



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 012 274 T2** 2009.03.12

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 649 314 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G02B 21/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 012 274.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR2004/001733**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 767 572.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2005/006050**

(86) PCT-Anmeldetag: **02.07.2004**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **20.01.2005**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.04.2006**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **05.03.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.03.2009**

(30) Unionspriorität:

**0308243**      **04.07.2003**      **FR**  
**0309361**      **29.07.2003**      **FR**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI,  
SK, TR**

(73) Patentinhaber:

**Lauer, Vincent, Nogent sur Marne, FR**

(72) Erfinder:

**Lauer, Vincent, 94130 Nogent sur Marne, FR**

(74) Vertreter:

**Henkel, Feiler & Hänzler, 80333 München**

(54) Bezeichnung: **RASTERABBILDUNGSEINRICHTUNG FÜR DIE KONFOKALE MIKROSKOPIE MIT BILD SUBSTRAKTION**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## Gebiet der Technik

**[0001]** Es handelt sich um ein Abtast-Abbildungssystem, das beispielsweise in der Mikroskopie und nahe dem konfokalen Mikroskop anwendbar ist.

## Gebiet der Technik

**[0002]** Das Patent US 6144489 beschreibt das Extrahieren des konfokalen Abschnitts eines semi-konfokalen Bildes, das durch Subtraktion eines nicht-konfokalen Bildes von dem konfokalen Bild erhalten wird.

**[0003]** Das Patent US 6426835 beschreibt einen speziellen Fall des ersten Patents, wobei die Details der durchzuführenden Berechnung näher angegeben werden.

**[0004]** Das Patent US 6545265 beschreibt die Verbesserung konfokaler Bilder durch Subtraktion zweier konfokaler Bilder, die anhand von Rastern mikroskopischer Löcher mit unterschiedlichen Eigenschaften erhalten werden. In diesem Patent können die beiden Bilder anhand von ausgewähltem Licht erhalten werden, das von Scheiben oder Ringen in einer beobachteten Ebene kommt, wobei die Bilder konfokal insofern bleiben, als die beleuchtete Zone immer mit der Zone koinzidiert, aus der das ausgewählte Licht kommt.

**[0005]** Das Patent US 6687052 beschreibt eine Subtraktionstechnik zweier Bilder, von denen eines semi-konfokal ist und das andere auf der Basis des nicht verwendeten Lichts zur Erzeugung des semi-konfokalen Bildes erhalten wird. In diesem Patent wird eine Maske zum Filtern des von dem beobachteten Objekt kommenden Lichts verwendet. Diese Maske umfasst transparente Abschnitte und reflektierende Abschnitte. Das von der Maske übertragene Licht wird zur Erzeugung eines ersten Bildes verwendet. Das in entgegengesetzter Richtung von der Maske reflektierte Licht wird zur Erzeugung eines zweiten Bildes verwendet.

## Beschreibung der Erfindung

**[0006]** Aufgabe der Erfindung ist es, die Qualität und die Leuchtkraft konfokaler oder semi-konfokaler Bilder zu verbessern, und insbesondere von in Fluoreszenz erhaltenen Bildern.

**[0007]** Zu diesem Zweck besteht die Erfindung aus einer Abbildungsvorrichtung bzw. Bildgebungsvorrichtung gemäß Anspruch 1.

**[0008]** Vorzugsweise sind die genannten Bänder konzentrische Ringe an den Beleuchtungspunkten. Die Bänder können aber auch jede Art von Formen

aufweisen, beispielsweise quadratisch oder sechseckig, ohne damit das Prinzip der Erfindung in Frage zu stellen.

**[0009]** Die Vorrichtung unterscheidet sich vom Stand der Technik (US 6545265) durch die Tatsache, dass das zweite Bild anhand des von einem Ring (oder einem Band), welcher (welches) den Beleuchtungspunkt umgibt, erzeugt wird. Im Patent US 6545265:

- wird entweder die Beleuchtung auf einen Punkt fokalisiert und das von dem Beleuchtungspunkt kommende Licht wird zur Erzeugung des Bildes ausgewählt, wobei das erste und das zweite Bild sich voneinander durch die Größe des Beleuchtungspunkts unterscheiden,
- oder das von einem Ring kommende Licht wird ausgewählt, um das zweite Bild zu erzeugen, in diesem Fall wird aber die Beleuchtung ebenfalls zwischen dem ersten und dem zweiten Bild so modifiziert, dass bei der Erfassung des zweiten Bildes ein Ring beleuchtet wird, wobei dieser Ring mit demjenigen koinzidiert, von dem das zur Erzeugung des zweiten Bildes ausgewählte Licht kommt.

**[0010]** Gemäß der Erfindung wird das Bild also erhalten, indem das von der Beleuchtungszone kommende Licht unterdrückt wird (da diese durch das Zentrum des Rings blockiert ist), statt es auszuwählen. Aufgrund dessen ist, wenn ein Objekt sich in der beobachteten Ebene befindet, das erste Bild von erhöhter Lichtstärke, und das zweite Bild hat keine Lichtstärke. Folglich ist der Unterschied zwischen den beiden Bildern gleich dem ersten Bild mit erhöhter Lichtstärke. Wenn ein Objekt von der beobachteten Ebene entfernt ist und bei einer angemessenen Dimension des Rings sind die beiden Bilder von einer vergleichbaren Lichtstärke, und der Unterschied zwischen den beiden Bildern ist damit eine Null-Lichtstärke. Daraus ergibt sich, dass der Unterschied zwischen den beiden Bildern gestattet, nur das Bild der beobachteten Ebene zu bewahren und alles, was von entfernten Ebenen kommt, zu eliminieren.

**[0011]** Statt das von einem Ring kommende Licht auszuwählen, hätte man auch für das zweite Bild die Gesamtheit der nicht beleuchteten Zone bewahren können, wie dies bei US 6687052 geschieht. Trotzdem wäre in diesem Fall wegen der Tatsache, dass nur eine reduzierte Einheit von Punkten beleuchtet wird, die Lichtstärke des zweiten Bildes viel größer als die Lichtstärke des ersten Bildes, was die Messsonden stört. Die Verwendung eines Rings ermöglicht auch eine Optimierung der vertikalen und horizontalen Auflösung des Bildes und eine bessere Zurückweisung des Lichts, das nicht von der beobachteten Ebene kommt.

**[0012]** Wenn man für das zweite Bild das von einem

Ring kommende Licht ausgewählt hätte, dabei aber für dieses zweite Bild eine ebenfalls ringförmige Beleuchtung verwendet hätte und den Ring, von dem das ausgewählte Licht kommt, beleuchtet hätte wie im Fall von US 6545265, hätten sich die Eigenschaften des resultierenden Bildes (des dritten Bildes) nicht wesentlich verbessert.

