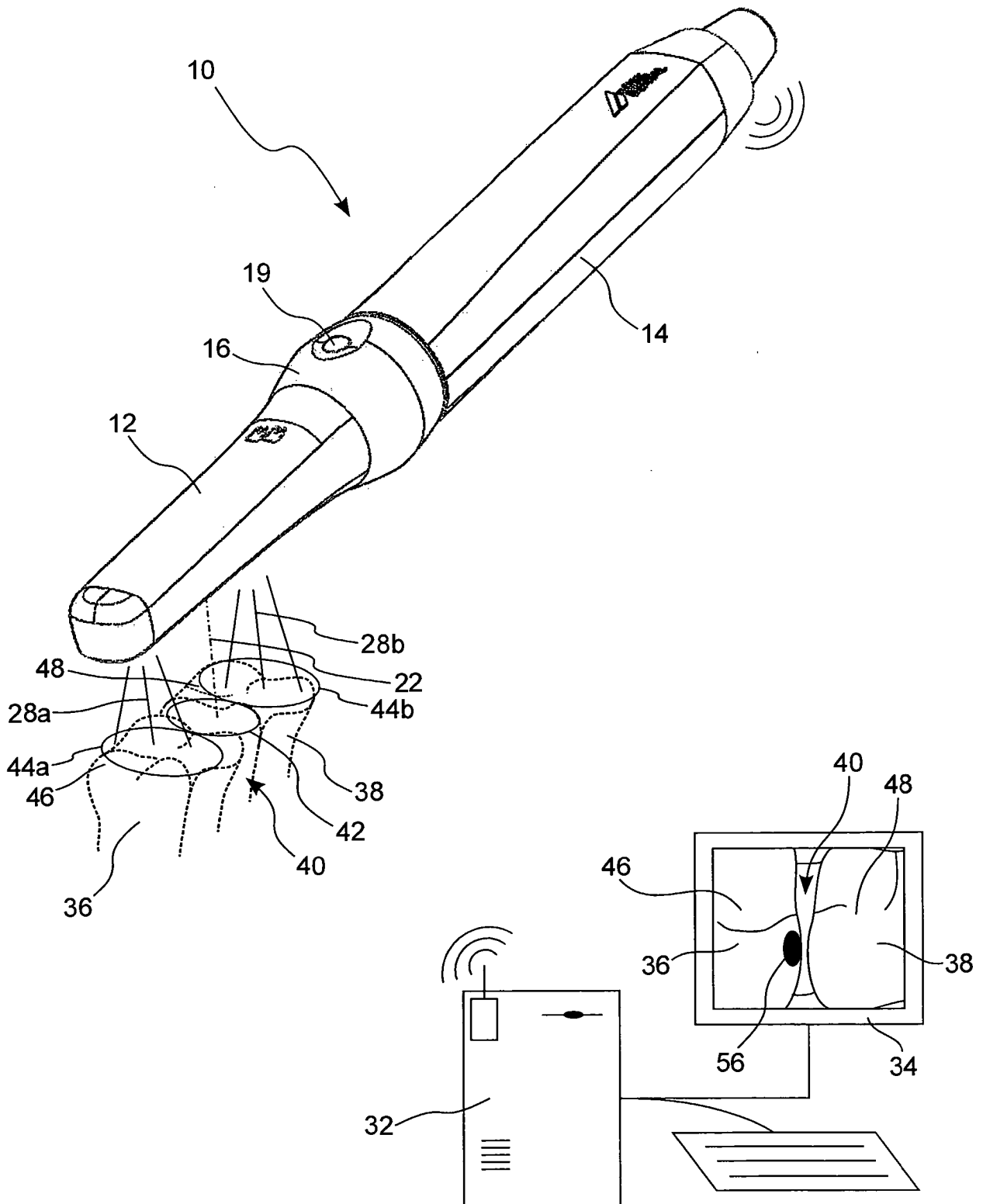


Fig. 3

