



(10) **DE 11 2007 000 128 B4** 2011.05.19

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2007 000 128.3**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2007/050347**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2007/080981**
(86) PCT-Anmeldetag: **12.01.2007**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **19.07.2007**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **30.10.2008**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.05.2011**

(51) Int Cl.: **A61B 3/12 (2006.01)**
A61B 3/14 (2006.01)
A61N 5/10 (2006.01)

Innerhalb von drei 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).

(30) Unionspriorität:
2006-004794 **12.01.2006** **JP**

(73) Patentinhaber:
Japan Atomic Energy Agency, Ibaraki, JP;
National University Corp. Gunma University,
Maebashi-shi, Gunma, JP

(74) Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen

(72) Erfinder:
Shimada, Hirofumi, Takasaki, Gunma, JP;
Nakano, Takashi, Maebashi, Gunma, JP; Sakai,
Takuro, Takasaki, Gunma, JP; Arakawa, Kazuo,

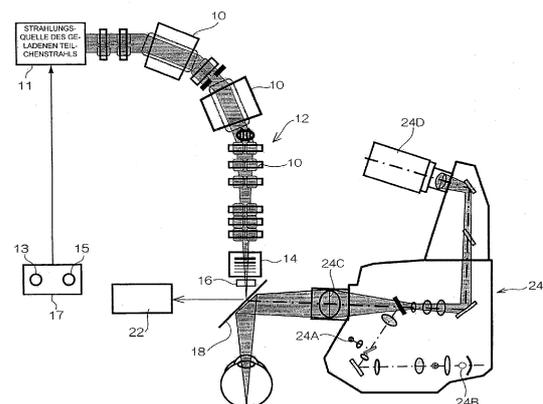
Takasaki, Gunma, JP; Fukuda, Mitsuhiro,
Takasaki, Gunma, JP; Oikawa, Masakazu,
Takasaki, Gunma, JP; Satoh, Takahiro, Takasaki,
Gunma, JP; Agematsu, Takashi, Takasaki,
Gunma, JP; Yusa, Ken, Maebashi, Gunma,
JP; Katoh, Hiroyuki, Maebashi, Gunma, JP;
Kishi, Shoji, Maebashi, Gunma, JP; Sato, Taku,
Maebashi, Gunma, JP; Horiuchi, Yasushi,
Maebashi, Gunma, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls, Verfahren zur Verwendung der Vorrichtung und Behandlungsvorrichtung, die die Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition verwendet**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls, umfassend: eine Einstelleinheit (14), die eine Bestrahlungsposition eines geladenen Teilchenstrahls, der von einer Quelle (11) des geladenen Teilchenstrahls abgestrahlt wird, in einer Tiefenrichtung eines Objektes einstellt, eine Reflexionseinheit (18), die den positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl transmittiert oder ihn passieren lässt und ein erstes emittiertes Licht, das von einer Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, und ein zweites emittiertes Licht, das aufgrund einer Bestrahlung mit einem Anregungslicht von einer Region, einschließlich der Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, von der Achse des geladenen Teilchenstrahls weg reflektiert, und eine Abbildungseinheit (24), die an einer Position, wo das erste emittierte Licht und das zweite emittierte Licht, die von der Reflexionseinheit reflektiert werden, einfallen, angeord-

net ist und die Region, einschließlich der Region des Objektes, die mit dem...



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

| | | |
|-----------|-----------------------|-----------|
| US | 2003/01 36 924 | A1 |
| WO | 2006/0 05 059 | A2 |
| JP | 2002-0 34 919 | A |
| JP | 2000-2 37 168 | A |
| JP | 2004-0 97 471 | AA |

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls, ein Verfahren zur Verwendung der Vorrichtung und eine Behandlungsvorrichtung, die die Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition verwendet. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls, die eine Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls bestimmt, indem sie einen Augenfundus eines zu untersuchenden Auges, das ein Objekt darstellt, mit dem geladenen Teilchenstrahl, zum Beispiel ein Kohlenstoffionenstrahl, und Anregungslicht bestrahlt und eine Abbildung des Augenfundus erzeugt, ein Verfahren zur Verwendung der Vorrichtung und eine Behandlungsvorrichtung, die die Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition verwendet.

[0002] Bei einer Behandlung unter Verwendung eines geladenen Teilchenstrahls wird durch Verwenden einer Charakteristik des geladenen Teilchenstrahls, bei dem die Energiezentralität aufgrund eines Bragg-Peaks sehr hoch ist, ein Bragg-Peak, bei dem eine Breite des geladenen Teilchenstrahls auf die Größe eines Bestrahlungsfeldes ausgedehnt wird, gebildet und zur gleichmäßigen Bestrahlung eines Krankheitsherdes eingesetzt, so dass nur ein befallener Teil wirksam bestrahlbar ist.

[0003] Andererseits kann durch Verwenden eines Magnetfeldes oder eines elektrischen Feldes ein geladener Teilchenstrahl sehr stark fokussiert werden, und durch Verwenden des fokussierten geladenen Teilchenstrahls kann eine kleine Region präzise mit einem Strahl bestrahlt werden und ist die Energie örtlich konzentrierbar. Als Verfahren zur starken Fokussierung eines Strahls sind ein Verfahren zur Bildung eines Mikrostrahls und ein Verfahren zur Bildung eines Schmalbündels entwickelt worden. Durch Verwenden dieser Verfahren bei der Teilchenstrahlbehandlung ist ein Verfahren zur Behandlung einer kleinen Läsion, das heißt, ein Verfahren zur Ionenmikrochirurgie-Behandlung oder dergleichen, theoretisch möglich. Da jedoch ein Verfahren zum Zielen auf eine Tiefenbestrahlungsposition mit hoher Präzision und ein Verfahren zur präzisen Echtzeit-Bestätigung einer Position, die zum Zwecke der Behandlung bestrahlt wird, das heißt, eine Position, die durch einen Strahl erreicht wird, nicht existieren, ist das Verfahren zur Ionenmikrochirurgie-Behandlung bisher noch nicht realisiert worden.

[0004] Ein Verfahren zur Beobachtung eines Augenfundus unter Verwendung einer herkömmlichen Augenfundus-Beobachtungs- und Diagnosevorrichtung verwendet ein Verfahren zur Bestrahlung eines Augenfundus unter Verwendung eines Augenfundus-Anregungslichtes, intravenösen Injektion eines Au-

genfundus-Fluoreszenz-Kontrastmittels in einen Patienten je nach Bedarf und Beobachtung der von dem Augenfundus des Auges eines Patienten ausgehenden Fluoreszenz. Als Quelle des Augenfundus-Anregungslichtes werden eine Quelle sichtbaren Lichtes zur Beobachtung eines Augenfundus und eines Augenfundus-Blutgefäßes auf einer Netzhautseite einer Zelle des Netzhautpigmentepithels und eine Quelle eines nahen Infrarotlichtes zur Beobachtung auch eines Augenfundus-Blutgefäßes auf einer Aderhautseite der Zelle des Netzhautpigmentepithels verwendet.

[0005] Wenn das Verfahren mit einer Vorrichtung kombiniert wird, die eine kleine Läsion, zum Beispiel einbefallener Teil eines Auges, mit einem geladenen Teilchenstrahl bestrahlt und ein erzeugtes Signal erfasst, müssen geladene Teilchen oft von einer geometrischen Anordnung abgelenkt werden. Es ist jedoch ein sehr großer Ablenkelektromagnet zur Ablenkung der geladenen Teilchen erforderlich, und der geladene Teilchenstrahl kann in dem kleinen Gebiet nicht auf einfache Weise abgelenkt werden.