**[0013]** Gemäß der Erfindung bestimmen die Mittel zum Kombinieren der ersten und zweiten Bilder den Unterschied zwischen dem ersten Bild, dem ein erster Multiplikationskoeffizient zugeordnet ist, und dem zweiten Bild, dem ein zweiter Multiplikationskoeffizient zugeordnet ist. Die Multiplikationskoeffizienten ermöglichen es, sich den exakten Bedingungen der Abbildung bzw. Bildgebung anzupassen. Das resultierende Bild kann anschließend eventuell im Niveau und Kontrast so angepaßt werden, dass insbesondere die eventuellen Negativwerte vor einer Anzeige unterdrückt werden.

**[0014]** Die Vorrichtung kann mehrere Beleuchtungspunkte und mehrere Bänder umfassen, wobei jedes der Bänder einen entsprechenden Beleuchtungspunkt umgibt. Dieser Fall ist der eines Mehrpunktsystems. In diesem Fall ist der unmittelbare Vorteil des Systems in bezug auf ein einfaches konfokales Mehrpunktsystem eine sehr gute Zurückweisung des Lichts, das von Punkten kommt, die nicht in der beobachteten Ebene liegen.

**[0015]** In diesem Fall umfasst das Mittel zum Beleuchten der gesamten Beleuchtungspunkte vorzugsweise einen Raster aus Mikrolinsen, die einen Laserstrahl aufteilen in mehrere Unterstrahlen, die jeweils auf einen Beleuchtungspunkt fokalisiert sind. In bezug auf ein Verfahren mit kohärentem Licht gestattet dies, eine intensivere Beleuchtung zu erhalten.

**[0016]** Die Vorrichtung kann aber auch nur einen Beleuchtungspunkt aufweisen, der beispielsweise durch eine Linse erhalten wird, welche einen Laserstrahl auf einen Beleuchtungspunkt fokalisiert. In diesem Fall besteht der unmittelbare Vorteil in bezug auf ein konfokales Einpunkt-Mikroskop in der Verbesserung der vertikalen und horizontalen Auflösung.

**[0017]** Das erste und das zweite Bild können nacheinander oder gleichzeitig erzeugt werden.

**[0018]** Gemäß einer Version der Erfindung, die auf den Fall ausgelegt ist, bei dem das erste und das zweite Bild nacheinander erzeugt werden, sind die Mittel zur Auswahl des Lichts durch die Überlagerung einer ersten opaken Platte, die mindestens eine transparente Scheibe aufweist, und einer zweiten opaken Platte, die mindestens eine transparente Scheibe und mindestens einen transparenten Ring aufweist, gebildet, sowie durch ein Mittel zur Translationsbewegung der zweiten Platte in bezug auf die

erste, um die Scheibe der zweiten Platte der Scheibe der ersten Platte bei der Erfassung des ersten Bildes gegenüber anzuordnen, und um anschließend den Ring der zweiten Platte gegenüber der Scheibe der ersten Platte bei der Erfassung des zweiten Bildes anzuordnen.

**[0019]** Die Überlagerung der beiden Platten ist also äquivalent zu einer transparenten Scheibe bei der Erfassung des ersten Bildes, und zu einem transparenten Ring bei der Erfassung des zweiten Bildes. Bei der Erfassung des ersten Bildes muß die Scheibe mit dem Bild des Beleuchtungspunkts auf der Platte koinzidieren, damit diese die Auswahlfunktion des von dem Beleuchtungspunkt kommenden Lichts hat. Bei der Erfassung des zweiten Bildes umgibt der Ring den Beleuchtungspunkt.

**[0020]** Gemäß einer Version der Erfindung, die für den Fall ausgelegt ist, bei dem zwei Bilder gleichzeitig erfasst werden:

- umfassen die Mittel zur Auswahl des Lichts eine Maske, die aus transparenten oder reflektierenden Mikroprismen gebildet ist, was die Rückführung des von Beleuchtungspunkten kommenden und einen ersten Lichtstrahl bildenden Lichts in eine erste Richtung gestattet, und die Rückführung des von der Gesamtheit der Bänder kommenden und einen zweiten Lichtstrahl bildenden Lichts in einer zweiten Richtungen gestattet,
- wobei die Vorrichtung ein Mittel zum Erzeugen des ersten Bildes anhand des ersten Lichtstrahls umfasst,
- wobei die Vorrichtung ein Mittel zum Bilden des zweiten Bildes anhand des zweiten Lichtstrahls umfasst.

**[0021]** Diese Version der Erfindung ist besonders geeignet für eine schnelle Bildgebung. Die Maske kann, wie vorstehend angegeben wurde, durch die Überlagerung eines ersten Rasters von Scheiben und eines zweiten Rasters, der Scheiben und Ringe umfasst, gebildet werden, wobei die Mittel zum Modifizieren der Eigenschaften der Maske durch ein Mittel zum Fortbewegen bzw. Verschieben des zweiten Rasters in bezug auf den ersten Raster gebildet sind, damit die Scheiben des ersten Rasters alternativ die Ringe oder die Scheiben des zweiten Rasters auswählen.

#### Kurzbeschreibung der Figuren

**[0022]** [Fig. 1](#) stellt das Scan- bzw. Abtastsystem dar, das in einer ersten Ausführungsform der Erfindung verwendet wird.

**[0023]** [Fig. 2](#) stellt die Überlagerung der geometrischen Bilder der Masken der [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dar.

**[0024]** [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) stellen zwei lithographische

Platten dar, deren Überlagerung es gestattet, die Masken der [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) zu erhalten.

**[0025]** [Fig. 7](#) zeigt ein modifiziertes Abtastsystem, um eine Echtzeit-Erfassung unter optimalen Lichtstärkebedingungen zu ermöglichen.

**[0026]** [Fig. 8](#) zeigt die Maske mit Mikroprismen, die zusammen mit der Vorrichtung der [Fig. 7](#) verwendet wird.

**[0027]** [Fig. 9](#) veranschaulicht die Funktionsweise dieser Maske.

**[0028]** [Fig. 10](#) veranschaulicht die gleichzeitige Erzeugung von zwei Bildern an der Sonde.

**[0029]** [Fig. 11](#) zeigt eine Seitenansicht eines Filterabschnitts der Maske der [Fig. 13](#).

**[0030]** [Fig. 12](#) zeigt in einer unterschiedlichen Ausführung eine Seitenansicht des gleichen Filterabschnitts.

**[0031]** [Fig. 13](#) zeigt eine Maske mit Mikroprismen, die in getrennten Scheiben und Ringen angeordnet ist.

**[0032]** [Fig. 14](#) zeigt eine Maske mit Mikroprismen, die in in den Bändern enthaltenden Scheiben angeordnet sind.

**[0033]** [Fig. 15](#) veranschaulicht eine Ausführungsform der Mikroprismen.

#### Erste Ausführungsform

**[0034]** Diese erste Ausführungsform ist in [Fig. 1](#) dargestellt. Ein Beleuchtungsstrahl FE, der von einer mit einem Kondensator versehenen Bogenlampe kommt, durchquert eine Maske **121**. In der Figur ist der Abschnitt des Lichtstrahls FE dargestellt, der von einem Maskenpunkt **121** herausgetreten ist. Der Beleuchtungslichtstrahl FE geht anschließend durch eine Linse **124**, von der eine Brennpunktebene sich auf der Maske **121** befindet. Er wird anschließend von dem dichroitischen Spiegel **122** zu dem galvanometrischen Spiegel **101** und dann zu der Linse **111** zurückgeworfen. Der galvanometrische Spiegel befindet sich in einer Brennpunktebene der Linse **124** und in einer Brennpunktebene der Linse **111**. Der Beleuchtungsstrahl, der die Linse **111** durchquert hat, gelangt anschließend auf eine Zwischenbildebene **112**, und wird dann durch ein Mikroskop-Objektiv **125** auf eine beobachtete Ebene eines beobachteten Objekts **126** fokalisiert, wobei er eine Beleuchtungszone beleuchtet, die das Bild der transparenten Abschnitte der Maske **121** ist. Vorteilhafterweise kann anstelle eines Mikroskop-Objektivs **125** mit finitem Abstand ein Objektiv mit infinitem Abstand verwendet werden,