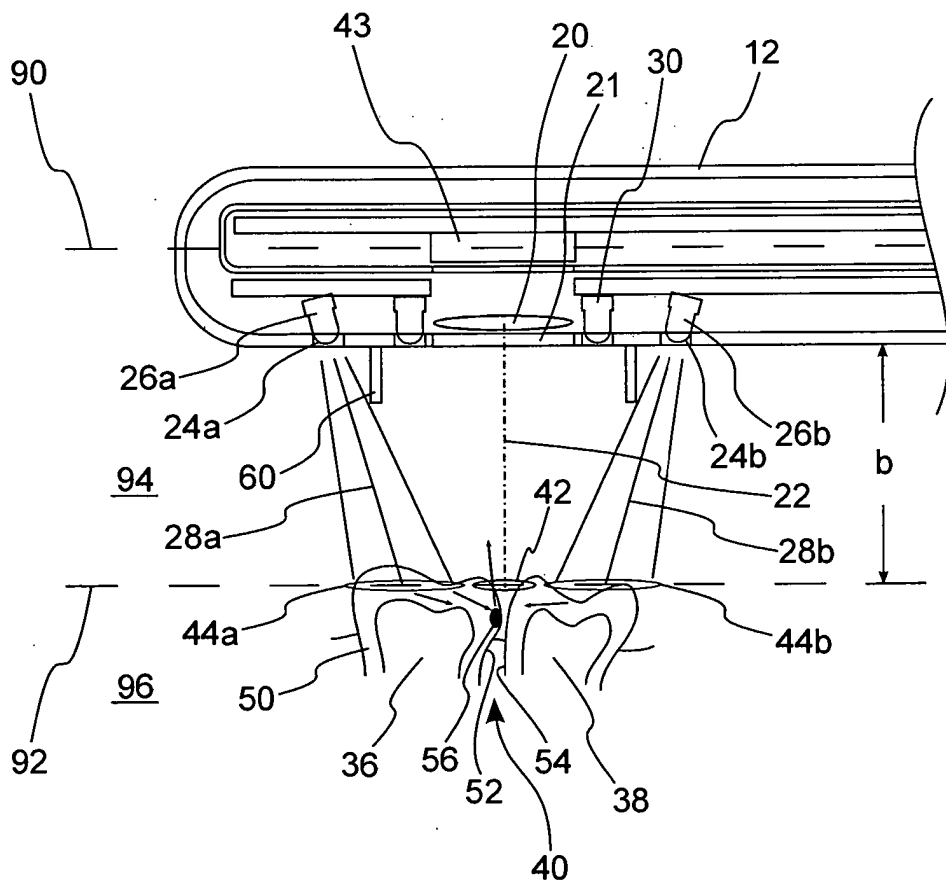


Fig. 4

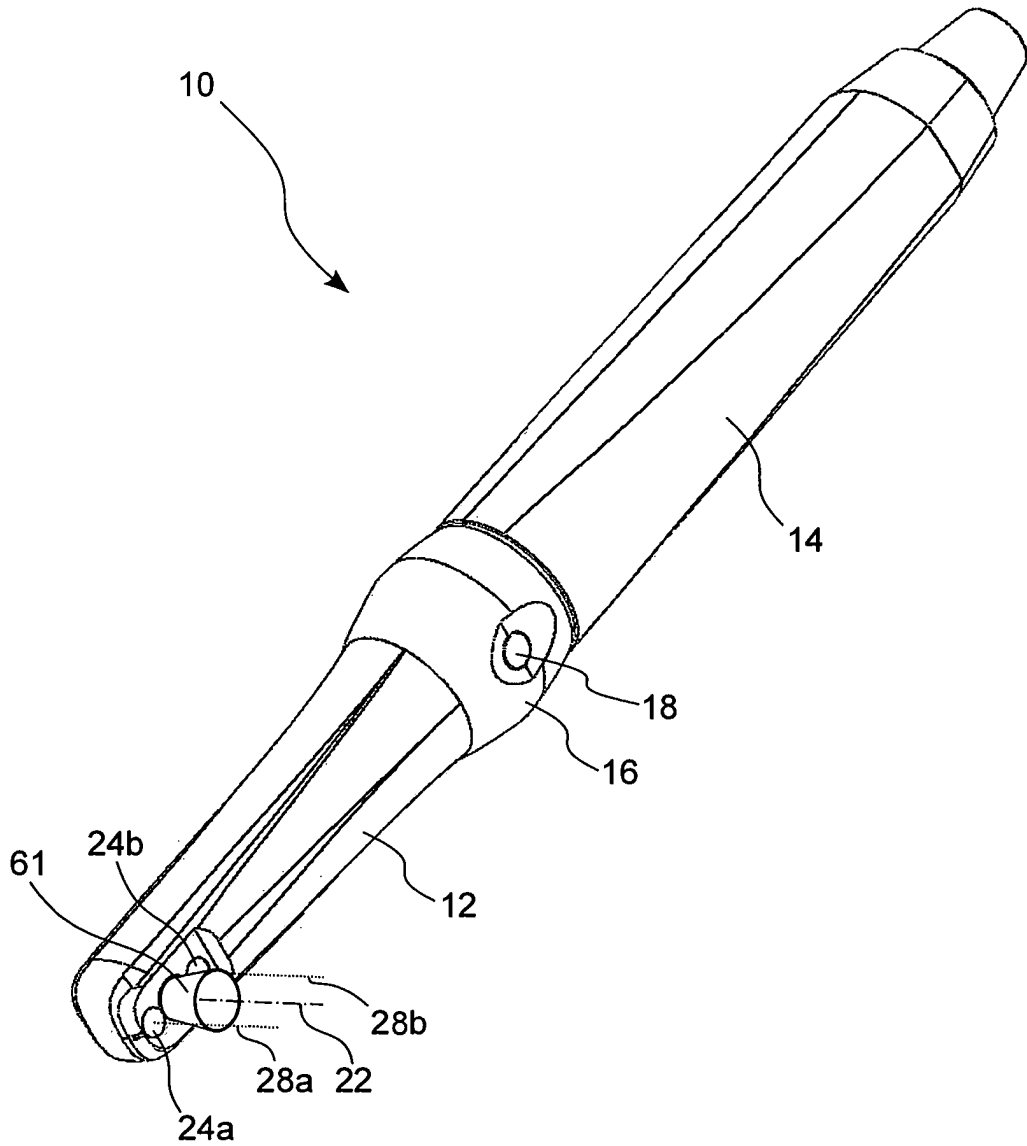


