CH 687 109 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 687 109 A5

(51) Int. Cl.[6]: G 02 B 021/22
G 02 B 021/36
H 04 N 013/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 03196/93

(22) Anmeldungsdatum: 25.10.1993

(30) Priorität: 22.12.1992 DE A4243556.0

(24) Patent erteilt: 13.09.1996

(45) Patentschrift veröffentlicht: 13.09.1996

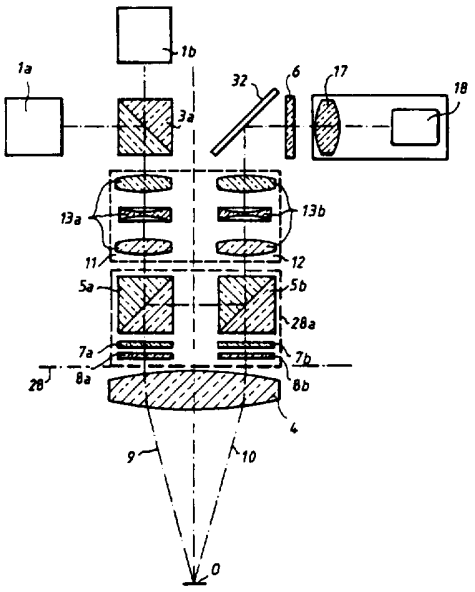
(73) Inhaber:
Firma Carl Zeiss, D-89520 Heidenheim/Brenz (DE)

(72) Erfinder:
Kohlhaas, Ulrich, Oberkochen (DE)
Wolf, Hartmut, Oberkochen (DE)

(74) Vertreter:
Patentanwaltsbüro Dr. W. Grimm, Bergstrasse 25, 8618 Oetwil am See (CH)

(54) Stereoskopisches Mikroskop zur Darstellung dreidimensionaler Abbildungen auf einem elektronischen Bildschirm.

(57) Zur Darstellung von stereoskopischen Mikroskopbildern auf einer elektronischen Wiedergabevorrichtung (19) wird eine Stelle im Stereomikroskop angegeben, an der Hilfsmittel (28a) für die alternierende Unterbrechung der stereoskopischen Abbildungsstrahlen (9, 10) und für deren Zusammenführung zur alternierenden Abbildung in einer Fernsehkamera (18) eingeführt werden können.



Beschreibung

Stereoskopische Mikroskope finden zunehmend Einsatzgebiete sowohl in der Chirurgie als auch in der Fertigung und Kontrolle kleiner mechanischer und elektronischer Bauteile. In vielen Anwendungsgebieten sollen stereoskopische d.h. räumliche Mikroskopbilder auch auf elektronischen Bildwiedergabevorrichtungen z.B. Fernsehbildschirmen dargestellt werden, sei es für Demonstrationszwecke oder zur Bildübertragung an einen vom Arbeitsort entfernten Beobachtungsort.

Aufgrund beruflich geläufiger Überlegungen bietet sich dem Fachmann an, zur Übertragung räumlicher Mikroskopbilder auf einem elektronischen Bildschirm jeden der beiden stereoskopischen Strahlengänge über einen Strahlteiler vom Stereo-Mikroskop auszukoppeln und einer Bildaufnahmevorrichtung zuzuführen. Im DE-GBM 8 902 710 wird vorgeschlagen, für stereoskopische Beobachtungen oder Aufzeichnungen zwei Fernsehkameras mit einem Operationsmikroskop zu verbinden und sie mit je einem stereoskopischen Halbbild zu beaufschlagen. Die stereoskopischen Halbbilder der beiden Fernsehkameras können entweder auf einem gemeinsamen Bildschirm nebeneinander oder auf zwei Bildschirmen dargestellt und mit einer an sich bekannten Prismenbrille betrachtet werden. Derartige Bildaufnahme- und -wiedergabevorrichtungen sind beispielsweise in der US-PS 5 028 994 und in der DE-PS 4 134 033 beschrieben.

Abgesehen von den Kosten für zwei Fernsehkameras hat diese bekannte Massnahme auch Nachteile hinsichtlich der Anforderungen, die an die Zentrierung gestellt werden. Bei der Beobachtung der beiden stereoskopischen Halbbilder in den Okularen eines Stereo-Mikroskopes lässt nämlich das Augenpaar wegen des Fehlens äusserer Bezugspunkte Toleranzen bezüglich Zentrierung und Vergrösserung in gewissem Umfang zu. Da aber bei der Darstellung auf einem Fernsehbildschirm bzw. Monitor die Umwelt mit wahrgenommen wird, sind erhöhte Fertigungs- und Justiergenauigkeiten erforderlich.

Die Erfindung hat sich zur Aufgabe gestellt, ein durch ein stereoskopisches Mikroskop gewonnenes dreidimensionales Bild mit nur einer Fernsehkamera auf einen Monitor zu übertragen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass – in Richtung der vom Objekt kommenden Abbildungsstrahlen gesehen – hinter dem abbildenden Objektiv (Hauptobjektiv) Mittel vorgesehen sind zur alternierenden Beaufschlagung eines von zwei Beobachtungskanälen mit den stereoskopischen Halbbildern und dass ausserdem Mittel vorgesehen sind zur alternierenden Darstellung der stereoskopischen Halbbilder auf einer elektronischen Bildaufnahmevorrichtung.

Ausgestaltungen der Erfindung und zweckmässige Ausführungsbeispiele sind in den Merkmalen der abhängigen Ansprüche 2 bis 12 enthalten.

Beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. Die gezeigten Ausführungsbeispiele sollen jedoch keine Beschränkung des Erfindungsgedankens darstellen, dessen Realisierung auch mit anderen, hier nicht gezeigten Hilfsmitteln zur videofrequenten alternierenden Unterbrechung und ausschliessenden Zusammenführung der stereoskopischen Abbildungsstrahlen in einer Achsrichtung möglich ist.

Im einzelnen zeigen:

Fig. 1 die schematische Darstellung eines Ausführungsbeispieles mit einem hinter dem Hauptobjektiv angeordneten Umlenkelement und einem getakteten Spiegel zur Beaufschlagung eines Vergrösserungskanals mit den beiden stereoskopischen Halbbildern für die Beobachtung über Monitor;

Fig. 2 die schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels mit hinter dem Hauptobjektiv angeordneten Polarisatoren und ferroelektrischen Flüssigkristallschaltern für die Beobachtung sowohl durch einen binokularen Tubus als auch auf einem Monitor;

Fig. 3a–3d die Vorgänge bei der Lichtpolarisierung und -unterbrechung bei dem Beispiel nach Fig. 2;

Fig. 4 die schematische Darstellung einer Variation des in Fig. 2 dargestellten Beispiels;

Fig. 4a u. 4b die Darstellung der Lichtpolarisierungsvorgänge im Beispiel nach Fig. 4;

Fig. 5 die schematische Darstellung einer Variation des in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiels;

Fig. 6 eine Variation des in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiels;

Fig. 6a die Darstellung des in Fig. 6 verwendeten Zerhackerrades;

Fig. 7 eine Variation des Ausführungsbeispieles nach Fig. 5;

Fig. 7a–7c Ansteuerung der in Fig. 7 dargestellten Verschlüsse;

Fig. 8 eine Variation des Beispieles nach Fig. 7;

Fig. 8a–8c Ansteuerung der in Fig. 8 dargestellten Verschlüsse.