[0006] Als herkömmliche Verfahren mit Bezug auf die vorliegende Erfindung sind Verfahren bekannt, die in Patentdokument 1 und Patentdokument 2 offenbart sind.

Patentdokument 1: Offen gelegte Japanische Patentanmeldung (JP-A) Nr. 2000-237168
Patentdokument 2: JP-A Nr. 2002-034919.

[0007] Die JP 2004 097 471 A betrifft einen Strahlengenerator und eine Bestrahlungsrichtungskalibriereinrichtung. Der Strahlengenerator ist mit einer Strahlenquelle, einem Laseroszillator Ablenkspiegeln und einer Bestrahlungsrichtungskalibriereinrichtung ausgestattet. Die Bestrahlungsrichtungskalibriereinrichtung ist mit einem Strahlendetektor, einer Laserintensitätsanalyseeinrichtung, einer Kamera, einer Analyseeinrichtung und einem Bildschirm ausgestattet. Die Analyseeinrichtung bringt die Achse von Röntgenstrahlen und die optische Achse eines Laserstrahls auf der Grundlage der von dem Strahlendetektor detektierten Daten, der von der Laserintensitätsanalyseeinrichtung detektierten Daten und der von einer Kamera erfassten Daten zum Fluchten.

[0008] Die US 2003/0136924 A1 betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen eines Abtaststrahls von eindringender Strahlung wie zum Beispiel eines Abtast-Protonenstrahls, der zum Bestrahlen von Gewebe verwendet wird. Die Position des Strahls wird in Echtzeit durch Anordnen einer Szintillatorfolie zwischen einer Quelle und einem Bestrahlungsobjekt verfolgt. Ein Abbildungsdetektor, der mit dem Szintillator in optischer Verbindung steht, liefert eine Ausgabe, die einen Hinweis für die Position der Strahlung und deren zeitliche Änderung liefert.

[0009] Die WO 2006/005059 A2 offenbart eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls, die umfasst: eine Einstelleinheit, die eine Bestrahlungsposition eines ein- ne Bestrahlungsposition bestimmenden geladenen Teilchenstrahls, der von einer Quelle des geladenen Teilchenstrahls abgestrahlt wird, in einer Tiefenrichtung eines Objektes einstellt, eine Reflexionseinheit, die den positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl transmittiert und ein erstes sowie ein zweites emittiertes Licht von der Achse des geladenen Teilchenstrahls weg reflektiert, sowie eine Abbildungseinheit, die an einer Position, wo das erste emittierte Licht und das zweite emittierte Licht, die von der obigen Einheit reflektiert werden, einfallen, angeordnet ist und diese abbildet.

[0010] Daher ist es auf unvorteilhafte Weise schwierig, eine Zielposition einer kleinen Region unter Verwendung einer herkömmlichen Behandlungsvorrichtung, die einen geladenen Teilchenstrahl verwendet, präzise zu bestimmen.

[0011] Um eine Zielposition einer kleinen Läsion eines geladenen Teilchenstrahls in Bezug auf einen Augenfundus unter Variieren einer Tiefe des geladenen Teilchenstrahls dreidimensional zu bestimmen und zu überprüfen, müssen eine vorgegebene Tiefe und eine Position eines befallenen Teils des Augenfundus beobachtet werden, während eine Bestrahlung mit einem geladenen Teilchenstrahl zum Zwecke der Positionsbestimmung erfolgt. Ein solches Verfahren ist jedoch bisher in einer herkömmlichen Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition noch nicht implementiert worden.

[0012] Die vorliegende Erfindung soll dieses Problem lösen, und eine Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls, die die Bestimmung der Zielposition des zur Behandlung dienenden geladenen Teilchenstrahls durch Abbilden eines Behandlungsobjektes, zum Beispiel das Auge eines Patienten, unter Bestrahlung des Objektes mit einem geladenen Teilchenstrahl, zum Beispiel ein Ionenstrahl, erlaubt, eines Verfahrens zur Verwendung dieser Vorrichtung und einer Behandlungsvorrichtung, die diese Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition verwendet.

[0013] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls, umfassend: eine Einstelleinheit, die eine Bestrahlungsposition eines ein- ne Bestrahlungsposition bestimmenden geladenen Teilchenstrahls, der von einer Quelle des geladenen Teilchenstrahls abgestrahlt wird, in einer Tiefenrichtung eines Objektes einstellt, eine Reflexionseinheit, die den positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl transmittiert oder ihn passieren lässt

und ein erstes emittiertes Licht, das von einer Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, und ein zweites emittiertes Licht, das aufgrund einer Bestrahlung mit einem Anregungslicht von einer Region, einschließend die Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, von der Achse des geladenen Teilchenstrahls weg reflektiert, und eine Abbildungseinheit, die an einer Position, wo das erste emittierte Licht und das zweite emittierte Licht, die von der Reflexionseinheit reflektiert werden, einfallen, angeordnet ist und die Region, einschließend die Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, durch Zulassen des Einfalls des ersten emittierten Lichtes und des zweiten emittierten Lichtes abbildet.

[0014] Vorteilhafterweise umfasst sie einen Lichtemitter zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls nach Anspruch 1, ferner umfassend: einen Lichtemitter, der in einem Strahlengang des positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahls, der das Objekt bestrahlt, angeordnet ist und aufgrund der Bestrahlung mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl Licht emittiert, und eine Erfassungseinheit, die eine Position des geladenen Teilchenstrahls, der das Objekt bestrahlt, auf einer orthogonal zu der Achse des geladenen Teilchenstrahls liegenden Ebene auf der Grundlage des von dem Lichtemitter emittierten Lichtes erfasst.

[0015] Zweckmäßigerweise können der Lichtemitter und die Reflexionseinheit zu einem Ganzen zusammengefasst sein, um die Handhabung der Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls zu erleichtern.

[0016] Vorteilhafterweise wird ein fluoreszierendes Kontrastmittel in das Objekt injiziert.

[0017] Weiterhin liefert die Erfindung eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls, umfassend: eine Einstelleinheit, die eine in einer Tieferrichtung einer optischen Achse eines ein Objekt darstellenden, zu untersuchenden Auges liegende Bestrahlungsposition eines ein- ne Bestrahlungsposition bestimmenden geladenen Teilchenstrahls, der von einer Strahlungsquelle des geladenen Teilchenstrahls abgestrahlt wird, einstellt, eine Reflexionseinheit, die den positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl transmittiert oder ihn passieren lässt und ein erstes emittiertes Licht, das von einer Region des Auges, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, und ein zweites emittiertes Licht, das aufgrund einer Bestrahlung mit einem Anregungslicht von einer Region, einschließend die Region des Auges, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, von der

Achse des geladenen Teilchenstrahls weg reflektiert, und eine Abbildungseinheit, die an einer Position, wo das erste emittierte Licht und das zweite emittierte Licht, die von der Reflexionseinheit reflektiert werden, einfallen, angeordnet ist und die Region, einschließlich der Region des Auges, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, durch Zulassen des Einfalls des ersten emittierten Lichtes und des zweiten emittierten Lichtes abbildet.