Fig. 5

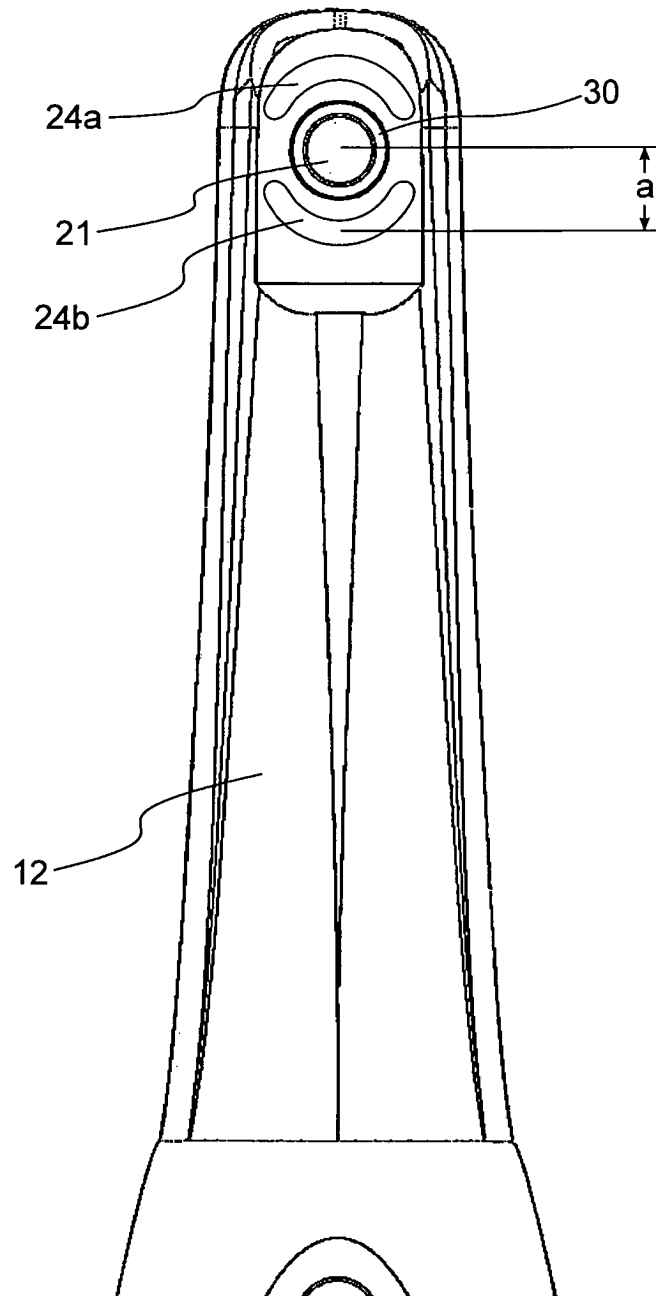


