



(10) **DE 10 2009 026 248 A1** 2011.01.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 026 248.2**

(22) Anmeldetag: **24.07.2009**

(43) Offenlegungstag: **27.01.2011**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 11/24 (2006.01)**
A61C 19/04 (2006.01)

(71) Anmelder:
DeguDent GmbH, 63457 Hanau, DE

(74) Vertreter:
**Stoffregen, H., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,
63450 Hanau**

(72) Erfinder:
Ertl, Thomas, Dr., 61197 Florstadt, DE

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

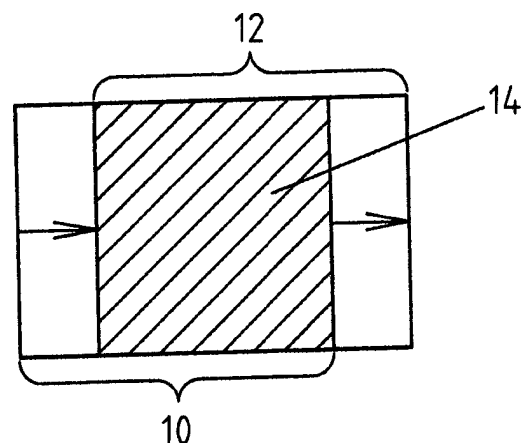
US 65 42 249 B1
US 2006/02 12 260 A1
US 2006/00 93 206 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Generierung eines Gesamtdatensatzes**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf die Generierung eines Gesamtdatensatzes von zumindest einem Abschnitt eines Objekts zur Ermittlung zumindest eines Charakteristikums durch Zusammenfügung von Einzeldatensätzen, die mittels eines relativ zu dem Objekt sich bewegenden optischen Sensors und einer Bildverarbeitung ermittelt werden, wobei Einzeldatensätze von aufeinanderfolgenden Aufnahmen des Objekts redundante Daten enthalten, die zum Zusammenfügen der einzelnen Datensätze gemacht werden. Damit die beim Scannen des Objekts gewonnenen Daten in ihrer Menge hinreichend sind, eine optimale Auswertung erfolgen kann, ohne dass jedoch eine zu hohe Datenmenge zu verarbeiten ist, wird vorgeschlagen, dass in Abhängigkeit von Größe der Relativbewegung zwischen dem optischen Sensor und dem Objekt die pro Zeiteinheit ermittelten Einzeldatensätze variiert werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf die Generierung eines Gesamtdatensatzes von zumindest einem Abschnitt eines Objekts, wie Kieferbereich, zur Ermittlung zumindest eines Charakteristikums wie Form und Lage durch Zusammenfügung von Einzeldatensätzen, die mittels eines relativ zu dem Objekt sich bewegenden optischen Sensors wie 3D-Kamera und einer Bildverarbeitung ermittelt werden, wobei Einzeldatensätze von aufeinanderfolgenden Aufnahmen des Objekts redundante Daten enthalten, die zum Zusammenfügen der einzelnen Datensätze gematcht werden.

[0002] Durch intraorales Scannen eines Kieferbereichs können 3D-Daten generiert werden, auf deren Basis im CAD/CAM-Verfahren ein Zahnersatz hergestellt werden kann. Allerdings ist beim intraoralen Scannen von Zähnen der sichtbare Teilbereich eines Zahns oder Kieferabschnitts, von dem die 3D-Daten gemessen werden, zumeist viel kleiner als der gesamte Zahn oder Kiefer, so dass die Notwendigkeit besteht, mehrere Bilder bzw. die von diesen abgeleiteten Daten zu einem Gesamtdatensatz des Zahns oder Kieferabschnitts zu vereinigen.

[0003] Üblicherweise wird ein optischer Sensor wie 3D-Kamera von Hand geführt, um kontinuierlich die relevanten Bereiche eines Kiefers zu erfassen, um sodann mittels einer Bildverarbeitung aus den einzelnen Bildern 3D-Daten zu generieren, aus denen anschließend ein Gesamtdatensatz erstellt wird. Da die Bewegung von Hand erfolgt, kann nicht sichergestellt werden, dass bei schneller Sensorbewegung hinreichend genug Daten zur Verfügung stehen. Bei zu langsamer Bewegung ergeben sich zu viele redundante Daten in bestimmten Bereichen des Objekts. Redundante Daten sind dabei diejenigen, die sich aus Überlappungen von aufeinanderfolgenden Bildern ergeben, d. h., dass die redundanten Daten diejenigen sind, die aus dem Überlappungsbereich erzeugt werden.