das mit einer Röhrenlinse gekoppelt ist. Das beobachtete Objekt gibt durch Fluoreszenz einen Lichtstrahl FD mit einer unterschiedlichen Wellenlänge zu der Wellenlänge des auftreffenden Lichts wieder ab.

**[0035]** Der von dem beobachteten Objekt **126** kommende und von dem Objektiv **125** gesammelte Lichtstrahl FD durchquert die Zwischenbildebene **112** und dann die Linse **111**, deren Brennpunktebene die Ebene **112** ist. In der Figur ist der Abschnitt des Lichtstrahls FD dargestellt, der von einem speziellen Punkt des beobachteten Objekts kommt, das von dem von einem Maskenpunkt **121**, der ebenfalls dargestellt ist, kommenden Abschnitt des Lichtstrahls FE beleuchtet wird. Nachdem der Lichtstrahl die Linse **111** durchquert hat, befindet er sich in einer afokalen Zone, d. h. dass der von einem gegebenen Punkt der Ebene **112** kommende Lichtstrahl nach dem Durchlaufen der Linse **111** parallel wird. Der Lichtstrahl gelangt anschließend zu der Abtast- und Kompensationseinheit **120**, von der der Eingang und der Ausgang in einer afokalen Zone liegen. Das erste von dem Lichtstrahl in der Abtastvorrichtung angetroffene Element ist die Objektseite **101(a)** des galvanometrischen Spiegels, der sich in einer Brennpunktebene der Linse **111** befindet. Diese Seite des galvanometrischen Spiegels reflektiert den Lichtstrahl zu der Linse **102**, deren Brennpunktebene sich auf der Seite **101(a)** des galvanometrischen Spiegels befindet. Nach dem Durchlaufen der Linse **102** gelangt der Lichtstrahl zum Spiegel **103**, der den Lichtstrahl zu einer Maske **104** hin reflektiert, die in einer Brennpunktebene der Linse **102** liegt. Die Maske **104** wählt das von einer Erfassungszone kommende Licht aus, welches das Bild der transparenten Teile bzw. Abschnitte der Maske **104** ist. Der Lichtstrahl, der die Maske **104** durchlaufen hat, wird anschließend von dem Spiegel **105** reflektiert und durchquert dann die Linse **106**, deren Brennpunktebene sich auf dem Raster **104** befindet. Er durchquert nunmehr die Linse **107**, deren Brennpunktebene mit einer zweiten Brennpunktebene der Linse **106** zusammenfällt. Er wird von den Spiegeln **108** und **109** reflektiert und durchquert anschließend die Linse **110**, deren Brennpunktebene mit der zweiten Brennpunktebene der Linse **107** zusammenfällt. Er wird von der Bildseite **101(b)** des galvanometrischen Spiegels reflektiert und verlässt die Scan- bzw. Abtastvorrichtung **120**. Er wird nun auf der Ebene eines CCD-Messfühlers **114** durch die Linse **113** fokalisiert. Die Linsen **102**, **106**, **107**, **110** sind zueinander identisch. Dieses Schema ist vom Patent PCT/FR03/00699 inspiriert. Eine äquivalente Ausführungsform verwendet den Scanner mit zwei Linsen und vier Spiegeln, der in dem Patent PCT/FR03/00699 beschrieben ist. Dieses Schema entspricht einer fluoreszierenden Beleuchtung mit einer Beleuchtung des Gegenstands durch eine Erregungs-Wellenlänge, die von dem dichroitischen Element reflektiert wird, und der Erfassung einer Emissionwellenlänge einer Welle, die das dichroitische

Element durchläuft. Es können verbesserte Resultate erhalten werden, indem ein monochromatischer Filter vor der Sonde hinzugefügt wird. Das Schema kann für eine Mehrpunkt-Laserbeleuchtung ausgelegt werden, wobei der Beleuchtungsstrahl FE, der von der Maske **121** kommt, durch einen Laserstrahl ersetzt wird, und indem die Maske **121** durch einen Mikrolinsenraster ersetzt wird, die in einer geeigneten Ebene gelegen sind, um mehrere Lichtstrahlen zu erzeugen, die auf mehrere Punkte in der Ebene der Maske **121** fokalisiert sind. Sie kann auf ähnliche Weise wie bei einer Einpunkt-Beleuchtung ausgelegt sein, wobei eine bidirektionale Abtastung mit Hilfe des galvanometrischen Spiegels erforderlich ist. Sie kann für eine reflektierende Halogen-Beleuchtung ausgelegt sein, indem der Beleuchtungsstrahl FE, der von der Maske **121** kommt, durch einen Strahl ersetzt wird, der aus einer Halogenlampe austritt, und indem der dichroitische Spiegel **122** durch einen halb-transparenten Spiegel ersetzt wird. Indem die Linse **124** oder die Maske **121** entlang der optischen Achse verschoben werden, können chromatische Aberrationen korrigiert werden, die von dem Mikroskop-Objektiv zwischen der Erregungswellenlänge und der Emissionswellenlänge induziert werden.