[0018] Günstigerweise umfasst sie einen Lichtemitter, der in einem Strahlengang des positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahls, der das Auge bestrahlt, angeordnet ist und aufgrund der Bestrahlung mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl Licht emittiert, und eine Erfassungseinheit, die eine Position des geladenen Teilchenstrahls, der das Auge bestrahlt, auf einer orthogonal zu der Achse des Strahls liegenden Ebene auf der Grundlage des von dem Lichtemitter emittierten Lichtes erfasst.

[0019] Der Lichtemitter und die Reflexionseinheit können zu einem Ganzen zusammengefasst sein.

[0020] Vorteilhafterweise schließt der geladene Teilchenstrahl Teilchen mit einem Bragg-Peak ein.

[0021] Günstigerweise wird ein Fluoreszenzmittel in das Auge injiziert wird.

[0022] Ferner liefert die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls nach einem der Ansprüche 5 bis 9, wobei das Verfahren umfasst: durch die Einstelleinheit in einer Mehrzahl von Schritten erfolgreiches Einstellen einer in der Richtung einer optischen Achse des Auges liegenden Bestrahlungsposition des geladenen Teilchenstrahls, der von der Strahlungsquelle des geladenen Teilchenstrahls abgestrahlt wird, in einer von der Lederhaut des Augenfundus zur Netzhaut verlaufenden Richtung, Zulassen, dass das erste emittierte Licht, das von der Region des Auges, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, in die Abbildungseinheit einfällt, und in jedem Schritt erfolgreiches Abbilden der Region, einschließlich der Region des Auges, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, durch die Einstelleinheit auf der Grundlage eines durch das Abbilden erlangten Bildes erfolgreiches Einstellen der Bestrahlungsposition des positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahls auf eine Zielposition, und Zulassen, dass das zweite emittierte Licht, das von der Reflexionseinheit reflektiert wird, darin einfällt, und Abbilden der Region, einschließlich der Region des Auges, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, um eine Zielposition eines zur Behandlung dienenden geladenen Teilchenstrahls zu bestimmen.

[0023] Desweiteren betrifft die Erfindung eine Behandlungsvorrichtung, umfassend die Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

[0024] Schließlich wird auch vorgeschlagen eine Behandlungsvorrichtung, die einen die einen geladenen Teilchenstrahl verwendet, umfassend: eine Einstelleinheit, die eine Bestrahlungsposition eines eine Bestrahlungsposition bestimmenden geladenen Teilchenstrahls, der von einer Quelle des geladenen Teilchenstrahls abgestrahlt wird, in einer Tiefenrichtung eines Objektes einstellt, eine Reflexionseinheit, die den positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl transmittiert oder ihn passieren lässt und ein erstes emittiertes Licht, das von einer Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, und ein zweites emittiertes Licht, das aufgrund einer Bestrahlung mit einem Anregungslicht von einer Region, einschließlich der Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, von der Achse des geladenen Teilchenstrahls weg reflektiert, und eine Abbildungseinheit, die an einer Position, wo das erste emittierte Licht und das zweite emittierte Licht, die von der Reflexionseinheit reflektiert werden, einfallen, angeordnet ist und eine Region, einschließlich der Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, durch Zulassen des Einfalls des ersten emittierten Lichtes und des zweiten emittierten Lichtes abbildet, wobei die Einstelleinheit in einer Mehrzahl von Schritten eine Bestrahlungsposition des positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahls, der von der Strahlungsquelle des geladenen Teilchenstrahls abgestrahlt wird, in einer Tiefenrichtung eines Objektes einstellt, die Abbildungseinheit in jedem Schritt eine Region, einschließlich der Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, durch Zulassen des Einfalls des von dem mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlten Teil des Objektes emittierten ersten emittierten Lichtes in die Abbildungseinheit abbildet, die Einstelleinheit auf der Grundlage eines durch das Abbilden erlangten Bildes die Bestrahlungsposition des positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahls auf eine Zielposition einstellt, die Abbildungseinheit, indem sie zulässt, dass das von der Reflexionseinheit reflektierte zweite emittierte Licht in sie einfällt, die Region, einschließlich der Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, abbildet, um eine Zielposition eines zur Behandlung dienenden geladenen Teilchenstrahls zu bestimmen, und von dem eine Bestrahlungsposition bestimmenden geladenen Teilchenstrahl auf den zur Behandlung dienenden geladenen Teilchenstrahl umgeschaltet wird und die Zielposition mit dem zur

Behandlung dienenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird.

[0025] Wie oben beschrieben, ist erfindungsgemäß eine Wirkung erzielbar, die darin besteht, dass eine Zielposition eines zur Behandlung dienenden geladenen Teilchenstrahls präzise bestimmbar ist, indem ein zu beobachtendes Objekt abgebildet und das Objekt, zum Beispiel ein zu untersuchendes Auge, diagnostiziert wird, während das Objekt mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird.

[0026] [Fig. 1](#) ist eine schematische Ansicht, die eine beispielhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0027] [Fig. 2](#) ist eine schematische vergrößerte Ansicht eines Folienspiegelabschnittes gemäß der beispielhaften Ausführungsform der Erfindung.

[0028] [Fig. 3A](#) ist ein Diagramm, das ein durch ein Anregungslichtbild erlangtes Fluoreszein-Fundus-Angiografiebild zeigt.

[0029] [Fig. 3B](#) ist ein Diagramm, das ein durch eine vorläufige Diagnose erlangtes Fluoreszein-Fundus-Angiografiebild zeigt.

[0030] [Fig. 3C](#) ist ein Diagramm, das ein durch eine Anregungslichtquelle erlangtes Fluoreszein-Fundus-Angiografiebild zeigt.

[0031] [Fig. 3D](#) ist ein Diagramm, das ein durch einen feinen Strahl zur Tiefenpositionsbestimmung erlangtes Fluoreszein-Fundus-Angiografiebild zeigt.

[0032] [Fig. 3E](#) ist ein Diagramm, das ein durch eine Anregungslichtquelle erlangtes Fluoreszein-Fundus-Angiografiebild zeigt.

[0033] Im Folgenden wird eine beispielhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausführlich unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Das Beispiel wird durch Anwenden der Erfindung auf eine Teilchenstrahl-Behandlungsvorrichtung, die eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines Augenfundus aufweist, erlangt.

[0034] Wie [Fig. 1](#) zeigt, ist die beispielgemäße Teilchenstrahl-Behandlungsvorrichtung, die die Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines Augenfundus aufweist, mit einer Elektromagnetengruppe **12** zur Ablenkung eines geladenen Teilchenstrahls versehen, in der eine Mehrzahl von Elektromagneten **10** angeordnet ist, die einen geladenen Teilchenstrahl, der von einer Strahlungsquelle **11** des geladenen Teilchenstrahls abgestrahlt wird, zu einem als Objekt zu untersuchenden Auge hinlenken. Der geladene Teilchenstrahl, der verwendet werden kann,

schließt einen Schwerionenstrahl, zum Beispiel ein Kohlenstoffionenstrahl, und einen geladenen Teilchenstrahl, zum Beispiel ein Protonenstrahl mit einer Bragg'schen Kurve, ein.