[0004] Um diese Risiken auszuschließen, ist eine hohe konstante Bildwiederholrate erforderlich, um auch im Fall einer schnellen Bewegung genügend Daten mit ausreichendem Überlappungsgrad der einzelnen Datensätze zu erhalten. Eine aufwendige Elektronik mit hoher Bandbreite und ein großer Speicherbedarf sind die Folgen hiervon.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass die beim Scannen des Objekts gewonnenen Daten in ihrer Menge hinreichend sind, dass eine optimale Auswertung erfolgen kann, ohne dass jedoch eine zu hohe Datenmenge zu verarbeiten ist, die zu einer aufwendigen Elektronik mit hoher Bandbreite und großem Speicherbedarf führen würde.

[0006] Zur Lösung der Aufgabe sieht die Erfindung im Wesentlichen vor, dass in Abhängigkeit von Größe der Relativbewegung zwischen dem optischen Sensor und dem Objekt die pro Zeiteinheit ermittelten Einzeldatensätze variiert werden.

[0007] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Datenerfassungsrate in Abhängigkeit von der Relativbewegung des optischen Sensors zum Objekt variiert wird. Es werden die einzelnen Datensätze diskontinuierlich ermittelt. Dies bedeutet, dass die Bildwiederholungsrate während des Scannvorgangs nicht konstant ist, sondern parameterabhängig. Parameterabhängig bedeutet dabei, dass z. B. relative Geschwindigkeit zwischen dem Objekt und dem optischen Sensor und/oder Abstand zwischen Sensor und zu messendem Objekt und/oder Überlappungsgrad von zwei aufeinanderfolgenden Bildern berücksichtigt wird.

[0008] Insbesondere ist vorgesehen, dass in Abhängigkeit von der Anzahl der redundanten Daten von aufeinanderfolgenden Datensätzen die Anzahl der ermittelten Einzeldatensätze pro Zeiteinheit geregelt wird. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass in Abhängigkeit der Relativgeschwindigkeit zwischen dem Objekt und dem optischen Sensor die Anzahl der zu ermittelnden Einzeldatensätze gesteuert wird.

[0009] Von der Erfindung ist jedoch auch nicht der Gedanke ausgeschlossen, dass nach einer Erfassung mit permanenter hoher Datenrate redundante Bilder mit hohem Überlappungsgrad im Registrierprozess weggelassen werden. Hierdurch wird jedoch das Problem der hohen Bandbreite während der Datenerfassung nicht vollständig gelöst.

[0010] Daher ist erfindungsgemäß insbesondere vorgesehen, dass eine nachlaufende Änderung der Datenerfassungsrate unterbleibt, wie dies bei einer Steuerung über den aktuellen Überlappungsgrad bei einem Realtime-Registrierungsprozess der Fall wäre, da erst aus zwei oder mehreren aufeinanderfolgenden Datensätzen der Überlappungsgrad berechnet werden kann.

[0011] Da eine Abhängigkeit der Anzahl der Einzeldatensätze pro Zeiteinheit von der Relativbewegung zwischen dem optischen Sensor und dem Objekt abhängig ist, wird neben der Bewegung des Sensors zusätzlich die Bewegung des Objekts berücksichtigt. Die Bewegung des Objekts kann dabei mittels einer Inertialplattform oder eines geeigneten Beschleunigungssensors ermittelt werden. Durch diese Maßnahme kann die Relativbewegung zwischen dem Sensor und dem Objekt als auch die Bewegung des Objekts selbst ermittelt und bei Bedarf die Datenerfassungsrate angepasst werden.

[0012] In Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Anzahl der zu ermittelnden Einzeldatensätze insbesondere bei durch Drehbewegung erfolgter Relativbewegung in Abhängigkeit vom Abstand zwischen dem optischen Sensor und zu messendem Objekt bzw. Abschnitt des Objekts verändert wird.

[0013] Insbesondere wird das Verfahren mittels einer 3D-Kamera mit einem Chip wie CCD-Chip durchgeführt, der ausgelesen und sodann die Daten mittels einer Bildverarbeitung ausgewertet werden. Dabei wird der Chip in Abhängigkeit von der Relativbewegung zwischen dem optischen Sensor und dem Objekt ausgelesen. Insbesondere wird die Framerate des Chips in Abhängigkeit von Relativgeschwindigkeit zwischen dem Sensor und dem Objekt gesteuert. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, die Framerate des Chips in Abhängigkeit vom Überlappungsbereich von mit dem Chip aufgenommenen und aufeinanderfolgenden Bildern geregelt wird.