**[0036]** Die Masken **121** und **104** können von dem in den [Fig. 4](#) und [Fig. 3](#) dargestellten Typ sein. Bei dem Erhalt des ersten Bildes sind diese beiden Masken aus Scheiben **225** auf einem opaken Hintergrund **224** gebildet ([Fig. 3](#)), deren Durchmesser nahe demjenigen des Airy-Flecks oder des Airy-Halbflecks sein kann, je nach der gewünschten Präzision, wobei die Beleuchtungs- und Erfassungszonen, die von Mikroscheiben gebildet werden, einander genau überlagern. Bei dem Erhalt des zweiten Bildes ist die Maske **121** unverändert, und die Maske **104** ist von Ringen **226** auf opakem Hintergrund **227** gebildet ([Fig. 4](#)), wobei sich die Beleuchtungszone und die Erfassungszonen überlagern, wie in [Fig. 2](#) angegeben ist. In dieser Figur stellt die klare bzw. helle Zone **223** die Grenze der Beleuchtungszone dar, und die Punktierungen **222** begrenzen die Erfassungszonen in Ringform. Die Dicke der Ringe kann beispielsweise einen halben Airy-Durchmesser betragen. Das sich ergebende Bild wird wie vorstehend erläutert erhalten. Um die Maske zwischen dem ersten und zweiten Bild zu wechseln, wird beispielsweise eine Maske angewandt, die aus zwei Lithographieglasscheiben bzw. -scheiben gebildet ist, die gegeneinander angeordnet sind, wie im Patent PCT/FR02/04382 angegeben ist. Eines der Gläser ist von dem in [Fig. 5](#) dargestellten Typ, und das andere ist von dem in [Fig. 6](#) dargestellten Typ. Wenn diese Gläser bzw. Scheiben gegeneinander zum Gleiten gebracht werden, kann alternativ ein Loch **228** oder ein Ring **229** einem Loch **232** überlagert werden, und damit kann zwischen der in [Fig. 3](#) dargestellten Maske und der in [Fig. 4](#) dargestellten gewechselt werden.

**[0037]** Wenn das System für eine Laserbeleuchtung ausgelegt ist, kann die in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dargestellte Maske **104** beibehalten werden. Die Maske **121** wird einfach durch einen Raster aus Mikrolinsen ersetzt, der einen äquivalenten Effekt aufweist, wobei die Brennpunktebene der Mikrolinsen sich in der Brennpunktebene der Linse **124** befindet.

Zweite Ausführungsform (bevorzugte Ausführungsform)

**[0038]** Die vorhergehende Ausführungsform weist den Mangel auf, dass sie nicht auf optimale Weise die verfügbare Lichtstärke nutzt, und zwar deshalb, weil das erste und zweite Bild nicht gleichzeitig erhalten werden. Die vorliegende Ausführungsform, die durch die [Fig. 7](#) dargestellt ist, löst dieses Problem. Der Beleuchtungsstrahl FD wird durch eine Öffnungsmembran **330** abgeblendet, geht durch die Linse **331**, wird durch eine Feldmembran **332** abgeblendet und geht durch die Linse **333**, bevor er zu dem dichroitischen Element **100** gelangt. Nach Reflektieren durch das dichroitische Element **100** gelangt er zur rechten Hälfte des Prismas **301**. Die Öffnungsmembran **330**, die in der konjugierten Ebene in der Zone liegt, in der sich das Prisma **301** und der galvanometrische Spiegel befinden, hat die Funktion, die Ausbreitung des Beleuchtungsstrahls auf dem Prisma **301** zu begrenzen. Die Feldmembran **332** begrenzt das Öffnen des am Prisma **301** ankommenden Lichtstrahls. Nach dem Durchlauf durch das Prisma **301** wird der Lichtstrahl FE von dem galvanometrischen Spiegel **101** reflektiert. Nachdem er die Linsen **110**, **107**, **106** durchlaufen hat, gelangt er zu der Maske **304**.

**[0039]** Eine vereinfachte Maske **304** ist in [Fig. 8](#) dargestellt. Sie ist aus einer Glasscheibe gebildet, auf der Mikroprismen, beispielsweise **310** und **311**, ausgebildet sind. Wie in den anderen Zeichnungen ist die Abtastrichtung durch den doppelt dicken Pfeil angegeben. [Fig. 9](#) veranschaulicht die Funktionsweise dieser Mikroprismen. Der Beleuchtungsstrahl FE, der auf einem Prismapaar ankommt, wird in einen Strahl FE1 und einen Strahl FE2 aufgeteilt. Der Strahl FE2, nachdem er die Linse **102** durchlaufen hat und von dem Spiegel **103** und der Seite (a) des galvanometrischen Spiegels **101** reflektiert wurde, wird von der Öffnungsmembran **300** gestoppt. Der Lichtstrahl FE1, nachdem er von dem Spiegel **103** und der Seite (a) des galvanometrischen Spiegels **101** reflektiert wurde, durchquert die Linse **111** und wird zu der Zwischenebene **112** und dann zu dem zu beobachtenden Objekt **126** gerichtet. Infolgedessen wird das zu beobachtende Objekt von einer Beleuchtungszone in Gitterform beleuchtet, wobei die wie bei **311** ausgerichteten Mikroprismen helle Bänder (Beleuchtungszone) erzeugen, und die wie bei **310** ausgerichteten Mikroprismen dunkle Bänder erzeugen, und zwar weil der von diesen Mikroprismen kommende Lichtstrahl FE2 von der Öffnungsmembran **300** gestoppt

wird. Die Beleuchtungszone tastet das beobachtete Objekt ab, wenn der galvanometrische Spiegel sich bewegt.

**[0040]** Bei der Erfindung wird nicht an einer einfachen Maske in Gitterform festgehalten. Die verwendete Maske hat eine ähnliche Funktionalität wie die der Masken der [Fig. 2](#) bis [Fig. 6](#). Sie ist durch die [Fig. 18](#) dargestellt. Jeder Punkt dieser Maske umfasst ein Mikroprisma mit kreisförmigem Querschnitt **412** und ein Mikroprisma mit ringförmigem Querschnitt **413**. Diese Mikroprismen sind in Seitenansicht in der [Fig. 11](#) (**412a** und **413a**), und in der [Fig. 12](#) (**412b** und **413b**) dargestellt, die technischen Ausführungen entsprechen, die sich geringfügig unterscheiden. Selbstverständlich ist die Neigung der gesamten kreisförmigen Mikroprismen in der gleichen Richtung ausgerichtet, die unter Berücksichtigung der angewandten Konfiguration der Abtastrichtung entspricht, und die gesamten ringförmigen Mikroprismen sind in ihrer Neigung in der gleichen Richtung ausgerichtet, aber umgekehrt.

**[0041]** Der Lichtstrahl FD, der von dem beobachteten Objekt zurückkommt, gelangt wieder zur Maske **304**. Wie in [Fig. 19](#) angegeben ist, wird der von dem beobachteten Objekt kommende Lichtstrahl FD durch die Mikroprismen in einen ersten Lichtstrahl FD1 und einen zweiten Lichtstrahl FD2 aufgeteilt, die sich voneinander durch ihre Ausrichtung unterscheiden. Diese beiden Lichtstrahlen kehren anschließend zur Seite (b) des galvanometrischen Spiegels **101** zurück, nachdem sie die Linsen **106**, **107**, **110** durchlaufen haben. In Nähe der Seite (b) des galvanometrischen Spiegels **110** werden die beiden Lichtstrahlen räumlich getrennt. Jeder der beiden Lichtstrahlen durchquert ein anderes Halbprisma (die beiden Hälften des Prismas **301**), was deren Ausrichtung modifiziert. Nach Durchlaufen der Linse **113** gelangen die beiden Lichtstrahlen zu unterschiedlichen Punkten des Messfühlers bzw. der Sonde **114**. In der Ebene des CCD-Messfühlers **114** bilden sich zwei Bilder I1 und I2, deren Erstreckung in [Fig. 10](#) dargestellt ist. Die Größe dieser Bilder ist durch die Feldmembran **332** bestimmt, die also vorzugsweise rechteckig sein soll. Das erste Bild I1 wird anhand des ersten Lichtstrahls erhalten, der die gemäß **412** ausgerichteten Mikroprismen, die bereits von dem Beleuchtungsstrahl durchlaufen wurden, nochmals durchlaufen hat. Sie wird also anhand einer Erfassungszone erhalten, die mit der Beleuchtungszone koinzidiert. Das zweite Bild I2 wird anhand eines zweiten Lichtstrahls erhalten. Dieser zweite Lichtstrahl hat die Mikroprismen, die gemäß **413** ausgerichtet sind, und die der Membran **300** zugeordnet den Beleuchtungsstrahl angehalten haben, nochmals durchlaufen. Er wird also anhand einer zur Beleuchtungszone komplementären Erfassungszone erhalten. Jeder Punkt des beobachteten Objekts hat zwei Bildpunkte, beispielsweise P1 und P2, von der sich einer auf dem ersten