[0035] Mit der Strahlungsquelle **11** des geladenen Teilchenstrahls ist eine Bedienungseinheit **17** verbunden, die einen Schalter **13** zum Starten und Stoppen der Bestrahlung mit dem geladenen Teilchenstrahl und einen Umschalter **15** einschließt, der zwischen einem geladenen Teilchenstrahl zur Bestimmung einer Bestrahlungsposition und einem zur Behandlung dienenden geladenen Teilchenstrahl durch Regeln einer Stärke des geladenen Teilchenstrahls umschaltet.

[0036] Auf der Seite der Elektromagnetengruppe **12**, wo der geladene Teilchenstrahl aus ihr austritt, ist ein Reichweiteneinsteller **14** angeordnet, der aufgrund einer Mehrzahl von Reichweitenverschiebern, die aus Polymerfilmen gebildet und als Stapel angeordnet sind, eine Bestrahlungsposition eines geladenen Teilchenstrahls, der das zu untersuchende Auge bestrahlt, in einer Tiefenrichtung einer optischen Achse des zu untersuchenden Auges einstellt, das heißt, der eine Reichweite des geladenen Teilchenstrahls einstellt. Die Bestrahlungsposition des Strahls in der Tiefenrichtung der optischen Achse des Auges, das heißt, die Bestrahlungsposition in einer axialen Richtung des geladenen Teilchenstrahls, ist zum Beispiel in mehreren Stufen zu 50 µm durch Anpassen der Anzahl und der Dicken der Reichweitenverschieber in dem Reichweiteneinsteller **14** einstellbar.

[0037] Ein Bolus **16** zur Formung einer Verteilung des geladenen Teilchenstrahls in einer orthogonal zu der Achse des geladenen Teilchenstrahls liegenden Ebene ist auf der Seite des Reichweiteneinstellers **14**, wo der geladene Teilchenstrahl aus ihm austritt, angeordnet. Mittels des Bolus wird die Verteilung des geladenen Teilchenstrahls entsprechend der Form oder Krümmung einer Netzhaut geformt, um eine Schädigung der Netzhaut zu verhindern.

[0038] Auf der Seite des Bolus **16**, wo der geladene Teilchenstrahl aus ihm austritt, ist ein Folienspiegel **18**, der aus einem polymeren Werkstoff, zum Beispiel Polycarbonat oder Polyethylenterephthalat, besteht, in einem Winkel von 45° in Bezug auf die Achse des geladenen Teilchenstrahls angeordnet. Wie [Fig. 2](#) zeigt, ist auf der Seite des Folienspiegels **18**, die mit dem geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, ein aus einem lumineszierenden Werkstoff (zum Beispiel ein fluoreszierender Werkstoff) bestehender Lichtemitter, der aufgrund einer Bestrahlung mit einem geladenen Teilchenstrahl Licht emittiert, zur Bildung eines Szintillators **20** angebracht. Eine Fläche, die der Fläche, an der der Lichtemitter des Folienspiegels **18** angebracht ist, gegenüberliegt, fungiert als Rückstrahlfläche.

[0039] Auf diese Weise ist, indem der Lichtemitter an dem Folienspiegel **18** angebracht wird, eine erfindungsgemäße Reflexionseinheit, die den geladenen Teilchenstrahl transmittiert, Licht aus einer Region, die mit dem geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert und das Licht, das auf die Rückstrahlfläche fällt, zu der Außenseite der Achse des geladenen Teilchenstrahls hin reflektiert, konfigurierbar.

[0040] In der Reflexionseinheit können der Szintillator und der Spiegel zu einem Ganzen zusammengefasst werden, indem, wie oben beschrieben, ein Lichtemitter an dem Folienspiegel angebracht wird. Es kann jedoch ein Werkstoff, der eine Rückstrahlfläche bilden kann, auf ein Lichtemitterelement, das aufgrund der Bestrahlung mit dem geladenen Teilchenstrahl Licht emittiert, aufgedampft werden, um den Szintillator und den Spiegel zu einem Ganzen zusammenzufassen. Ferner können der Szintillator und der Folienspiegel zu einem Ganzen zusammengefasst werden, indem sie aneinander geklebt werden. Wenn mindestens der Szintillator oder der Spiegel aus einem Werkstoff gebildet wird, der einen geladenen Teilchenstrahl nicht transmittiert, kann in einem Abschnitt des Elementes entsprechend einer Achse des geladenen Teilchenstrahls ein Loch gebildet werden, so dass der geladene Teilchenstrahl teilweise durch das Loch hindurchtritt. Der geladene Teilchenstrahl, der nicht durch das Loch hindurchtritt, wird auf den Szintillator abgestrahlt und bewirkt, dass der Lichtemitter Licht emittiert.

[0041] Ein Werkstoff des Elementes, das den Spiegel bildet, ist nicht auf einen spezifischen Werkstoff beschränkt. Es ist jedoch vorzugsweise ein Werkstoff zu verwenden, der die Energie des geladenen Teilchenstrahls nicht wesentlich reduziert und den geladenen Teilchenstrahl nicht streut.

[0042] Das Beispiel, bei dem der Szintillator und der Spiegel zu einem Ganzen zusammengefasst werden, ist oben beschrieben. Der Szintillator und der Spiegel können jedoch voneinander getrennt und mit einem vorgegebenen Abstand in einer axialen Richtung des geladenen Teilchenstrahls angeordnet werden, oder es kann ein Lichtemitter an einer Fläche eines einzelnen Basiswerkstoffes angebracht und ein Werkstoff, der die Rückstrahlfläche bildet, auf die andere Fläche davon aufgedampft werden.

[0043] An einer Position, wo der Lichtemitter des Szintillators **20** beobachtet werden kann, ist eine Vorrichtung **22** zur Beobachtung des Strahlzustandes mit einer Strahlprofil-Überwachungseinrichtung, gebildet durch eine Mikrostreifen-Gaskammer oder dergleichen, zur Überwachung eines Strahlprofils des Lichtemitters und einer Zählleinrichtung, die die Teilchen des Strahls zählt, angeordnet. Da die Vorrichtung **22** zur Beobachtung des Strahlzustandes das Strahlprofil überwachen kann, kann eine Position des gela-

denen Teilchenstrahls auf einer orthogonal zu einer Achse des das Auge bestrahlenden geladenen Teilchenstrahls liegenden Ebene erfasst werden.

[0044] Ferner ist an einer Position, wo das von dem Folienspiegel **18** reflektierte Licht einfallen kann, eine Augenfundus-Abbildungsvorrichtung **24** angeordnet, die einen Augenfundus des Auges abbildet.

[0045] In der Augenfundus-Abbildungsvorrichtung **24** ist eine Anregungslichtquelle zur Bestrahlung eines Augenfundus mit einem Anregungslicht untergebracht. In dem Beispiel werden ein Halbleiterlaser **24A**, der nahes Infrarotlicht abstrahlt, und eine Halogenlampe **24B**, die sichtbares Licht abstrahlt, als Anregungslichtquelle verwendet. Als Anregungslichtquelle kann jede Lichtquelle verwendet werden, die eine Strahlung (ionisiert oder nichtionisiert) zum Bewirken einer Lichtemission eines Augenfundus-Fluoreszenz-Kontrastmittels emittieren kann.

[0046] In der Augenfundus-Abbildungsvorrichtung **24** sind eine Objektivlinse **24C** mit einer Brennweite, in der ein Augenfundus fokussiert werden kann, und eine Augenfundus-Kamera **24D** zum Abbilden des Augenfundus bereitgestellt.