[0014] Der Abstand zwischen dem optischen Sensor und dem zu messenden Objekt sollte zwischen 2 mm und 20 mm liegen. Des Weiteren sollte eine Beabstandung derart erfolgen, dass das Messfeld 10 mm × 10 mm beträgt.

[0015] Aufgrund der erfindungsgemäßen Lehre wird aus der aktuellen Bewegung des optischen Sensors wie der 3D-Kamera die Datenerfassungsrate diskontinuierlich optimal festgelegt, um beste Registrierergebnisse bei minimalem Bedarf an Speicher und Bandbreite zu erreichen.

[0016] Die Einzeldatensätze werden mit Hilfe einer geeignete Software gematcht, um sodann einen Gesamtdatensatz zu generieren, der bei einer zahntechnischen Anwendung Form und Lage eines Kieferbereichs repräsentiert, der mit einem Zahnersatz versehen werden soll, und auf dessen Basis der Zahnersatz im z. B. CAD/CAM-Verfahren herstellbar ist.

[0017] Als besonders wichtig und vorteilhaft ist die Kontrolle der Rotation, d. h. der Drehbewegung zur Längsachse des optischen Sensors wie Erfassungskamera zu bezeichnen, da relativ schnell hohe Rotationsgeschwindigkeiten erreicht werden. In einem kostenoptimierten System sollte die Erfassung dieser Achse allen anderen vorgezogen werden.

[0018] Bei einer Rotationserfassung ist zudem die Erfassung des Abstands zwischen zu erfassendem Objekt und dem optischen Sensor wie 3D-Kamera sinnvoll, da die erreichbaren Überlappungsgrade auch vom Abstand abhängen.

[0019] Dies erfolgt durch Auswertung einer Histogrammfunktion über die Abstände zwischen Kamera und aller oder auch nur einiger weniger Einzelmesspunkte des zu messenden Objekts.

[0020] Sodann kann der Objektabstand als Mittelwert der gültigen Messpunkte angenommen werden. In Verbindung mit der aktuellen Drehrate kann sodann die notwendige Datenerfassungsrate eingestellt werden.

[0021] Nachstehend soll anhand von Tabellen verdeutlicht werden, wie die Datenerfassungsrate (Hz) in Abhängigkeit von der Translations- bzw. Rotationsgeschwindigkeit und des erforderlichen Überlappungsgrads variiert werden kann, wobei von einem Messfeld von 10 mm × 10 mm ausgegangen wird.

[0022] Tabelle 1 zeigt für Translationsbewegungen die Datenerfassungsrate (Hz) in Abhängigkeit von der Translationsgeschwindigkeit und des erforderlichen Überlappungsgrades.

Tabelle 1

Translationsgeschwindigkeit [mm/s]	Überlappungsgrad			
	80%	90%	95%	99%
0,5	0,25	0,5	1	5
1	0,5	1	2	10
5	2,5	5	10	50
10	5	10	20	100
50	25	50	100	500

[0023] Tabelle 2 zeigt für Rotationsbewegungen die Datenerfassungsrate (Hz) in Abhängigkeit von der Rotationsgeschwindigkeit, des Abstands zum Objekt und des erforderlichen Überlappungsgrades.

Tabelle 2

Abstand zum Objekt 20 mm	Überlappungsgrad			
	80%	90%	95%	99%
Rotationsgeschwindigkeit (°/s)				
2	0,35	0,7	1,4	7
10	1,7	3,5	7	35
30	5,2	10,4	21	104
60	10,4	21	42	210
90	15	31	62	310

[0024] Aus den Tabellen wird ersichtlich, dass dann, wenn z. B. ein Überlappungsgrad von 90% von zwei aufeinanderfolgenden Bildern für erforderlich erachtet wird, um das Objekt im hinreichenden Umfang messen zu können, pro Sekunde ein Bild aufzunehmen ist, sofern die Translationsgeschwindigkeit 1 mm/sec beträgt. Bei höheren Geschwindigkeit wie z. B. 15 mm/sec und einem Überlappungsgrad von 99% müsste die Bildwiederholungsrate 500/sec betragen.

[0025] Die Tabelle 2 verdeutlicht, dass z. B. bei einer Rotationsgeschwindigkeit von 30 °/sec und einem Überlappungsgrad von 95% 21 Aufnahmen/sec erfolgen müssen.