Bild I1 und der andere auf dem zweiten Bild I2 befindet. Der Vektor P1P2 hängt nicht vom Punkt des beobachteten Objekts ab. Ein resultierendes Bild wird erzeugt, indem für jeden Punkt des beobachteten Objekts die Differenz zwischen den an der Sonde erfassten Werten für seine zwei Bildpunkte P1 und P2 berechnet werden, nachdem der galvanometrische Spiegel eine Abtastung des Bildes der Maske an dem beobachteten Objekt vorgenommen hat. Vor dem Berechnen der Differenz ist es möglich, jedes Bild mit einem Multiplikationskoeffizienten zu multiplizieren, dessen Funktion es ist, das Ergebnis bestmöglich anzupassen, um das bestmögliche Bild zu erhalten.

**[0042]** Dennoch ist vorzuziehen, insbesondere wenn die Beleuchtungszone durch eine Einheit einander angenäherter Scheiben gebildet ist, dass die Erfassungszone zum Erhalt des zweiten Bildes komplementär zu der Erfassungszone zum Erhalt des ersten Bildes ist. [Fig. 114](#) stellt die entsprechende Maske dar. Sie umfasst an einem absorbierenden Rahmen **461** kreisförmige Mikroprismen, beispielsweise **460**, die alle eine Neigung in der gleichen Richtung und in der gleichen Ausrichtung aufweisen, sowie Mikroprismen in Form von Bändern **462** oder **463**, die von kreisförmigen Mikroprismen unterbrochen sind und alle eine Neigung in entgegengesetzter Richtung zu der der kreisförmigen Mikroscheiben haben. Es ist anzumerken, dass wenn die Mikroprismen in Bandform eine senkrecht zur Richtung der Bänder ausgerichtete Neigung aufweisen, und damit bei dem in der Figur dargestellten Fall schräg in bezug auf die Abtastrichtung, es hierbei vorzuziehen ist, das Prisma **301** und die Messfühler I14 leicht um die optische Achse herumzudrehen, damit das Prisma **301** zwei Zonen voneinander trennt, die nicht mehr in bezug auf eine zur Figur orthogonale Ebene symmetrisch sind, sondern in bezug auf eine Ebene, die ebenfalls schräg verläuft.

**[0043]** Die Mikroprismen können durch Diamant-Bearbeitungstechniken, gefolgt von einer Formgebung, hergestellt werden. Die Mikroprismen können auch durch Lithographie hergestellt werden, und zwar wenn ihre Neigung gering ist oder ihre Größe angemessen ist. Sie werden hierbei durch eine Aufeinanderfolge von Dielektrizitätsschichten angenähert, wie in [Fig. 15](#) angegeben ist. Ein Mikroprisma wird auf einem Substrat **420** durch Aufbringung mehrerer Schichten **421** bis **425** durch Lithographie hergestellt. Es kann auch eine Gießform durch Lithographie mit Hilfe von Metallschichten hergestellt werden, und dann der Mikroprismen-Raster in einem Polymer gegossen werden.

**[0044]** Diese Ausführungsform ist von besonderem Vorteil, da sie in Echtzeit Bilder unter optimalen Nutzungsbedingungen der Information ermöglicht.

**[0045]** In einer Konfiguration, in der die Maske mit

Mikroprismen gleichzeitig von dem Beleuchtungsstrahl und von dem von dem beobachteten Objekt kommenden Strahl durchlaufen wird, kann diese Ausführungsform auch auf eine Konfiguration angepasst werden, die der ersten Ausführungsform ähnlich ist, wobei der Beleuchtungsstrahl die Mikroprismenmaske nicht durchläuft, da ja schon durch eine herkömmliche Maske, die auf der Beleuchtungslinie angeordnet ist, gefiltert wurde. In diesem Fall ist der Beleuchtungsstrahl FE eindeutig (es ist also nicht notwendig, eine Membran 300 vorzusehen) und wird wie in [Fig. 1](#) behandelt. Der von dem Objekt zurückkommende Lichtstrahl gelangt zu der Mikroprismen-Maske und wird also wie in [Fig. 7](#) behandelt. Der Vorteil einer Konfiguration ähnlich der ersten Ausführungsform besteht darin, dass der chromatische Aberrationsunterschied zwischen einer Erregungs-Wellenlänge der Fluoreszenz und einer Erfassungs-Wellenlänge der Fluoreszenz von einer Verschiebung entlang der optischen Achse der in der Beleuchtungslinie angeordneten Maske oder der in [Fig. 1](#) dargestellten Linse I24 kompensiert werden kann.

#### Varianten der Abtastvorrichtung

**[0046]** Das System kann auch mit anderen Abtastvorrichtungen verwendet werden. Beispielsweise ist es möglich, die Mikroprismen-Maske auf einer Nipkow-Scheibe herzustellen. In [Fig. 7](#) genügt es, die feststehende Maske durch eine auf einer sich drehenden Scheibe angebrachte Maske zu ersetzen, und den galvanometrischen Spiegel durch einen feststehenden Spiegel zu ersetzen, um ein funktionierendes System zu erhalten. Die Abtasteigenschaften (kreisförmige Wegbahn) tendieren jedoch dazu, das Bild zu verschlechtern. Das System kann "entfaltet" ("déplié") werden, da der galvanometrische Spiegel überflüssig ist, aber es bleibt erforderlich, geeignete Ebenen für die verschiedenen Membranen und Masken zu erzeugen, wobei das System also nicht bemerkenswert vereinfacht wird.

**[0047]** Anstelle einer Nipkow-Scheibe können die Mikroprismen mit Hilfe einer Vorrichtung verschoben werden, die eine Translationsbewegung gestattet (beispielsweise einen Schrittschaltmotor). Diese Lösung vermeidet die mit der kreisförmigen Wegbahn verbundenen Probleme. Die Bewegung kann sehr kurz sein (minimal die Größe eines Mikroprismas, d. h. einige zig-Mikron), was eine schnelle Abtastung ermöglicht. Die Translationsvorrichtung kann auch eine Bewegung vom oszillierenden Typ der Mikroprismen erzeugen, wenn diese mit Hilfe von Federn mit angemessenen Eigenschaften angebracht sind.