[0047] Positionen der Elektromagnetengruppe und der Augenfundus-Abbildungsvorrichtung werden vorab festgelegt, so dass ein optischer Achsenabschnitt der Augenfundus-Abbildungsvorrichtung **24** von dem Folienspiegel **18** zu dem Auge mit einem Strahlachsenabschnitt des geladenen Teilchenstrahls von dem Folienspiegel **18** zu dem Auge übereinstimmt. Daher stimmt eine Bestrahlungsposition des geladenen Teilchenstrahls im Wesentlichen mit einer Lichtbestrahlungsposition der Anregungslichtquelle überein.

[0048] Als Augenfundus-Fluoreszenz-Kontrastmittel kann ein Kontrastmittel, das Fluoreszein, Indocyaningrün oder dergleichen enthält, verwendet werden. Wenn das Kontrastmittel, das Indocyaningrün enthält, verwendet wird, wird das Anregungslicht von dem Halbleiterlaser **24A**, der nahes Infrarotlicht abstrahlt, verwendet. Wenn das Kontrastmittel, das Fluoreszein enthält, verwendet wird, wird das Anregungslicht von der Halogenlampe **24B** verwendet.

[0049] Es folgt als nächstes eine Beschreibung eines Verfahrens zur Behandlung durch Bestimmen einer Zielposition eines Augenfundus durch die die Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines Augenfundus einschließende Teilchenstrahl-Behandlungsvorrichtung gemäß der beispielhaften Ausführungsform. Ein Augenfundus-Fluoreszenz-Kontrastmittel wird vorab in das zu untersuchende Auge injiziert. Ferner wird ein geladener Teilchenstrahl vorab so eingestellt, dass ein Tiefenpositionsbestimmungsstrahl einen Durchmesser von ca. 1 bis 10 mm hat

und jede Bestrahlungsstärke auf 1% oder weniger einer therapeutischen Dosis eingestellt ist.

[0050] Die Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines Augenfundus ist unmittelbar vor dem Augapfel des Auges angeordnet, und das Anregungslicht von der Anregungslichtquelle wird abgestrahlt, um den Augenfundus zu fotografieren, so dass ein durch das Anregungslicht erlangtes Fluoreszein-Fundus-Angiografiebild (zum Beispiel [Fig. 3A](#)) mit einem durch eine vorläufige Diagnose erlangten Fluoreszein-Fundus-Angiografiebild (zum Beispiel [Fig. 3B](#)) abgeglichen und ein durch Bestrahlung zu behandelndes Objekt bestätigt wird.

[0051] Ferner wird das Auge mit dem Tiefenpositionsbestimmungsstrahl bestrahlt, und die Vorrichtung **22** zur Beobachtung des Strahlzustandes entnimmt Positionsinformationen über eine orthogonal zu der Achse des geladenen Teilchenstrahls liegende Ebene aus dem Profil des durch den Lichtemitter gehenden geladenen Teilchenstrahls. Wenn die Position in Bezug auf eine Zielposition versetzt ist, wird das Auge bewegt, so dass die Bestrahlungsposition des geladenen Teilchenstrahls so eingestellt wird, dass sie mit der Zielposition auf der orthogonal zu der Achse liegenden Ebene übereinstimmt.

[0052] Nachdem das Objekt der Bestrahlungsbehandlung durch den Abgleich der Fluoreszein-Fundus-Angiografiebilder bestätigt worden ist, wird, während in mehreren Schritten die Position des Tiefenpositionsbestimmungsstrahls in Stufen von mehreren 50 µm von der Lederhaut des Augenfundus zur Netzhaut eingestellt wird, das heißt, für jede spezifische Tiefe eine mehrmalige Einstellung erfolgt, der Augenfundus, in den das Augenfundus-Fluoreszenz-Kontrastmittel injiziert worden ist, bei jeder spezifischen Tiefe mit dem geladenen Teilchenstrahl bestrahlt. Zu diesem Zeitpunkt kompensiert der Bolus die Verzerrung einer Dosisverteilung des geladenen Teilchenstrahls. Ferner wird von dem Augenfundus-Fluoreszenz-Kontrastmittel, das Fluoreszein, Indocyaningrün oder dergleichen enthält, als Reaktion auf die Bestrahlung mit den geladenen Teilchen Lumineszenz emittiert.

[0053] Die Emission von dem Augenfundus-Fluoreszenz-Kontrastmittel für jede spezifische Tiefe aufgrund der Bestrahlung mit dem geladenen Teilchenstrahl wird von dem Folienspiegel **18** reflektiert und fällt in die Augenfundus-Abbildungsvorrichtung ein, die einen vorgegebenen Arbeitssabstand hat, und die Fundus-Kamera nimmt ein Bild eines Augenfundus-Blutgefäßes (zum Beispiel ein in [Fig. 3D](#) gezeigtes Fluoreszein-Fundus-Angiografiebild) auf. Somit werden Augenfundus-Blutgefäß-Bilder für jede spezifische Tiefe erlangt. Dann wird ein Ziel-Augenfundus-Blutgefäß-Bild aus der Mehrzahl von Augenfundus-Blutgefäß-Bildern ausgewählt und der Reichweiten-

einsteller wird auf einen Zustand des Reichweiteneinstellers eingestellt, bei dem das ausgewählte Augenfundus-Blutgefäß-Bild erlangt wird, so dass die Bestrahlungstiefe des geladenen Teilchenstrahls, das heißt, die Bestrahlungsposition, auf die Zielposition eingestellt werden kann.

[0054] Anschließend wird der Umschalter **15** der Bedienungseinheit **17** bedient, um die Stärke und Größe des geladenen Teilchenstrahls von der Stärke und Größe des Tiefenpositionsbestimmungsstrahls auf die Stärke und Größe eines zur Behandlung dienenden Strahls umzuschalten, wird das Anregungslicht aus der Anregungslichtquelle der Augenfundus-Abbildungsvorrichtung abgestrahlt, um zu bewirken, dass das Augenfundus-Fluoreszenz-Kontrastmittel in dem Augenfundus des Auges Lumineszenz emittiert, und wird ein Bild (zum Beispiel [Fig. 3C](#)) des durch die Lichtemission bestrahlten Augenfundus unter Verwendung der Fundus-Kamera als sich bewegendes Bild in Echtzeit aufgenommen. Ein Kreuz, das ein Ziel einer Behandlungsbestrahlung darstellt, wird auf dem aufgenommenen Bild ([Fig. 3E](#)) angezeigt, um die Zielposition des zur Behandlung dienenden Strahls zu bestimmen, und der zur Behandlung dienende Strahl wird abgestrahlt. Auf diese Weise wird der zur Behandlung dienende Strahl auf die durch das Kreuz angezeigte Zielposition abgestrahlt, während die Bestrahlungsposition des geladenen Teilchenstrahls in einer planaren Richtung eines Krankheitsherdes des Auges überprüft wird, um eine Behandlung durchzuführen.

[0055] Gemäß der beispielhaften Ausführungsform kann, da ein von dem Augenfundus des Auges ausgehendes Licht zu der Außenseite der Achse des geladenen Teilchenstrahls hin reflektiert wird, verhindert werden, dass das optische System zur Bestrahlung des Augenfundus mit dem geladenen Teilchenstrahl störend auf das optische System der Augenfundus-Abbildungsvorrichtung einwirkt.