[0026] Die Überlappung zweier Bilder bei einer Translationsbewegung ist aus [Fig. 1](#) ersichtlich. Man erkennt ein erstes Messfeld **10** und ein dieses überlappendes folgendes zweites Messfeld **12**, wobei der Überlappungsbereich mit **14** gekennzeichnet ist. Die Überlappung erfolgt aufgrund einer translatorischen Bewegung und des optischen Sensors. Bei den Bildern handelt es sich um zwei sequenzielle, also unmittelbar nacheinander aufgenommene Messfelder.

[0027] In Abhängigkeit von dem Überlappungsgrad und den diesem entsprechenden Daten, die mittels eines Bildverarbeitungssystems aus den Bild- wie Grauwerten gewonnen werden, ist sodann die Bildaufnahme und damit Datenerfassungsrate zu variieren. Je geringer der Überlappungsbereich gewählt wird, umso geringer ist die Datenerfassungsrate einzustellen.

[0028] Dabei kann entsprechend der erfindungsgemäßen Lehre die Datenerfassungsrate in Abhängigkeit von der Translationsgeschwindigkeit gesteuert werden.

[0029] Die [Fig. 2](#) verdeutlicht prinzipiell, dass durch Rotation eines optischen Sensors **20** um dessen Längsachse **22** sich das jeweilige Messfeld **24**, **26**, also der Bild- und damit der Datenerfassungsbereich in Abhängigkeit von der Drehung um die Längsachse **22** verändert. Zum Messen eines Objekts ist es gleichfalls erforderlich, dass die Bildwiederholungsrate, also die Framerate bei einem Chip in Abhängigkeit von dem Überlappungsbereich variiert wird, wobei der Grad der Überlappung von der Rotationsgeschwindigkeit abhängig ist. Je höher die Rotationsgeschwindigkeit, umso höher muss die Bildwiederholungsrate sein, sofern der Überlappungsbereich konstant sein soll.

[0030] Der [Fig. 3](#) ist noch einmal das Prinzip der erfindungsgemäßen Lehre zu entnehmen. In dieser ist mit **1** ein Beschleunigungsaufnehmer bzw. eine Inertialplattform bezeichnet, um die Bewegung eines 3D-Sensors bzw. Scanners **2** zu einem Objekt **3** wie Zahn bzw. Kieferbereich zu messen. Sofern sich das Objekt **3** gleichfalls bewegt, sollte auch dieses einen entsprechenden Beschleunigungsaufnehmer aufweisen bzw. diesem zugeordnet sein.

[0031] Der Scanner **2** weist einen Bildaufnahmesensor **5** auf, der mit einem Rechner **4** verbunden ist, über den die Bildausleserate des Sensors **5** geregelt bzw. gesteuert wird, wie dies zuvor erläutert worden ist. Auch umfasst der Rechner **4** eine Bildverarbeitung, um aus den von dem Sensor **5** aufgenommenen Bildern bzw. den Inhalten der einzelnen Pixel Daten zu generieren, die für die Registrierung bzw. Ermittlung des Gesamtdatensatzes benötigt werden.

[0032] Ein Mess- bzw. Datenerfassungsfeld ist mit **6** gekennzeichnet. Wird der Scanner **2** translatorisch bewegt, so werden entsprechend der Bewegungsgeschwindigkeit Bilder zeitversetzt aufgenommen, wobei im erforderlichen Umfang eine Überlappung erfolgt, um redundante Daten zu erhalten, die ein Matchen der Einzelbilder bzw. der Einzeldatensätze ermöglichen. Die versetzt zueinander verlaufenden Datenerfassungsfelder sind der Figur prinzipiell zu entnehmen. So ist ein erstes Datenfeld mit dem Bezugszeichen **6** und ein zweites Datenfeld mit dem Bezugszeichen **7** gekennzeichnet, das dann, wenn die translatorische Bewegung entsprechend dem Fall **8** erfolgt, vor dem Bild **6** aufgenommen worden ist.

[0033] Aus der [Fig. 3](#) ergibt sich des Weiteren, dass eine Bewegung nicht nur in Richtung des Pfeils **8**, sondern in jeder Richtung des xyz-Koordinatensystems erfolgen kann, wie auch durch den Pfeil **9** angedeutet wird.