Fig. 6

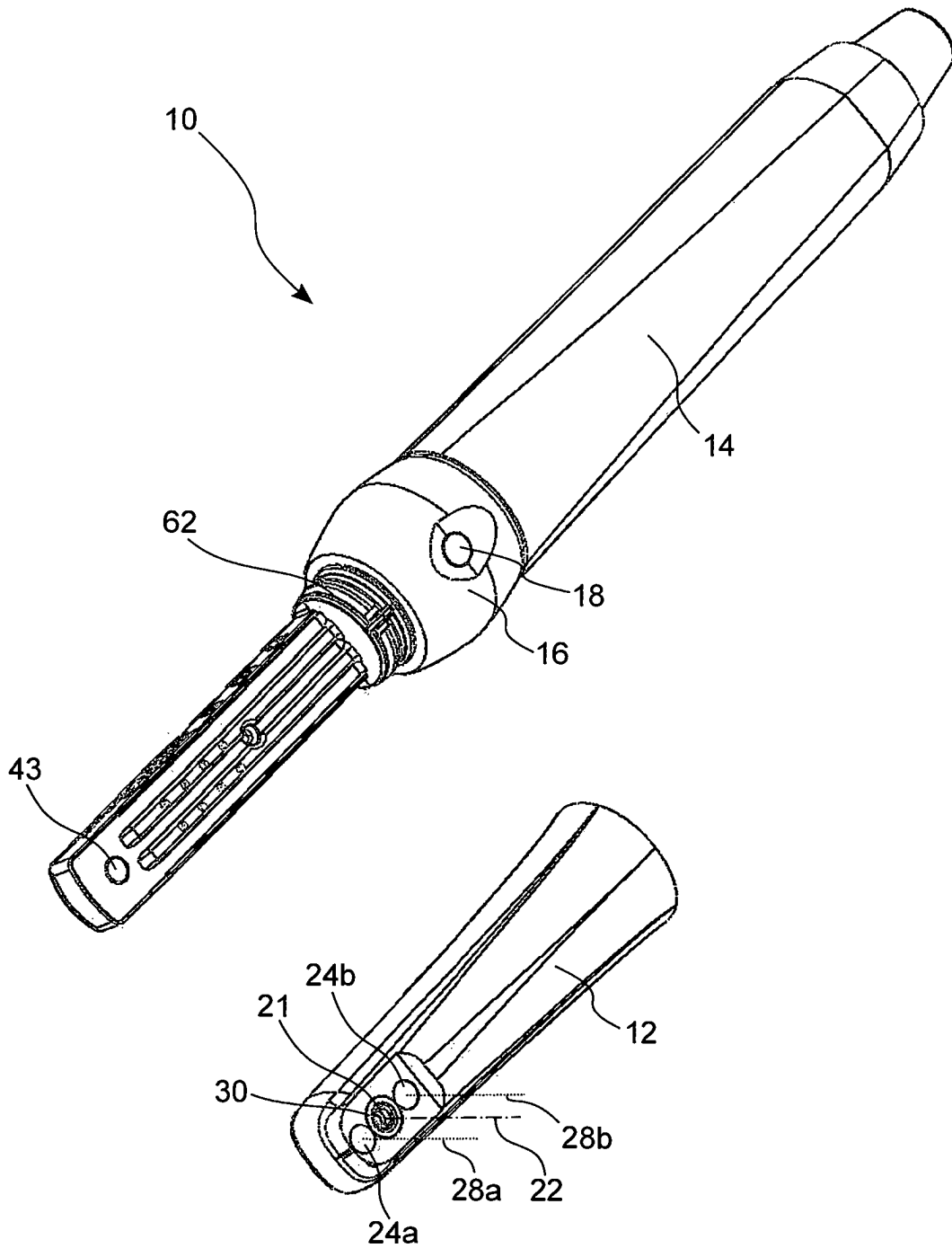


Fig. 7