[0056] Ferner kann gemäß der beispielhaften Ausführungsform, da eine kleine Region präzise mit einem geladenen Teilchenstrahl bestrahlbar ist, die Erfindung auf eine Erkrankung des Augapfels (insbesondere des Augenfundus) angewendet werden, bei der es erforderlich ist, dass eine kleine Läsion präzise mit einem geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird. Außerdem kann die Erfindung als innovatives Überprüfungs- und Behandlungsverfahren verwendet werden, das die Belastungen für einen Patienten minimiert, ohne den Patienten oder die Netzhaut des Auges zu beeinträchtigen.

[0057] In der oben stehenden Beschreibung wird auf den Augenfundus als Objekt abgezielt. Eine Behandlung unter Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist jedoch nicht auf den Augenfundus be-

schränkt, sondern kann auch an anderen befallenen Teilen vorgenommen werden.

[0058] Die Erfindung kann auf die Behandlung eines befallenen Teils durch Bestrahlen eines Augenfundus eines zu untersuchenden Auges mit einem geladenen Teilchenstrahl, zum Beispiel ein Kohlenstoffionenstrahl, und mit einem Anregungslicht, durch Erlangen eines Augenfundus-Bildes zur Bestimmung einer Zielposition des geladenen Teilchenstrahls und durch Bestrahlen der bestimmten Zielposition mit einem zur Behandlung dienenden geladenen Teilchenstrahl angewendet werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls, umfassend: eine Einstelleinheit (14), die eine Bestrahlungsposition eines eine Bestrahlungsposition bestimmenden geladenen Teilchenstrahls, der von einer Quelle (11) des geladenen Teilchenstrahls abgestrahlt wird, in einer Tiefenrichtung eines Objektes einstellt, eine Reflexionseinheit (18), die den positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl transmittiert oder ihn passieren lässt und ein erstes emittiertes Licht, das von einer Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, und ein zweites emittiertes Licht, das aufgrund einer Bestrahlung mit einem Anregungslicht von einer Region, einschließlich der Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, von der Achse des geladenen Teilchenstrahls weg reflektiert, und eine Abbildungseinheit (24), die an einer Position, wo das erste emittierte Licht und das zweite emittierte Licht, die von der Reflexionseinheit reflektiert werden, einfallen, angeordnet ist und die Region, einschließlich der Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, durch Zulassen des Einfalls des ersten emittierten Lichtes und des zweiten emittierten Lichtes abbildet.

2. Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls nach Anspruch 1, ferner umfassend: einen Lichtemitter (20), der in einem Strahlengang des positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahls, der das Objekt bestrahlt, angeordnet ist und aufgrund der Bestrahlung mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl Licht emittiert, und eine Erfassungseinheit (22), die eine Position des geladenen Teilchenstrahls, der das Objekt bestrahlt, auf einer orthogonal zu der Achse des geladenen Teilchenstrahls liegenden Ebene auf der Grundlage des von dem Lichtemitter emittierten Lichtes erfasst.

3. Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtemitter (20) und die Reflexionseinheit (18) zu einem Ganzen zusammengefasst sind.

4. Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein fluoreszierendes Kontrastmittel in das Objekt injiziert wird.

5. Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls, umfassend: eine Einstelleinheit (14), die eine in einer Tiefenrichtung einer optischen Achse eines ein Objekt darstellenden, zu untersuchenden Auges liegende Bestrahlungsposition eines eine Bestrahlungsposition bestimmenden geladenen Teilchenstrahls, der von einer Strahlungsquelle (11) des geladenen Teilchenstrahls abgestrahlt wird, einstellt, eine Reflexionseinheit (18), die den positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl transmittiert oder ihn passieren lässt und ein erstes emittiertes Licht, das von einer Region des Auges, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, und ein zweites emittiertes Licht, das aufgrund einer Bestrahlung mit einem Anregungslicht von einer Region, einschließlich der Region des Auges, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, von der Achse des geladenen Teilchenstrahls weg reflektiert, und eine Abbildungseinheit (24), die an einer Position, wo das erste emittierte Licht und das zweite emittierte Licht, die von der Reflexionseinheit reflektiert werden, einfallen, angeordnet ist und die Region, einschließlich der Region des Auges, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, durch Zulassen des Einfalls des ersten emittierten Lichtes und des zweiten emittierten Lichtes abbildet.

6. Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls nach Anspruch 5, ferner umfassend: einen Lichtemitter (20), der in einem Strahlengang des positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahls, der das Auge bestrahlt, angeordnet ist und aufgrund der Bestrahlung mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl Licht emittiert, und eine Erfassungseinheit (22), die eine Position des geladenen Teilchenstrahls, der das Auge bestrahlt, auf einer orthogonal zu der Achse des Strahls liegenden Ebene auf der Grundlage des von dem Lichtemitter emittierten Lichtes erfasst.

7. Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtemitter und

die Reflexionseinheit zu einem Ganzen zusammengefasst sind.

8. Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der geladene Teilchenstrahl Teilchen mit einem Bragg-Peak einschließt.

9. Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Fluoreszenzmittel in das Auge injiziert wird.

10. Verfahren zur Betreiben der Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls nach einem der Ansprüche 5 bis 9, wobei das Verfahren umfasst:

durch die Einstelleinheit (14) in einer Mehrzahl von Schritten erfolgreiches Einstellen einer in der Richtung einer optischen Achse des Auges liegenden Bestrahlungsposition des geladenen Teilchenstrahls, der von der Strahlungsquelle (11) des geladenen Teilchenstrahls abgestrahlt wird, in einer von der Lederhaut des Augenfundus zur Netzhaut verlaufenden Richtung,

Zulassen, dass das erste emittierte Licht, das von der Region des Auges, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, in die Abbildungseinheit (24) einfällt, und in jedem Schritt erfolgreiches Abbilden der Region, einschließend die Region des Auges, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird,

durch die Einstelleinheit (14) auf der Grundlage eines durch das Abbilden erlangten Bildes erfolgreiches Einstellen der Bestrahlungsposition des positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahls auf eine Zielposition, und

Zulassen, dass das zweite emittierte Licht, das von der Reflexionseinheit (18) reflektiert wird, in die Abbildungseinheit (24) einfällt, und Abbilden der Region, einschließend die Region des Auges, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, um eine Zielposition eines zur Behandlung dienenden geladenen Teilchenstrahls zu bestimmen.