Patentansprüche

1. Generierung eines Gesamtdatensatzes von zumindest einem Abschnitt eines Objekts, wie Kieferbereich, zur Ermittlung zumindest eines Charakteristikums wie Form und Lage durch Zusammenfügung von Einzeldatensätzen, die mittels eines relativ zu dem Objekt sich bewegenden optischen Sensors wie 3D-Kamera und einer Bildverarbeitung ermittelt werden, wobei Einzeldatensätze von aufeinanderfolgenden Aufnahmen des Objekts redundante Daten enthalten, die zum Zusammenfügen der einzelnen Datensätze gemacht werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Abhängigkeit von Größe der Relativbewegung zwischen dem optischen Sensor und dem Objekt die pro Zeiteinheit ermittelten Einzeldatensätze variiert werden.

2. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzeldatensätze diskontinuierlich ermittelt werden.

3. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Einzeldatensätze pro Zeiteinheit durch Regelung und/oder Steuerung variiert wird.

4. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit von Anzahl der redundanten Daten von aufeinanderfolgenden Datensätzen die Anzahl der ermittelten Einzeldatensätze pro Zeiteinheit geregelt wird.

5. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit von Relativgeschwindigkeit zwischen dem Objekt und dem optischen Sensor die Anzahl der zu ermittelnden Einzeldatensätze gesteuert wird.

6. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zur Abhängigkeit der Anzahl der Einzeldatensätze pro Zeiteinheit von der Relativbewegung zwischen dem optischen Sensor und dem Objekt dessen Bewegung berücksichtigt wird.

7. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung des Objekts mittels einer Inertialplattform bestimmt wird.

8. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Relativbewegung zwischen dem Objekt und dem optischen Sensor mittels zumindest eines Beschleunigungssensors und/oder zumindest eines Rotationssensors ermittelt wird.

9. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Relativbewegung zwischen dem Objekt und dem optischen Sensor mittels zu-

mindest einer Inertialplattform ermittelt wird.

10. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der zu ermittelnden Einzeldatensätze insbesondere bei durch Drehbewegung erfolgter Relativbewegung in Abhängigkeit vom Abstand zwischen optischem Sensor und zu messendem Objekt bzw. Abschnitt des Objekts verändert wird.

11. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Daten eines Überlappungsbereichs von zwei aufeinanderfolgenden von dem optischen Sensor aufgenommenen Bildern die redundanten Daten sind.

12. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Objekt auf einem Chip wie CCD-Chip des optischen Sensors wie 3D-Kamera abgebildet wird und der Chip in Abhängigkeit von der Relativbewegung zwischen dem optischen Sensor und dem Objekt ausgelesen wird.

13. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Framerate des Chips in Abhängigkeit von Relativgeschwindigkeit zwischen dem Sensor und dem Objekt gesteuert wird.

14. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Framerate des Chips in Abhängigkeit vom Überlappungsbereich von mit dem Chip aufgenommenen und aufeinanderfolgenden Bildern geregelt wird.

15. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Sensor im Abstand a mit $2 \text{ mm} \leq a \leq 20 \text{ mm}$ zu dem Objekt bewegt wird.

16. Generierung eines Gesamtdatensatzes nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Sensor derart zu dem Objekt positioniert wird, dass sich grundsätzlich ein Messfeld von $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ ergibt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