In der Darstellung der Fig. 1 ist mit (0) die Objektebene bezeichnet, von der aus die Stereobeobachtungsstrahlen (9, 10) unter einem Stereowinkel auf das Hauptobjektiv eines Stereomikroskopes treffen. Das nach unendlich abbildende Hauptobjektiv (4) macht die beiden Teilbündel (9, 10) einander parallel. Dadurch ist gewährleistet, dass Vergrösserungssysteme, die in den Stereokanälen (11, 12) untergebracht sein können, als umkehrbare Gallilei-Systeme ausgebildet sein können, die in beiden Richtungen benutzt werden können und somit zwei verschiedene Vergrösserungen ergeben. In der Darstellung der Fig. 1 ist nur ein Gallilei-System (13b) eingezeichnet, das von beiden Stereostrahlengängen (9, 10) durchsetzt wird. Das Umlenkelement (16) wirft den Stereostrahl (9) auf den getakteten Spiegel (15), der üblicherweise mit der halben Halbbildfolgefrequenz die Stereostrahlen (9) und (10) alternierend auf das Vergrösserungssystem (13b) und von da auf die Fernsehkamera (18) bringt. Um ein Übersprechen der beiden Stereo-Strahlengänge (9, 10) am Ort der Fernsehkamera (18) zu vermeiden, wird diese hierbei mit einer Integrationszeit betrieben, die kleiner oder gleich der Dauer eines Halbbildes ist. Anstelle des getakteten

Spiegels (15) kann auch ein schaltbarer Strahlteiler oder eine mit gleicher Frequenz arbeitende Blende verwendet werden. Die Steuereinheit (15a) kann ein auf dem Bildschirm (19) befindliches schaltbares Polarisationsfilter ansteuern, das mit dem Wechsel der stereoskopischen Halbbilder getriggert wird. Der Benutzer trägt in diesem Falle eine Polarisationsbrille (31). Es ist aber auch möglich, dass eine Flüssigkristallshutterbrille getriggert wird, welche dem entsprechenden Auge das zugehörige Bild auf dem Bildschirm (19) freigibt (sequentielle Darstellung der beiden Stereoansichten auf dem Bildschirm). Im freien Raum des unbenutzten Stereokanals (11) kann eine elektronische Steuereinheit oder eine zusätzliche Beleuchtungsvorrichtung für das Operationsfeld oder ein anderes Hilfsmittel untergebracht sein.

In der Darstellung des Ausführungsbeispieles nach Fig. 2 sind Teile, die auch im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 verwendet werden, mit gleichen Bezugszeichen versehen. Im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 werden jedoch zwei Vergrösserungssysteme (13a, 13b) verwendet, weil simultan zur Darstellung des mikroskopischen Bildes auf einem Monitor über die TV-Kamera (18) auch Ausgänge (1a, 1b) für Beobachtung und/oder Dokumentation vorgesehen sind. Zwischen dem Hauptobjektiv (4) und den Vergrösserungssystemen (13a, 13b) befindet sich ein polarisationsoptisches System, dessen Aufgabe darin besteht, die abbildenden Stereostrahlen (9) und (10) nach dem Hauptobjektiv (4) videofrequent zu unterbrechen, auf eine gemeinsame Achse zu bringen und dem Vergrösserungssystem (13b) im Stereokanal (12) zuzuleiten. Der anschliessende Spiegel (32) koppelt seitenrichtig den Stereokanal (12) aus, der dann über den Analysator (6) zur Abbildungsoptik (17) der TV-Kamera (18) gelangt. Das Polarisationssystem besteht aus den Strahlteilern (5a, 5b), den FLC (Ferroelectric Liquid Crystal)-Schaltern (7a) und (7b) und den optischen Polarisatoren (8a) und (8b). Das Prinzip der Zusammenführung der Strahlengänge (9) und (10) ist in den Zeichnungen der Fig. 3a und 3b erläutert. Die Strahlteiler können sowohl aus Prismenteilern als auch aus schräggestellten Teilerplatten bestehen. Als optische Polarisatoren lassen sich Linearpolarisatoren oder Zirkularpolarisatoren in Kombination mit Lambda/4-Platten einsetzen.

Der Strahl (9) wird im Polarisator (8a) linear polarisiert, der Strahl (10) im Polarisator (8b), der zu (8a) um $\pi/2$ gedreht ist. D.h., die verbleibenden Komponenten der Strahlen (9) und (10) stehen ebenfalls in einem Winkel $\pi/2$ zueinander. Liegt an den FLC-Schaltern (7a) und (7b) eine negative Spannung (Fig. 3a) an, geht das Licht unverändert hindurch und wird anschliessend durch die beiden Strahlteiler (5a) und (5b) wieder vereinigt. Der nachfolgende Analysator (6) lässt nur den vom Objekt kommenden Strahl (10) durch.

Legt man nun an die FLC-Schalter (7a) und (7b) ein positive Spannung (Fig. 3b) an, so werden die Komponenten der Strahlen (9) und (10) um $\pi/2$ gedreht, so dass im Analysator (6) nunmehr der Strahl (9) durchgelassen wird.

In der Zeichnung der Fig. 2 sind die FLC-Schalter (7a) und (7b) als zwei Elemente eingezeichnet. Sie können aber auch aus einem Bauelement mit entsprechend grossem Durchmesser bestehen.

In der Zeichnung der Fig. 3c und 3d weisen die Polarisatoren (8a, 8b) die gleiche Orientierung auf, während die FLC-Schalter (7a, 7b) im Gegentakt angesteuert werden. Somit können in diesem Fall die Polarisatoren (8a, 8b) als ein Bauelement mit entsprechend grossem Durchmesser ausgeführt sein.

Es bietet sich für dieses Ausführungsbeispiel an, im Mikroskopkörper hinter dem Objektiv (4) eine Schnittstelle (28) vorzusehen, an der ein Adapterteil (28a) einsetzbar ist.

Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 befinden sich nur die Polarisatoren (8a, 8b) und die Strahlteiler (5a, 5b) zwischen dem Hauptobjektiv (4) und den Vergrösserungssystemen (13a, 13b). Ein FLC-Schalter (7) befindet sich zwischem dem Strahlteiler (3b) und dem Analysator (6). Die Vorteile bei diesem Ausführungsbeispiel sind ein geringer Platzbedarf zwischen dem Hauptobjektiv (4) und dem Strahlteiler (5) und der Bedarf von nur einem FLC-Schalter mit geringem Durchmesser. Für direkte Beobachtung ist ein Binokulartubus (1) vorgesehen, vor dem ein Analysator (6a) angeordnet ist, der zum Polarisator (8a) gekreuzt und zum Polarisator (8b) parallel angeordnet ist. An der Schnittstelle (28) ist das Adapterteil (28b) an den Mikroskopkörper ansetzbar.

Die Funktion der Polarisatoren (8a, 8b) und des FLC-Schalters (7) im Beispiel nach Fig. 4 ist aus den Abbildungen der Fig. 4a und 4b ersichtlich, die analog zu den Abbildungen der Fig. 3a bis 3b erstellt sind.

In der Darstellung der Fig. 5 ist gezeigt, wie die Erfindung ohne Verwendung eines Binokulartubus (1) angewandt werden kann. Der Einfachheit halber sind nur die Vorrichtungsteile eingezeichnet, die nach dem Hauptobjektiv (4) relevant sind, d.h. die Polarisatoren (8a, 8b), die FLC-Schalter (7a, 7b), der Strahlteiler (5b) und der Analysator (6). Anstelle des Strahlteilers (5a) ist ein Spiegel (32) verwendet, da es in diesem Fall nicht erforderlich ist, einen Teil des Stereostrahles (9) in einen Beobachtungstubus zu lenken. Nach dem Strahlteiler (5b) gelangen die abbildenden Stereostrahlen (9, 10) alternierend über eine Abbildungsoptik (17) auf die Fernsehkamera (18) und können auf einem hier nicht eingezeichneten Monitor der Betrachtung zugänglich gemacht werden.