11. Behandlungsvorrichtung, umfassend die Vorrichtung zur Bestimmung einer Zielposition eines geladenen Teilchenstrahls nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

12. Behandlungsvorrichtung, die einen geladenen Teilchenstrahl verwendet, umfassend:

eine Einstelleinheit (14), die eine Bestrahlungsposition eines eine Bestrahlungsposition bestimmenden geladenen Teilchenstrahls, der von einer Quelle (11) des geladenen Teilchenstrahls abgestrahlt wird, in einer Tiefenrichtung eines Objektes einstellt,

eine Reflexionseinheit (18), die den positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl transmittiert oder ihn passieren lässt und ein erstes emittiertes Licht, das von einer Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, und ein zweites emittiertes Licht, das aufgrund einer Bestrahlung mit einem Anregungslicht von einer Region, einschließend die Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, emittiert wird, von der Achse des geladenen Teilchenstrahls weg reflektiert, und

eine Abbildungseinheit (24), die an einer Position, wo das erste emittierte Licht und das zweite emittierte Licht, die von der Reflexionseinheit (18) reflektiert werden, einfallen, angeordnet ist und eine Region, einschließend die Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, durch Zulassen des Einfalls des ersten emittierten Lichtes und des zweiten emittierten Lichtes abbildet.

wobei die Einstelleinheit (14) in einer Mehrzahl von Schritten eine Bestrahlungsposition des positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahls, der von der Strahlungsquelle (11) des geladenen Teilchenstrahls abgestrahlt wird, in einer Tiefenrichtung eines Objektes einstellt,

die Abbildungseinheit (24) in jedem Schritt eine Region, einschließend die Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, durch Zulassen des Einfalls des von dem mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlten Teil des Objektes emittierten ersten emittierten Lichtes in die Abbildungseinheit (24) abbildet,

die Einstelleinheit (14) auf der Grundlage eines durch das Abbilden erlangten Bildes die Bestrahlungsposition des positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahls auf eine Zielposition einstellt,

die Abbildungseinheit (24), indem sie zulässt, dass das von der Reflexionseinheit (18) reflektierte zweite emittierte Licht in sie einfällt, die Region, einschließend die Region des Objektes, die mit dem positionsbestimmenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird, abbildet, um eine Zielposition eines zur Behandlung dienenden geladenen Teilchenstrahls zu bestimmen, und

von dem eine Bestrahlungsposition bestimmenden geladenen Teilchenstrahl auf den zur Behandlung dienenden geladenen Teilchenstrahl umgeschaltet wird und die Zielposition mit dem zur Behandlung dienenden geladenen Teilchenstrahl bestrahlt wird.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