**[0048]** Das System kann auch mit Abtastvorrichtungen von dem in der Patentschrift PCT/FR01/02890 beschriebenen Typ verwendet werden, beispielsweise in [Fig. 22](#) dieses Patents, und impliziert, dass die

Maske reflektierend funktioniert. In diesem Fall sind die Bänder, die Scheiben oder die Ringe der Masken durch Aufbringung einer reflektierenden Schicht auf einen transparenten Hintergrund für die zwei ersten Ausführungsformen hergestellt, oder durch Herstellung von Prismen, die mit einer reflektierenden Schicht bedeckt sind, für die dritte Ausführungsform. Im Fall einer Ausführung der Prismen durch Lithographie vereinfacht diese Lösung die Herstellung, da die Ablagerungen alle metallisch sein können (die Prismen reflektieren das Licht statt es zu übertragen. Allgemein gesagt können die Mikroprismen also ebenso in Reflexion funktionierende Prismen als auch in Übertragung funktionierende Prismen sein. Wenn die Bilder der Reihe nach erhalten werden, ist es schwierig, einen Nipkow-Scheibe einzusetzen, da diese es nicht gestattet, eine zur Beleuchtungszone unterschiedliche Erfassungszone zu haben, sofern diese nicht mit einem Lochraster ausgestattet wird, der aus zwei übereinandergelegten Platten gebildet ist, und der es ermöglicht, beispielsweise Löcher in Scheibenform und Löcher in Ringform abzuwechseln. Da sich die Scheibe permanent dreht, ist dies schwierig.

#### Techniken zur Bestimmung des Multiplikationskoeffizienten

**[0049]** Allgemein erfolgt die Kombination des ersten Bildes und des zweiten Bildes durch Subtraktion dieser beiden Bilder, die mit einem Multiplikationskoeffizienten behandelt werden. Es gibt tatsächlich nur einen einzigen zu bestimmenden Koeffizienten, wenn man von dem allgemeinen Lichtstärkepegel des Bildes absieht. Die Überlagerung von zwei Bildern  $I1[i,j]$ , wobei  $i$  und  $j$  ganzzahlige Koordinaten eines Messfühlerpunkts in der Ebene sind, wird hierbei als  $IR[i,j] = C1 \cdot (I1[i,j] - C2 \cdot I2[i,j] - C3)$  berechnet, wobei  $C3 = \min(I1[i,j] - C2 \cdot I2[i,j])$ , und  $C1 = 256 / \max(I1[i,j] - C2 \cdot I2[i,j] - C3)$ .

**[0050]** Beispielsweise stellt im Fall einer Anzeige mit 256 Graustufen das Symbol \* die Multiplikation dar. Man kann ein Programm schreiben, welches das sich ergebende Bild  $IR[i,j]$  als Funktion des Multiplikationskoeffizienten  $C2$  anzeigt und eine Einstellleiste aufweist, die es ermöglicht, progressiv diesen Koeffizienten zwischen zwei Extremwerten variieren zu lassen. Indem  $C2$  variiert wird, und indem das resultierende Bild beobachtet wird, gelangt man ziemlich gut zur Bestimmung des Wertes von  $C2$ , der das klarste und kontrastreichste resultierende Bild erzeugt, bei dem die Elemente außer der Brennpunktebene am besten eliminiert sind. Wenn dieser Koeffizient  $C2$  einmal für ein gegebenes Bildgebungssystem bestimmt ist, bleibt er normalerweise unabhängig von dem beobachteten Muster.

**[0051]** Der Koeffizient  $C2$  kann auch durch eine numerische Berechnung bestimmt werden, die darauf abzielt, die Entropie der Resultierenden  $IR[i,j]$  zu mi-

nimieren. Beispielsweise wird die Entropie von  $IR[i,j]$  für eine Gesamtheit von Werten von C2 berechnet und es wird der der minimalen Entropie entsprechende Wert gewählt. Die Entropie wird wie die Summe der Gesamtheit der Indizes  $i,j$  von  $-IR[i,j] \cdot \log(IR[i,j]/256)$  berechnet.

Wahl der Beleuchtungs- und Erfassungszonen:

**[0052]** Es kann ein sogenanntes "pseudo-konfokales" erstes Bild  $I1[i,j]$  erfasst werden, für das die Beleuchtungszone und die Erfassungszone zusammenfallen. Es kann ein zweites, sogenanntes "komplementäres" Bild  $I2[i,j]$  erfasst werden, für das die Erfassungszone komplementär zu der selbst unveränderten Beleuchtungszone ist. Das "nicht-konfokale" Bild ist gleich  $IN[i,j] = I1[i,j] + I2[i,j]$ . Das Bild  $I1[i,j]$  kann geschrieben werden  $I1[i,j] = K1 \cdot IN[i,j] + K2 \cdot IC[i,j]$ , wobei  $IC[i,j]$  ein "reines" konfokales Bild ist, d. h. dessen Lichtstärke nicht zunimmt, wenn die Dicke der fluoreszierenden Zone zunimmt.  $K1$  und  $K2$  sind Konstanten, die von der exakten Konfiguration der Beleuchtungszonen und der Detektion für das Abrufen der zwei Bilder abhängt. Man kann also schreiben  $IC[i,j] = I/K2 \cdot I1[i,j] - K1/K2 \cdot IN[i,j]$  wobei  $IC[i,j] = (1 - K1)/K2 \cdot I1[i,j] - K1/K2 \cdot I2[i,j]$ . Die zweite Formel ergibt das konfokale Bild als Funktion des komplementären Bildes und des pseudo-konfokalen Bildes. Wenn das pseudo-konfokale Bild und das nicht-konfokale Bild zur Berechnung des konfokalen Bildes herangezogen werden, mindert dies das Rauschverhältnis. Wenn nicht-komplementäre Zonen verwendet werden, gewinnt man daraus ein teilweise konfokales Bild, was eine vollständigere Elimination niedriger Frequenzen ermöglichen kann, dies ist aber allgemein nicht die gesuchte Wirkung, und es ist somit vorzuziehen, komplementäre Zonen anzuwenden.

Industrielle Anwendungen:

**[0053]** Die vorliegende Abbildungs- bzw. Bildgebungsvorrichtung kann in der Mikroskopie für die Bildgebung von biologischen Proben oder Materialproben verwendet werden.