In der Darstellung der Fig. 6 ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeichnet, bei dem die Unterbrechung der stereoskopischen Abbildungsstrahlen (9) und (10) durch ein rotierendes Chopperrad (20) erreicht wird, das mit einer Referenzmarke (21) für eine Lichtschranke (22) versehen ist und das einen lichtundurchlässigen Bereich (20a) und einen lichtdurchlässigen Bereich (20b) aufweist. Die Flächen der Bereiche (20a, 20b) müssen so gross gewählt sein, dass ein Übersprechen der Kanäle für die stereoskopischen Abbildungsstrahlen (9, 10) verhindert wird. Das Chopperrad (20) wird von einem Motor (23) getrieben, der an eine Analogelektronik mit Treiberendstufe angeschlossen ist. Der

Impuls der Lichtschranke (22) und der Synchronisationsimpuls vom Monitor der 3 D-Elektronik inkl. Offset sind die Ist- bzw. Soll-Grössen eines Regelkreises. Dieser besteht aus der Regeleinrichtung, einer PLL-Schaltung (Phase-Locked-Loop) und der Regelstrecke, bestehend aus Analog-Elektronik mit Treiberendstufe und Motor. Mit dieser Anordnung erreicht man, dass die Drehzahl des Chopperrades konstant und zudem auch noch in Phase mit dem vorgegebenen Synchronisationsimpuls ist.

In der Darstellung der Fig. 7 dienen als Zerhakker für die Stereostrahlen (9, 10) videofrequent arbeitende Kameraverschlüsse (24, 25) elektromechanischer Art. In der Fig. 7a ist die Ansteuerung eines Kameraverschlusses dargestellt, in den Fig. 7b und 7c die Öffnungs- und Verschlusszeiten der in den abbildenden Stereostrahlen (9, 10) angeordneten Kameraverschlüsse (24, 25).

In der Darstellung des Ausführungsbeispieles nach Fig. 8 sind als Mittel zur alternierenden Unterbrechung der abbildenden Stereostrahlen (9, 10) ferroelektrische Flüssigkristallshutter (26, 27) eingezeichnet, die so orientiert sind, dass im geöffneten Zustand das Licht über einen Polarisationsstrahlteiler (5c) an die TV-Kamera (18) weitergeleitet wird. Die Fig. 8a, 8b und 8c zeigen wieder die Ansteuerung des Verschlusses und die Öffnungs- und Verschlusszeiten für den Strahlengang (9) und den Strahlengang (10).

Patentansprüche

1. Stereoskopisches Mikroskop zur Darstellung dreidimensionaler Abbildungen auf einem elektronischen Bildschirm, dadurch gekennzeichnet, dass – in Richtung der vom Objekt kommenden Abbildungsstrahlen gesehen – hinter einem abbildenden Objektiv Mittel vorgesehen sind zur alternierenden Beaufschlagung eines von zwei Beobachtungskanälen (12) mit den stereoskopischen Halbbildern der stereoskopischen Abbildungsstrahlen (9, 10) und dass ausserdem Mittel vorgesehen sind zur alternierenden Darstellung der stereoskopischen Halbbilder auf einer Bildwiedergabevorrichtung (19).

2. Stereoskopisches Mikroskop nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur alternierenden Beaufschlagung eines der beiden Beobachtungskanäle (12) aus mindestens einem Zerhakkerelement für die Strahlunterbrechung und mindestens einem Umlenkelement für die Strahlzusammenführung bestehen.

3. Stereoskopisches Mikroskop nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass hinter dem abbildenden Objektiv (4) in jedem der stereoskopischen Abbildungsstrahlen (9, 10) optische Polarisatoren (8a, 8b), ferroelektrische Flüssigkristallschalter (7a, 7b) und Strahlteiler (5a, 5b) angeordnet sind, dass für mindestens einen Beobachtungskanal (12) ein Vergrösserungssystem (13b) vorgesehen ist und dass hinter dem Vergrösserungssystem (13b) ein optischer Analysator (6), eine abbildende Optik (17) und eine Fernsehkamera (18) für eine elektronische Bildwiedergabevorrichtung vorgesehen sind.

4. Stereoskopisches Mikroskop nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass hinter dem abbildenden Objektiv (4) in jedem der Beobachtungsstrahlengänge (9, 10) ein optischer Polarisator (8a, 8b) und Strahlteiler (5a, 5b) angeordnet sind, dass für mindestens einen Beobachtungskanal (12) ein Vergrösserungssystem (13b) vorgesehen ist und dass hinter dem Vergrösserungssystem (13b) ein ferroelektrischer Flüssigkristall (7), ein optischer Analysator (6) und eine Fernsehkamera (18) vorgesehen sind.

5. Stereoskopisches Mikroskop nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass hinter dem abbildenden Objektiv (4) in einem der Abbildungsstrahlengänge (9) ein Umlenkelement (16) und im anderen Beobachtungsstrahlengang (10) ein getaktetes, teils durchlässiges und teils reflektierendes Spiegelelement (15) vorgesehen ist, das über eine elektronische Steuereinheit (16) mit einer Fernsehkamera (18) und einer elektronischen Bildwiedergabevorrichtung (19) verbunden ist und durch nur ein Vergrösserungssystem (13b) die Fernsehkamera (18) alternierend mit den Stereohalbbildern der Abbildungsstrahlen (9, 10) beaufschlagt.

6. Stereoskopisches Mikroskop nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass hinter dem abbildenden Objektiv als Zerhackerelement eine motorisch angetriebene und durch eine Lichtschranke rotierende Scheibe (20) vorgesehen ist, die je einen lichtundurchlässigen (20a) und einen lichtdurchlässigen Bereich (20b) zum alternierenden Freigeben und Schliessen der Pupillen für die stereoskopischen Abbildungsstrahlen (9, 10) sowie eine Referenzmarke (21) aufweist.

7. Stereoskopisches Mikroskop nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass hinter dem abbildenden Objektiv (4) als Zerhackerelement in jedem der beiden Stereostrahlengänge (9, 10) ein videofrequent arbeitender Kameraverschluss (24, 25) elektromechanischer Art angeordnet ist.

8. Stereoskopisches Mikroskop nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass hinter dem abbildenden Objektiv als Zerhackerelement in jedem der beiden Stereostrahlengänge (9, 10) ein ferroelektrischer Flüssigkristallshutter (26, 27) vorgesehen ist.

9. Stereoskopisches Mikroskop nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Mikroskopkörper zwischen dem Hauptobjektiv (4) und den Kanälen (11, 12) für die Vergrösserungssysteme (13a, 13b) eine Schnittstelle (28) zur Aufnahme eines die Mittel zur Strahlzerhackung und Strahlzusammenführung enthaltenden Adapterstückes (28a, 28b) vorgesehen ist.

10. Stereoskopisches Mikroskop nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass im Mikroskopkörper zwischen Hauptobjektiv (4) und den Kanälen (11, 12) für die Vergrösserungssysteme (13a, 13b) eine Schnittstelle (28) zur Aufnahme der Polarisatoren (8a, 8b) und der Strahlteiler (5a, 5b) vorgesehen ist.

11. Stereoskopisches Mikroskop nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass nur ein Kanal (12) mit einem Vergrösserungssystem (13b) vorgesehen ist und dass im anderen Kanal (11) Hilfsmittel für die Strahlunterbrechung oder Objektbeleuchtung untergebracht sind.