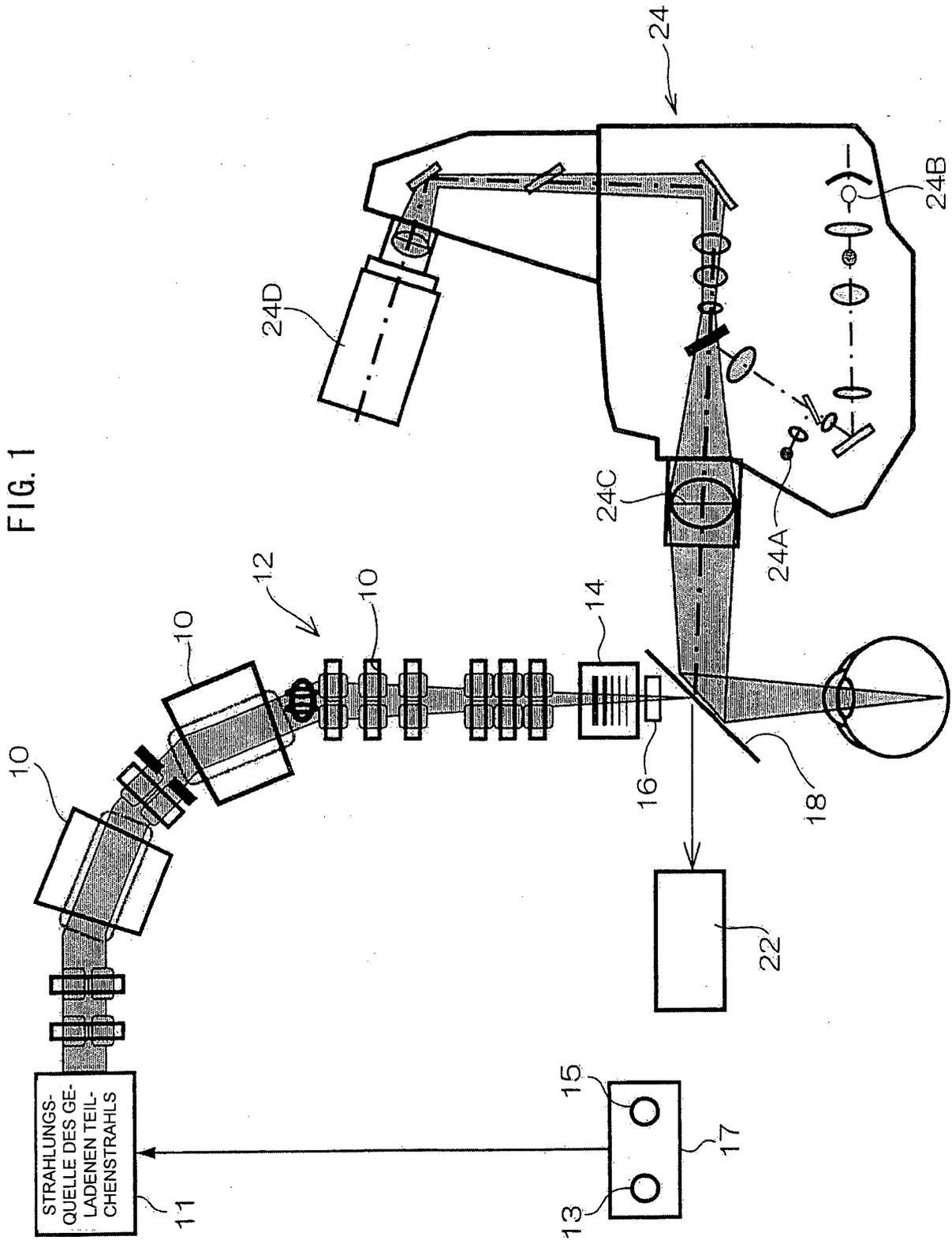


FIG. 2

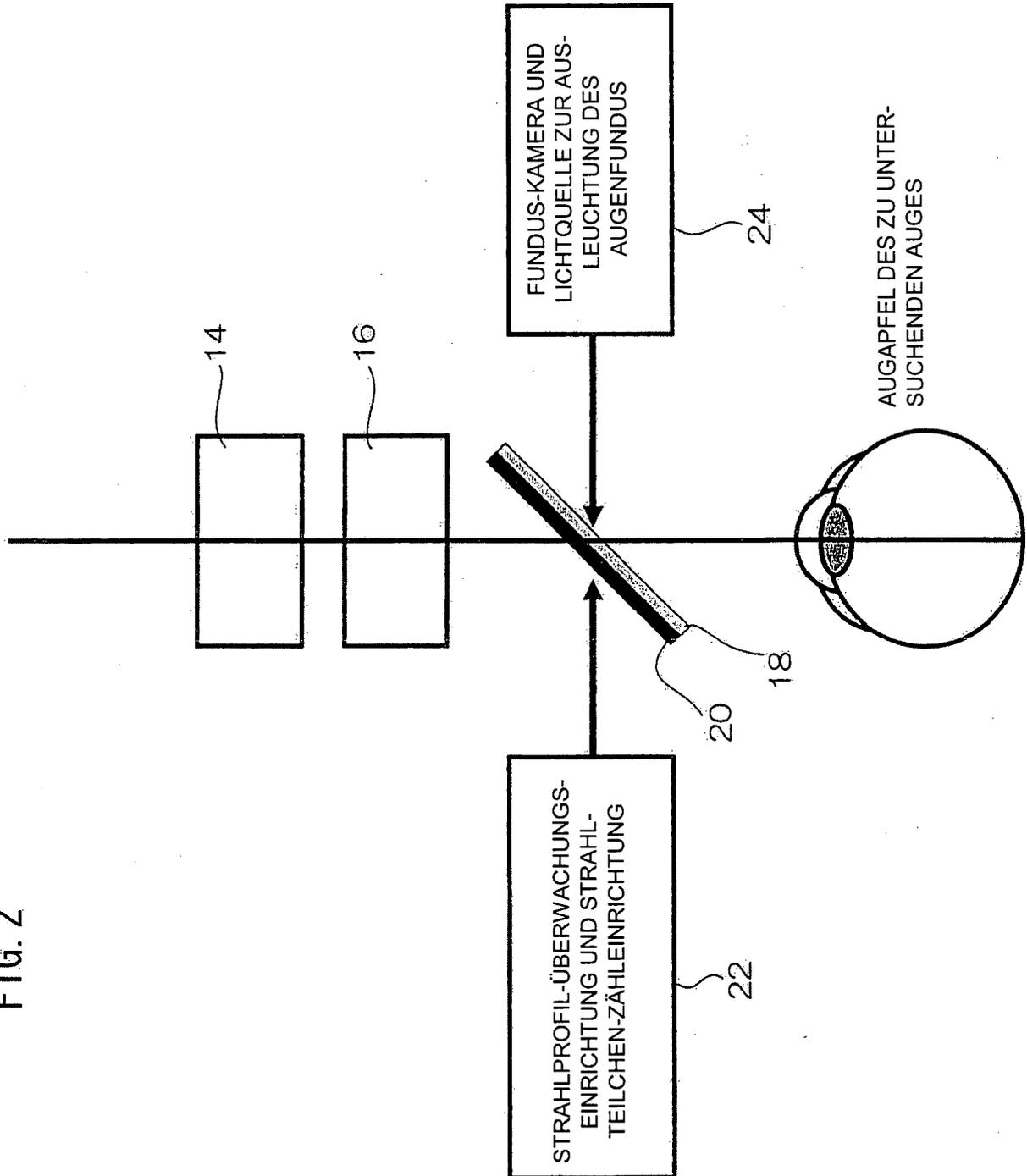


FIG. 3A

FLUORESZEIN-FUNDUS-ANGIOGRAFIEBILD
MITTEL ANREGUNGSLICHTQUELLE

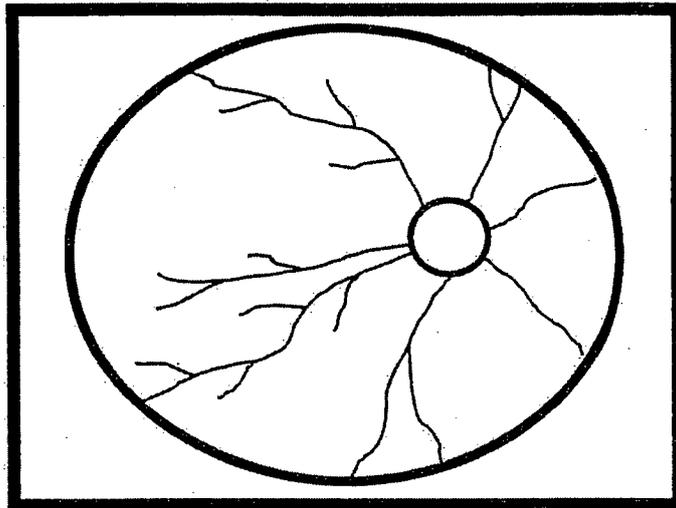


FIG. 3B

FLUORESZEIN-FUNDUS-ANGIOGRAFIEBILD
MITTELS VORLÄUFIGER DIAGNOSE

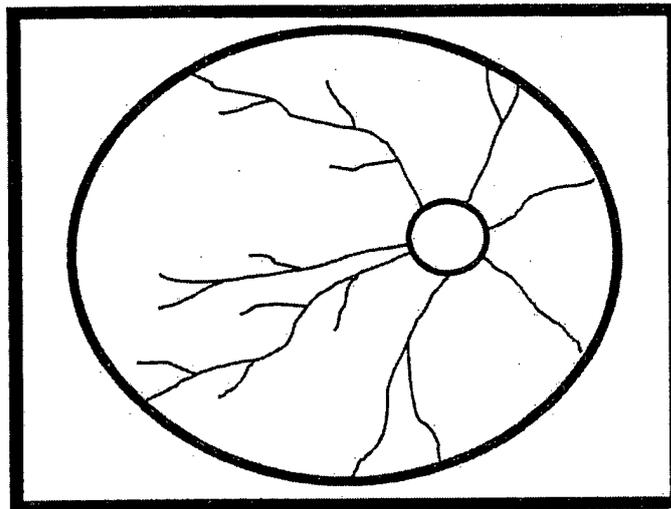


FIG. 3C

FLUORESZEIN-FUNDUS-ANGIOGRAFIEBILD
MITTELS ANREGUNGSLICHTQUELLE

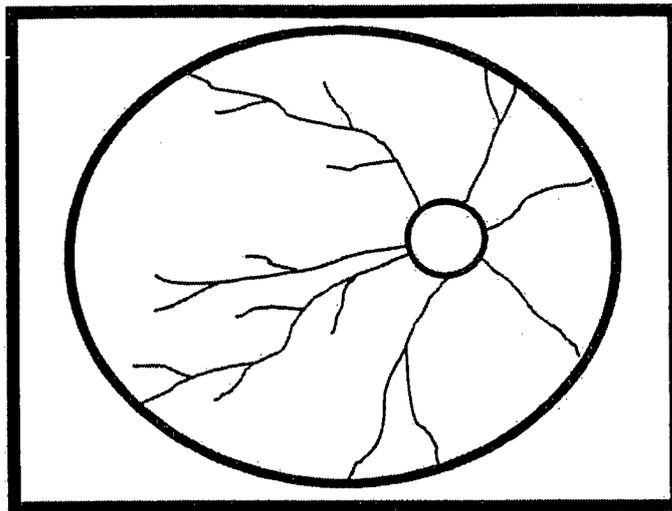


FIG. 3D

FLUORESZEIN-FUNDUS-ANGIOGRAFIEBILD MITTELS
TIEFENPOSITIONSBESTIMMUNGSSTRAHL (\varnothing 1 bis 10mm)

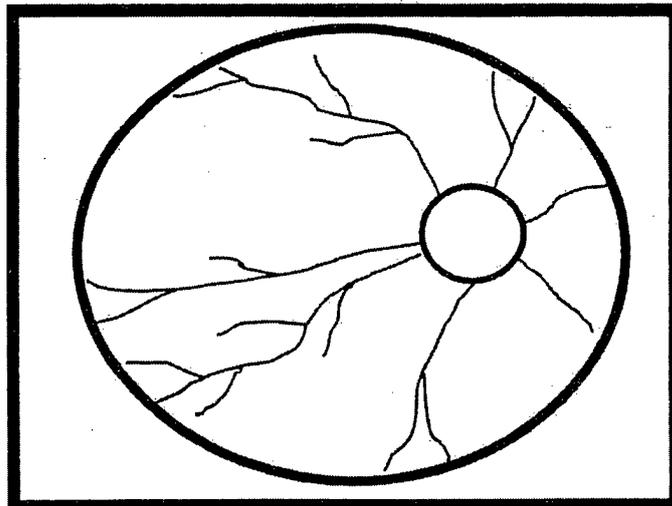


FIG. 3E

FLUORESZEIN-FUNDUS-ANGIOGRAFIEBILD
MITTELS ANREGUNGSLICHTQUELLE