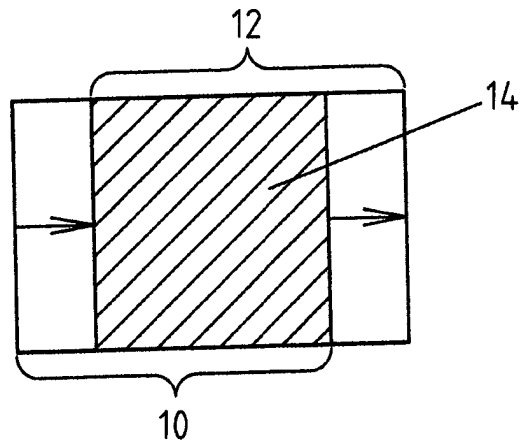


Fig. 1

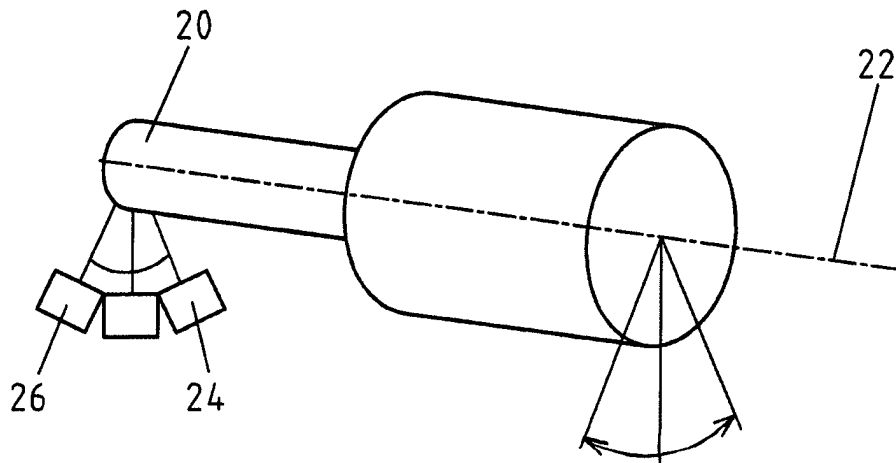


Fig. 2

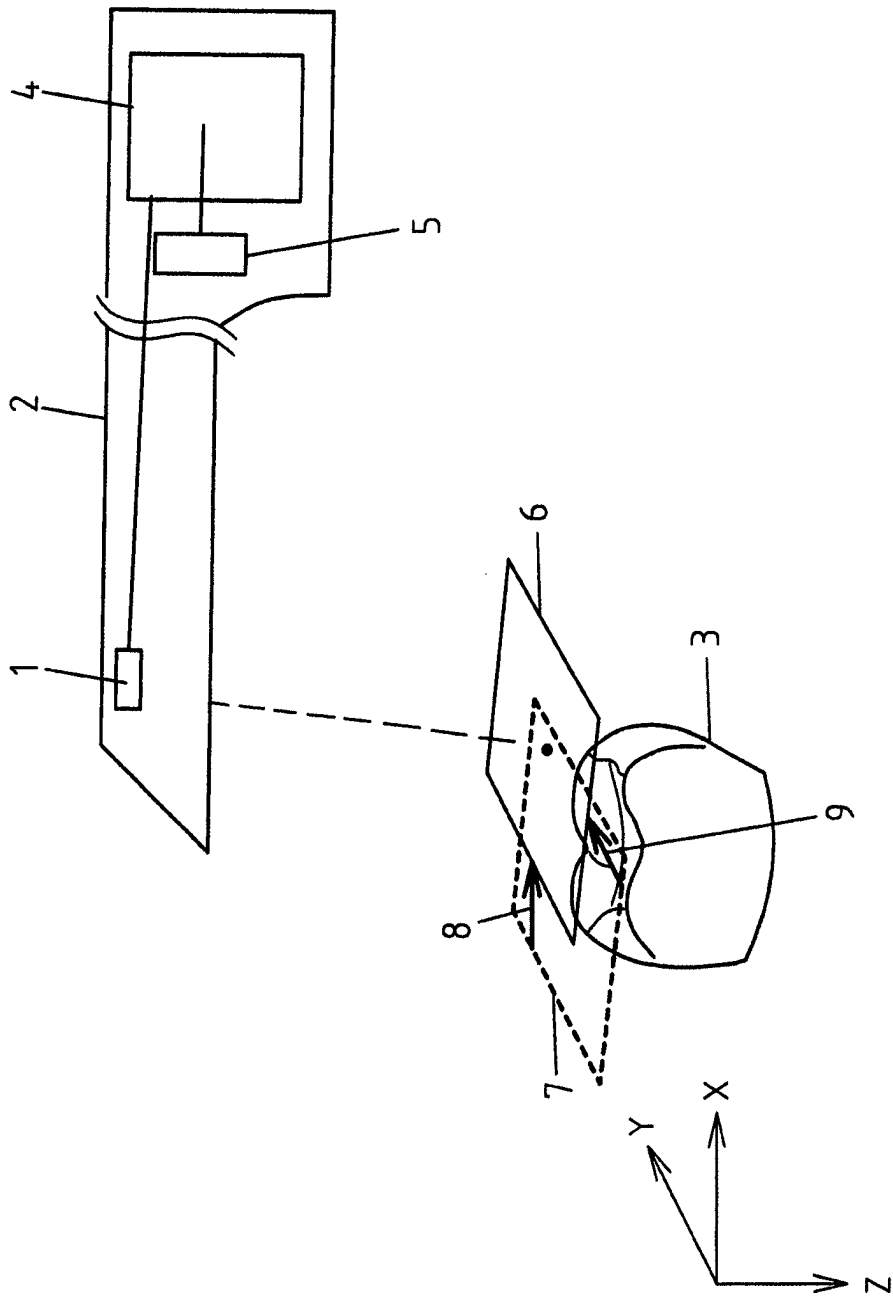


Fig. 3