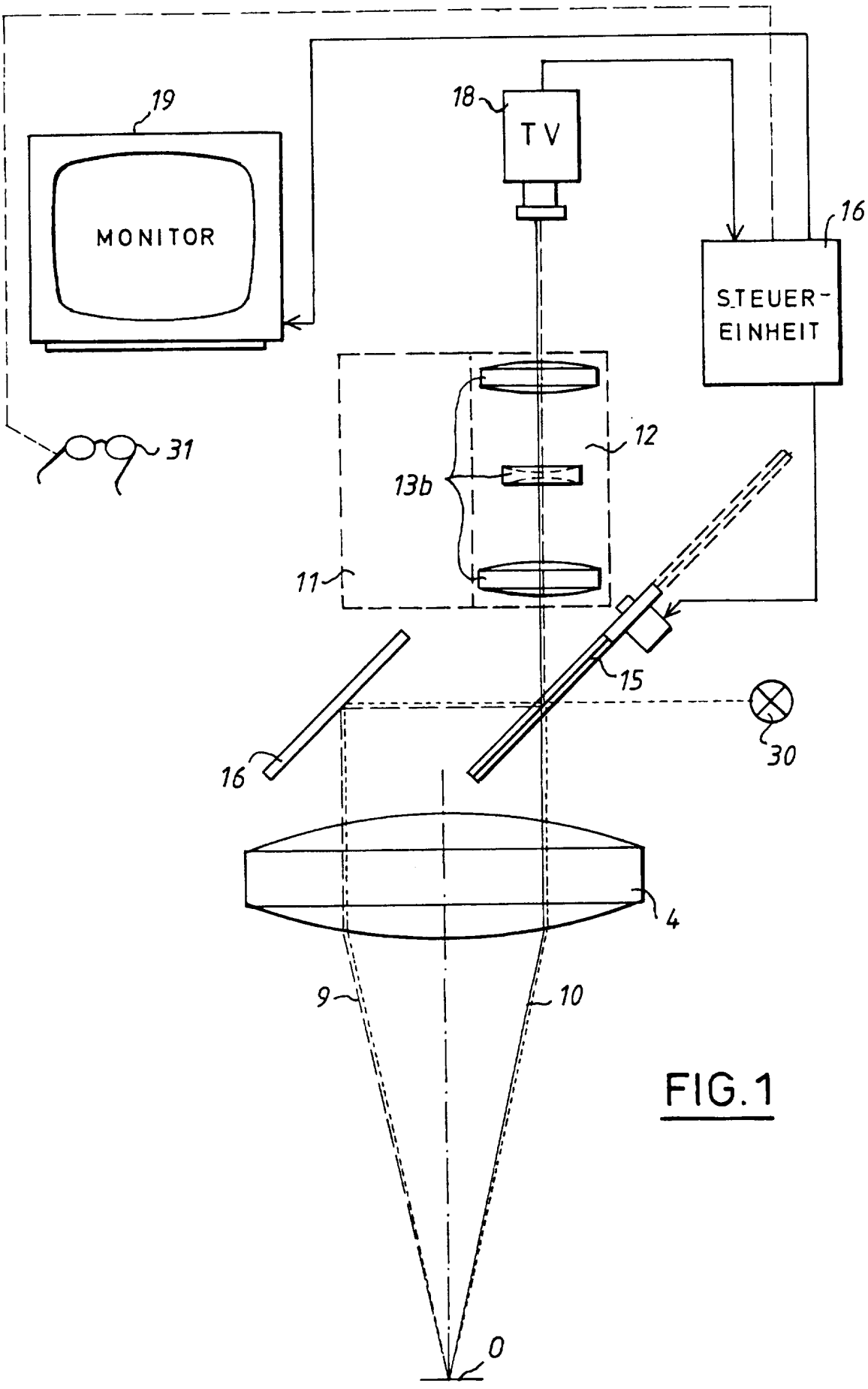


FIG.1

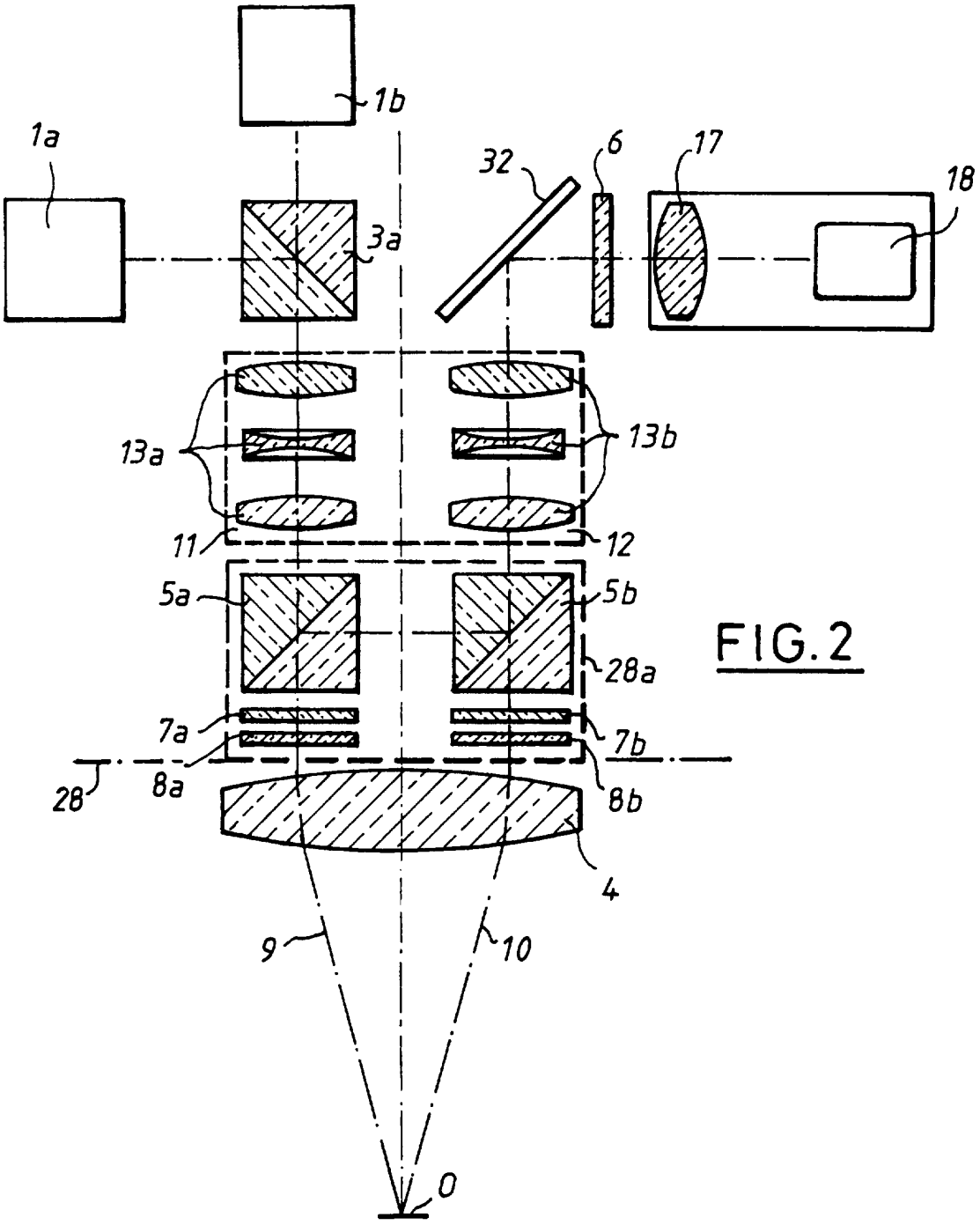


FIG.2

FIG.3a

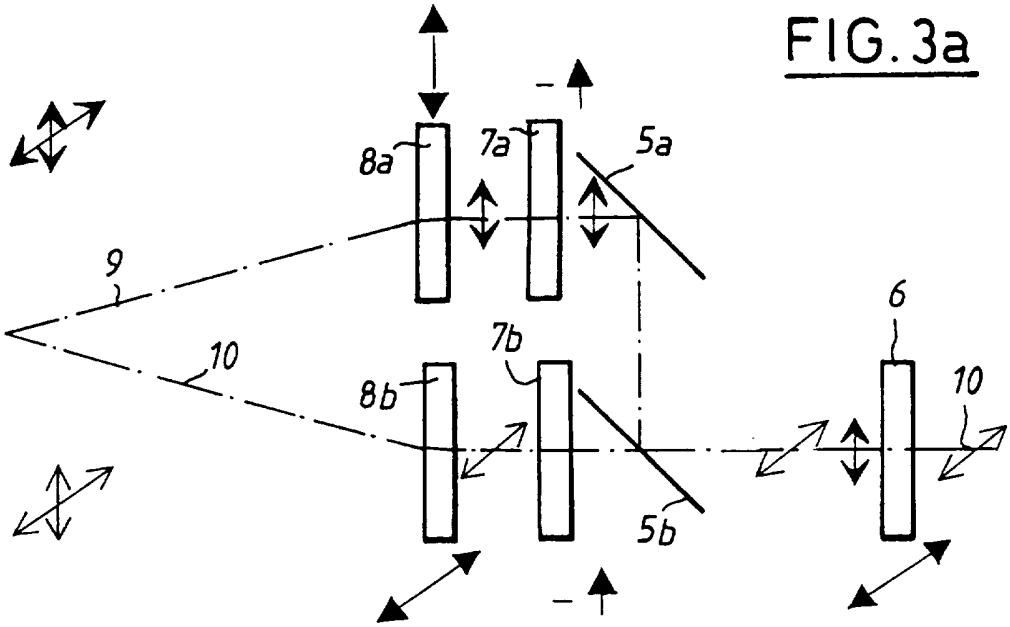