### Patentansprüche

1. Konfokale oder semi-konfokale Abbildungsvorrichtung, welche umfasst:

- a) ein Mittel zur Beleuchtung mindestens eines Beleuchtungspunkts in einem beobachteten Bereich einer beobachteten Ebene (**126**) mit Hilfe eines Beleuchtungsstrahlenbündels (FE),
- b) ein Mittel zur räumlichen Selektion des von dem genannten Beleuchtungspunkt kommenden Lichts in dem von der beobachteten Ebene kommenden Licht,
- c) ein Mittel zur Erzeugung eines Bildes des genannten Beleuchtungspunkts aus dem selektierten Licht, das von dem genannten Beleuchtungspunkt kommt,

- d) ein Scansystem (**120**) zur Verschiebung des genannten Beleuchtungspunkts in den beobachteten Bereich und zur gleichzeitigen Verschiebung des Bildes des genannten Beleuchtungspunkts, um einen beobachteten Bereich zu scannen und ein erstes Bild des beobachteten Bereichs zu erzeugen,
- e) ein Sensor (**114**), der das erste Bild abtastet, **dadurch gekennzeichnet**, dass:
  - f) sie ein Mittel umfasst, um in dem von der beobachteten Ebene kommenden Licht dasjenige Licht zu selektieren, welches von einem den genannten Beleuchtungspunkt umgebenden Streifen kommt,
  - g) sie ein Mittel umfasst, um aus selektiertem Licht, das von dem genannten Streifen kommt, ein Bild des genannten Streifens zu erzeugen,
  - h) das Scansystem so angeordnet ist, dass gleichzeitig der genannte Beleuchtungspunkt und das Bild des genannten Streifens verschoben werden, um aus dem selektierten Licht, das von dem genannten Streifen kommt, ein zweites Bild des beobachteten Bereichs zu erzeugen,
  - i) sie einen Sensor umfasst, der das zweite Bild abtastet,
  - j) sie ein Mittel zur Kombination des ersten und zweiten Bildes des beobachteten Bereichs in einem dritten Bild des beobachteten Bereichs umfasst,

2. Vorrichtung gemäß dem Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Mittel zur Kombination des genannten ersten und des genannten zweiten Bildes den Unterschied zwischen dem ersten, mit einem ersten Faktor multiplizierten Bild und dem zweiten, mit einem zweiten Faktor multiplizierten Bild bestimmen.

3. Vorrichtung gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem genannten Streifen um einen konzentrisch zum Beleuchtungspunkt verlaufenden Ring handelt.

4. Vorrichtung gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Vielzahl von Beleuchtungspunkten und eine Vielzahl von Streifen umfasst, wobei jeder der genannten Streifen einen entsprechenden Beleuchtungspunkt umgibt.

5. Vorrichtung gemäß dem Patentanspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur Beleuchtung der Vielzahl der Beleuchtungspunkte ein Mikrolinsengeraster umfasst, welches ein Laser-Strahlenbündel in eine Vielzahl von jeweils auf einen Beleuchtungspunkt fokussierten Unter-Strahlenbündeln aufteilt.

6. Vorrichtung gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen einzigen Beleuchtungspunkt umfasst, und dadurch, dass das Mittel zur Beleuchtung des Beleuchtungspunkts eine Linse umfasst, die ein Laser-Strahlen-



bündel auf den Beleuchtungspunkt fokussiert.

7. Vorrichtung gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Selektion des Lichts aus der Überlagerung einer ersten lichtundurchlässigen Platte, die mindestens eine transparente Scheibe umfasst, und einer zweiten lichtundurchlässigen Platte, die mindestens eine transparente Scheibe und mindestens einen transparenten Ring umfasst, sowie aus einem Mittel zur translatorischen Bewegung der zweiten Platte gegenüber der ersten bestehen, um bei der Erfassung des ersten Bildes die Scheibe der zweiten Platte in eine der Scheibe der ersten Platte gegenüberliegende Position zu bringen, und um anschließend bei der Erfassung des zweiten Bildes den Ring der zweiten Platte in eine der Scheibe der ersten Platte gegenüberliegende Position zu bringen.

8. Vorrichtung gemäß einem der Patentansprüche 4 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass:

- die Mittel zur Selektion des Lichts eine Maske umfassen, die aus transparenten oder reflektierenden Mikroprismen besteht, wodurch das Licht, das von den Beleuchtungspunkten kommt und ein erstes Strahlenbündel bildet, in eine erste Richtung umgelenkt werden kann, und das Licht, das von den Streifen kommt und ein zweites Strahlenbündel bildet, in eine zweite Richtung umgelenkt werden kann.
- die Vorrichtung ein Mittel umfasst, um aus dem ersten Strahlenbündel das erste Bild zu erzeugen,
- die Vorrichtung ein Mittel umfasst, um aus dem zweiten Strahlenbündel das zweite Bild zu erzeugen.

9. Vorrichtung gemäß dem Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass sie umfasst:

- eine Zwischenlinse zur Umlenkung des ersten und des zweiten Strahlenbündels in einen Auftrennungsbereich, wo sie räumlich aufgetrennt werden,
- mindestens ein Prisma oder einen Spiegel, das/der in dem Auftrennungsbereich angeordnet ist, um die Richtung mindestens eines der zwei Strahlenbündel zu ändern.

10. Vorrichtung gemäß dem Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Linse umfasst, die nach dem Auftrennungsbereich gleichzeitig von dem ersten und dem zweiten Strahlenbündel durchlaufen wird, und das erste und das zweite Bild in zwei unterschiedlichen Bereichen ein und derselben Bildebene erzeugt.

11. Vorrichtung gemäß einem der Patentansprüche 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass:

- sie eine erste Öffnungsblende umfasst, die von dem Beleuchtungsstrahlenbündel durchlaufen wird, bevor es an der aus transparenten oder reflektierenden Mikroprismen bestehenden Maske ankommt,
- sie eine zweite Öffnungsblende umfasst, die von dem Beleuchtungsstrahlenbündel durchlaufen wird,

das von der Maske kommt und zu dem beobachteten Objekt gelenkt wird,

- die erste Öffnungsblende so positioniert ist, dass der Teil des Beleuchtungsstrahlenbündels, der in einen Bereich der Maske gelangt, der das genannte zweite Strahlenbündel weiterleitet, anschließend durch die zweite Öffnungsblende aufgehalten wird, und so, dass der Teil des Beleuchtungsstrahlenbündels, der in einen Bereich der Maske gelangt, der das genannte erste Strahlenbündel weiterleitet, anschließend die zweite Öffnungsblende durchläuft.