FIG.3b

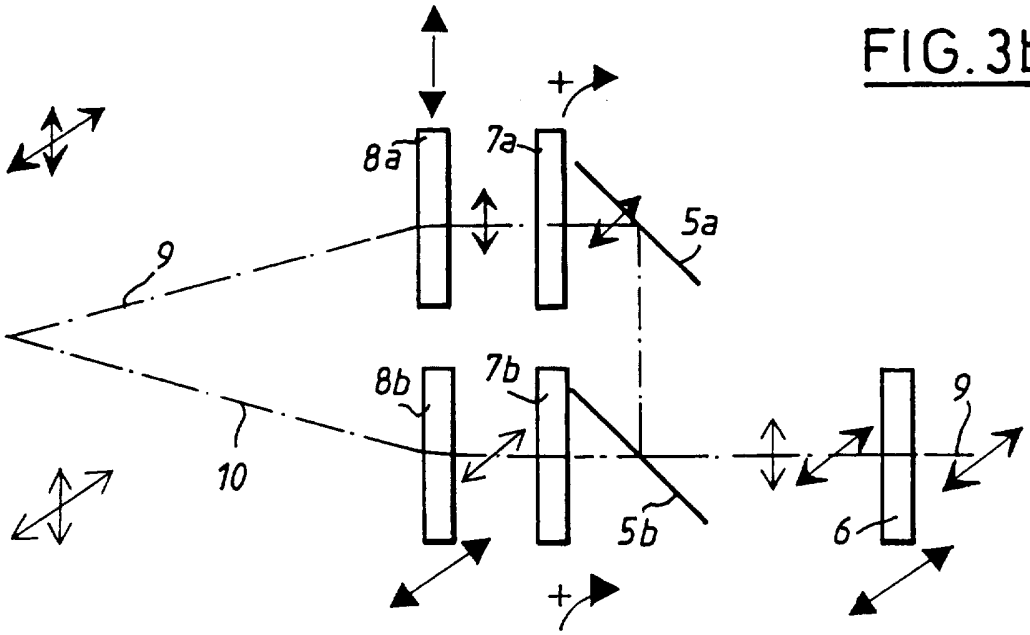


FIG. 3c

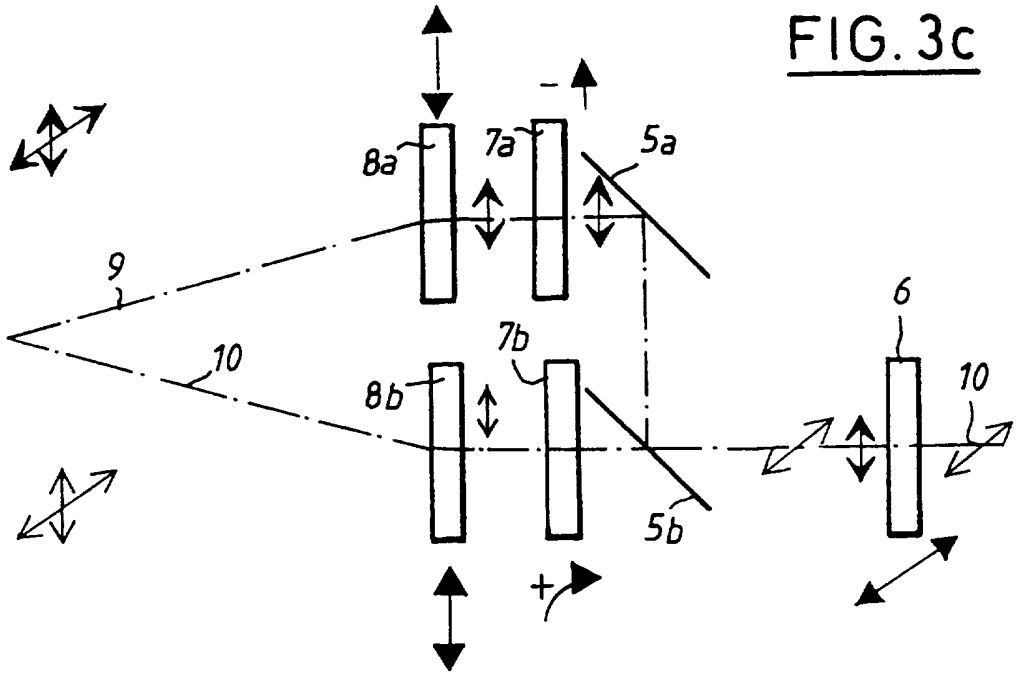
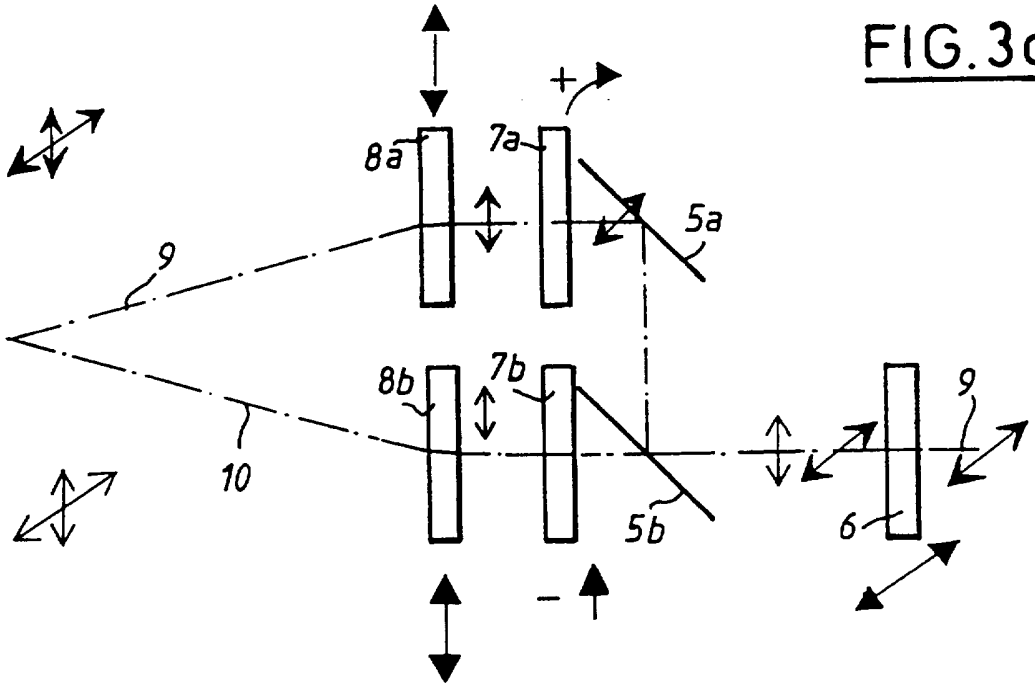


FIG. 3d



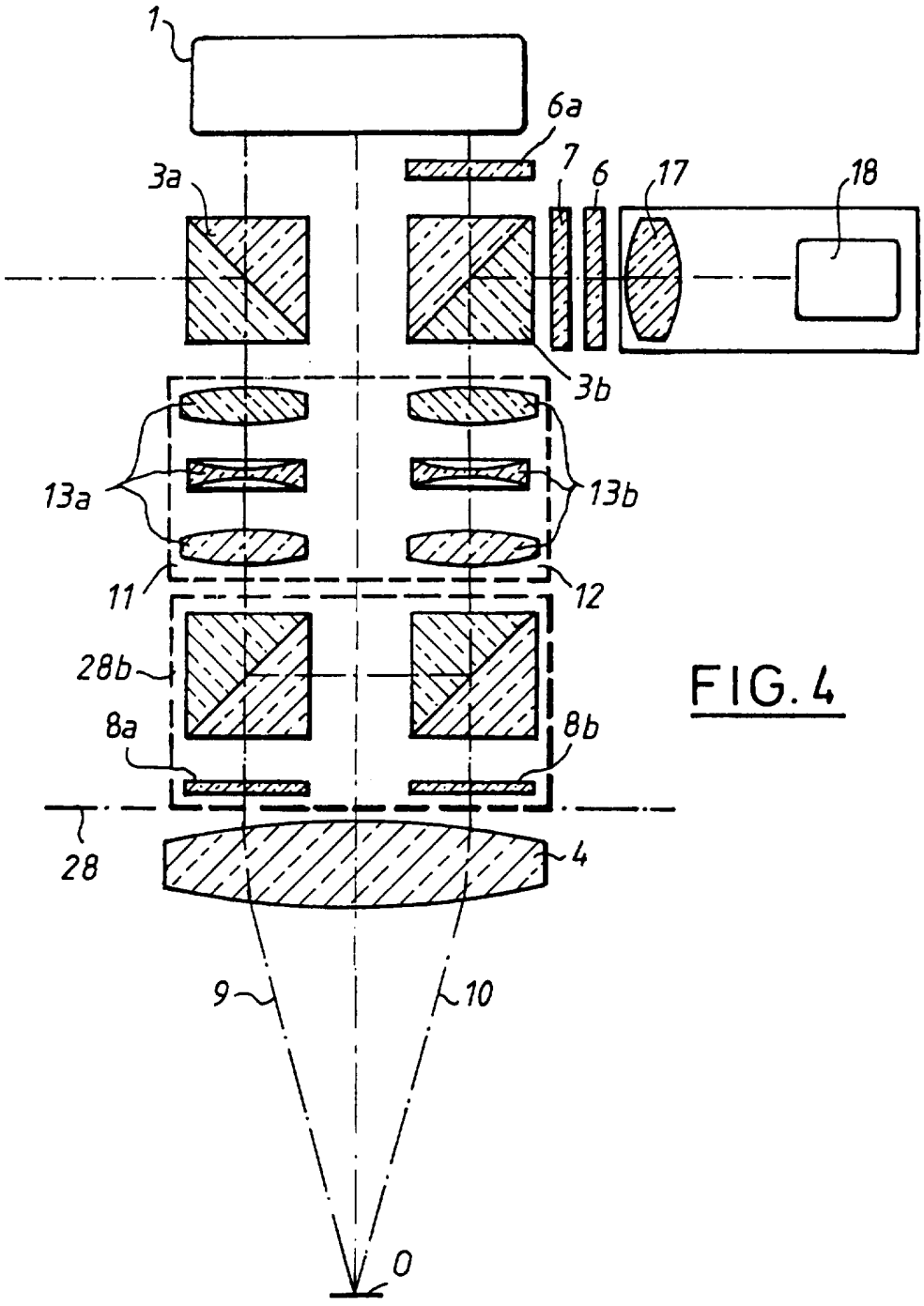


FIG. 4

FIG.4a

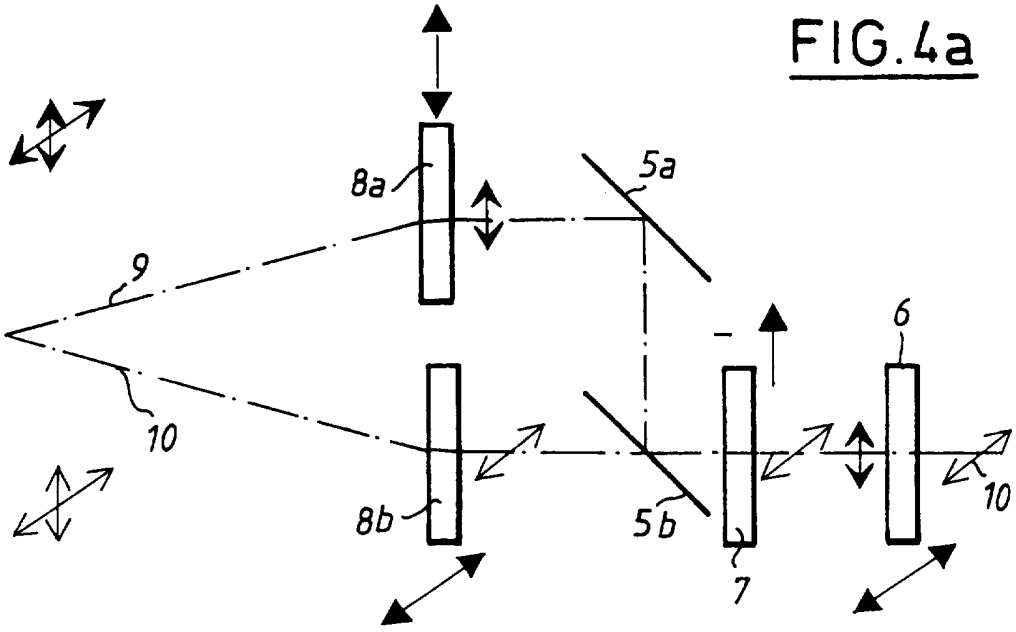
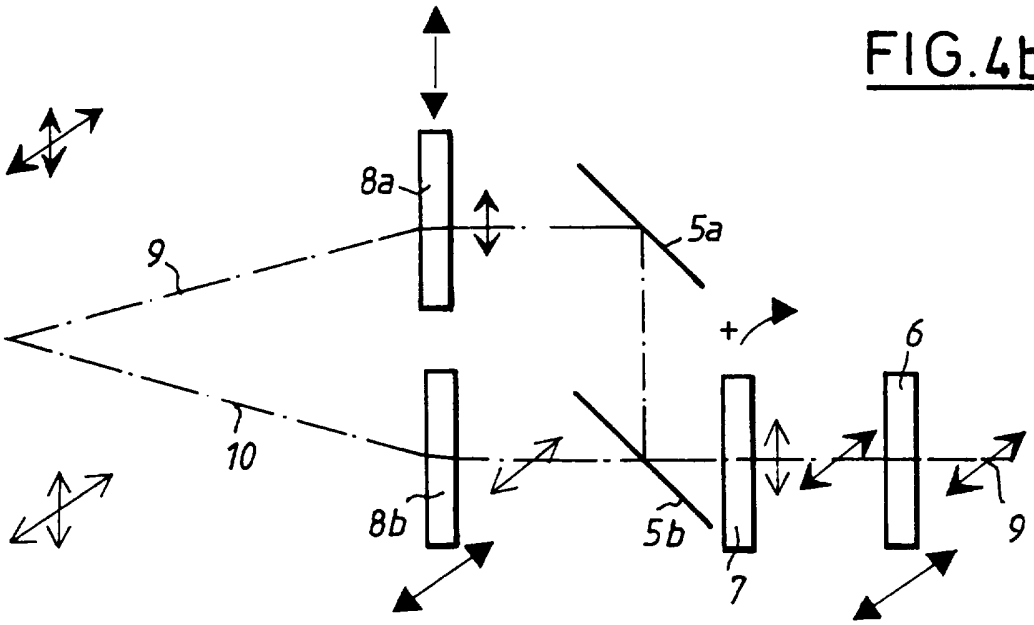


FIG.4b



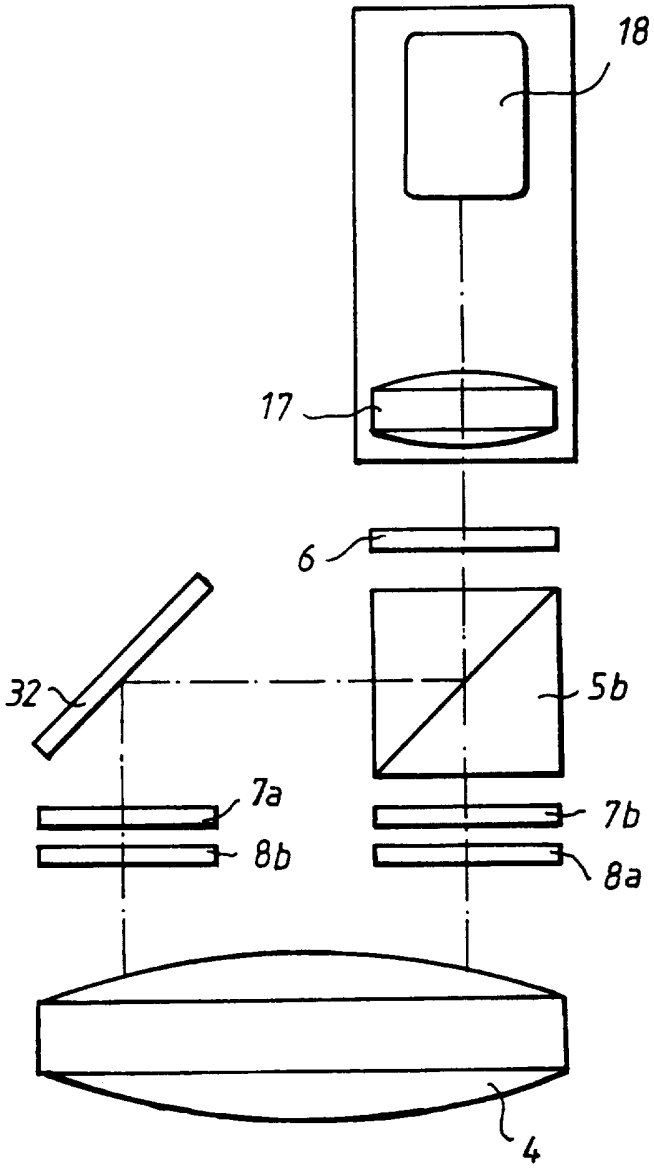


FIG.5

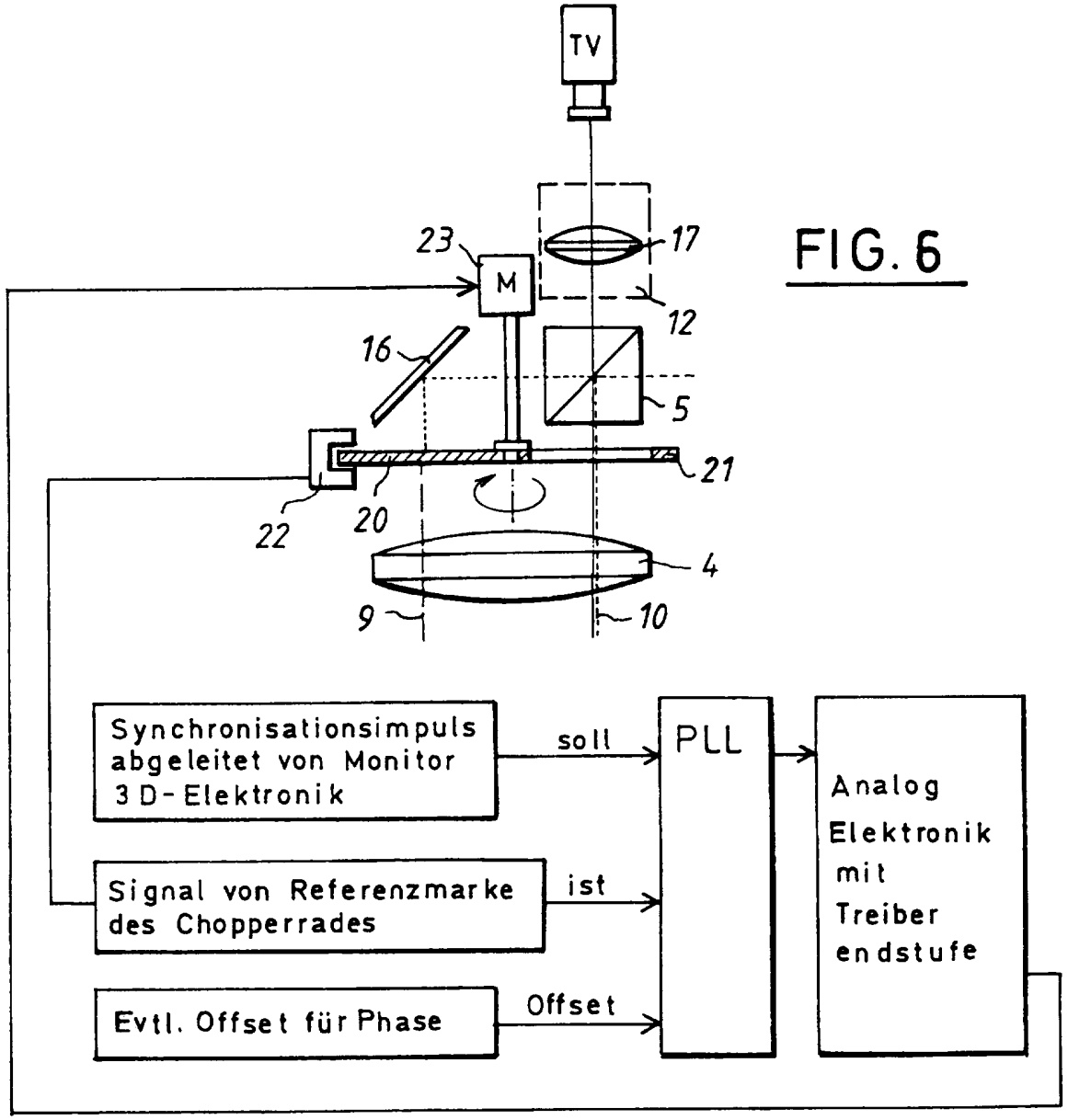

TV
23
M
17
12
16
5
21
22
20
4
9
10
Synchronisationsimpuls abgeleitet von Monitor 3D-Elektronik
soll
PLL
Analog Elektronik mit Treiber endstufe
Signal von Referenzmarke des Chopperrades
ist
Evtl. Offset für Phase
Offset

FIG. 6

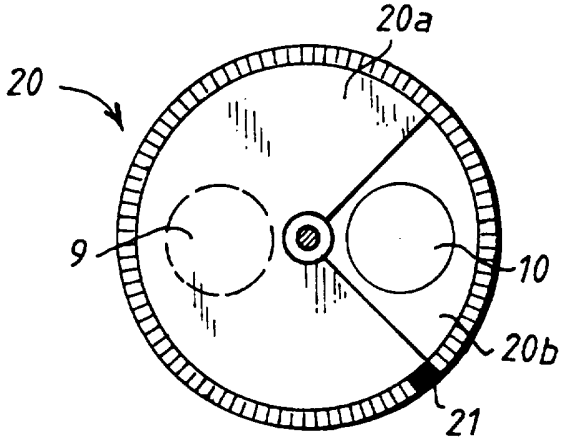

20a
20
9
10
20b
21

FIG. 6a

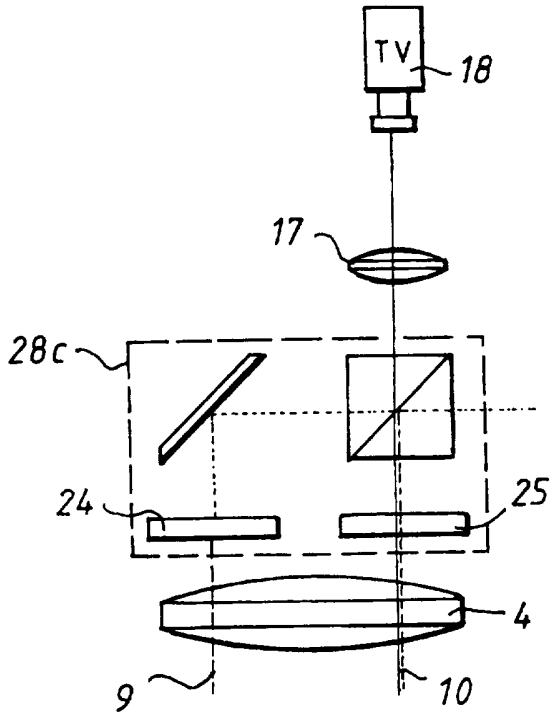


FIG. 7

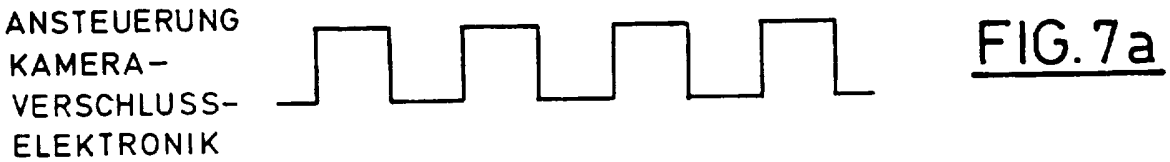


FIG. 7a

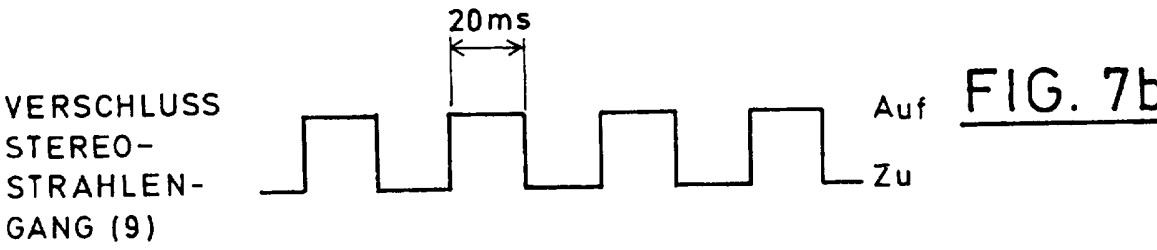


FIG. 7b

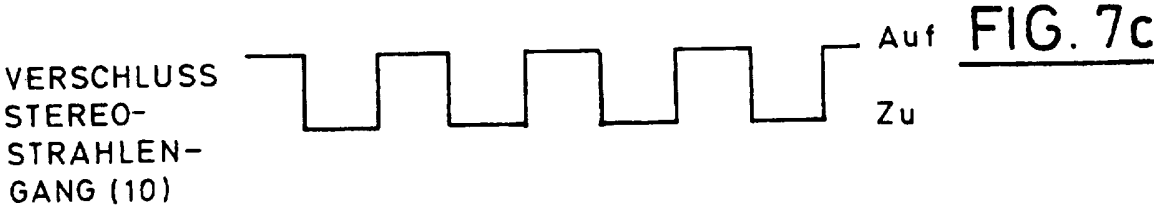


FIG. 7c

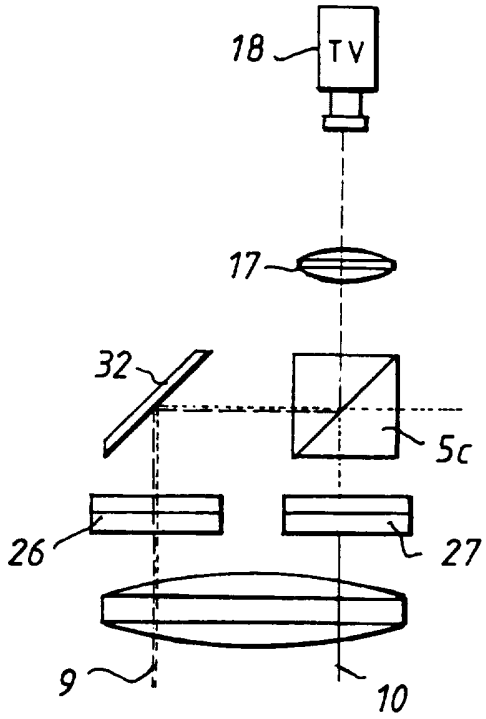


FIG. 8



FIG. 8a

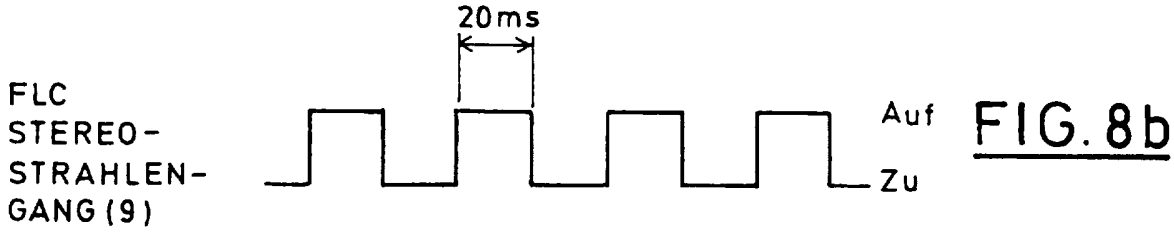


FIG. 8b

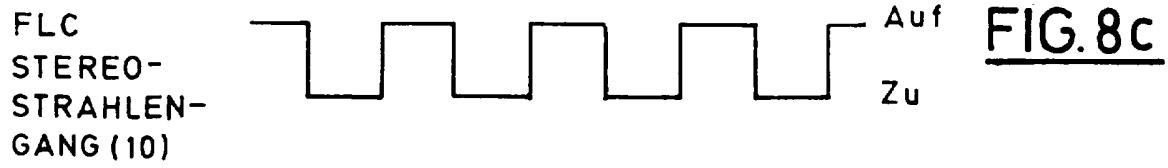


FIG. 8c