12. Vorrichtung gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Mitteln zur Auftrennung um feste Masken handelt, und dadurch, dass das Scansystem durch einen beweglichen Spiegel gebildet wird.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

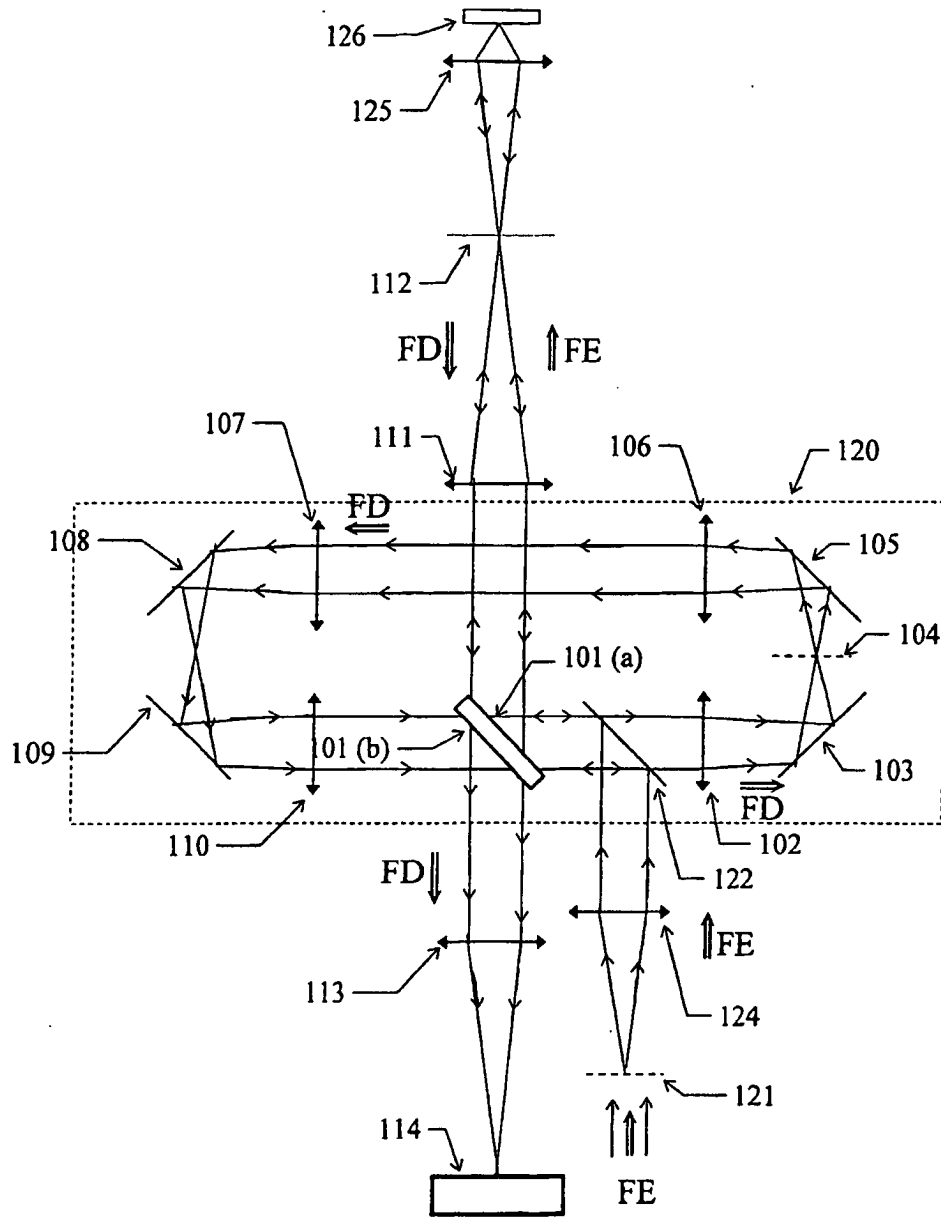
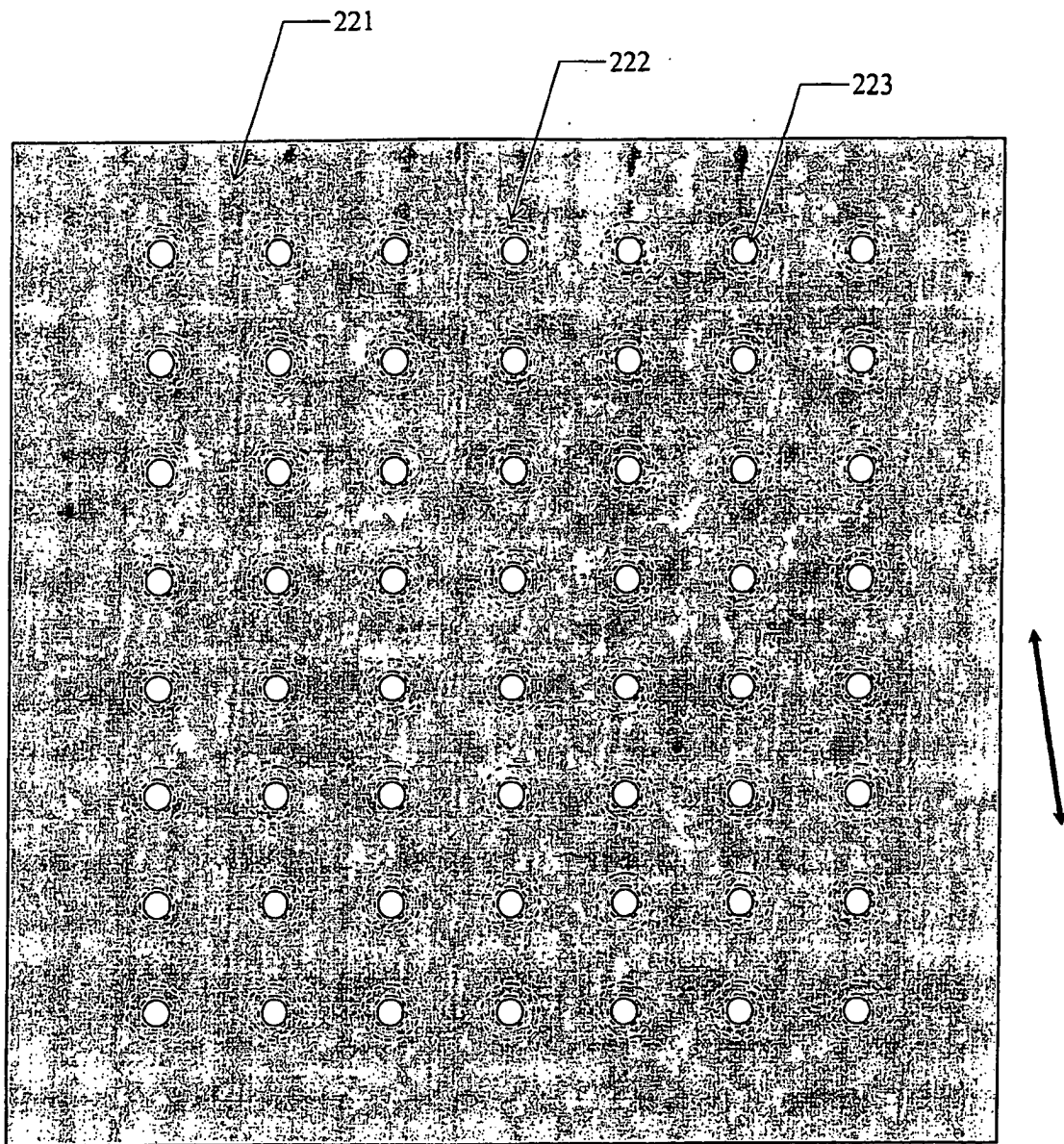
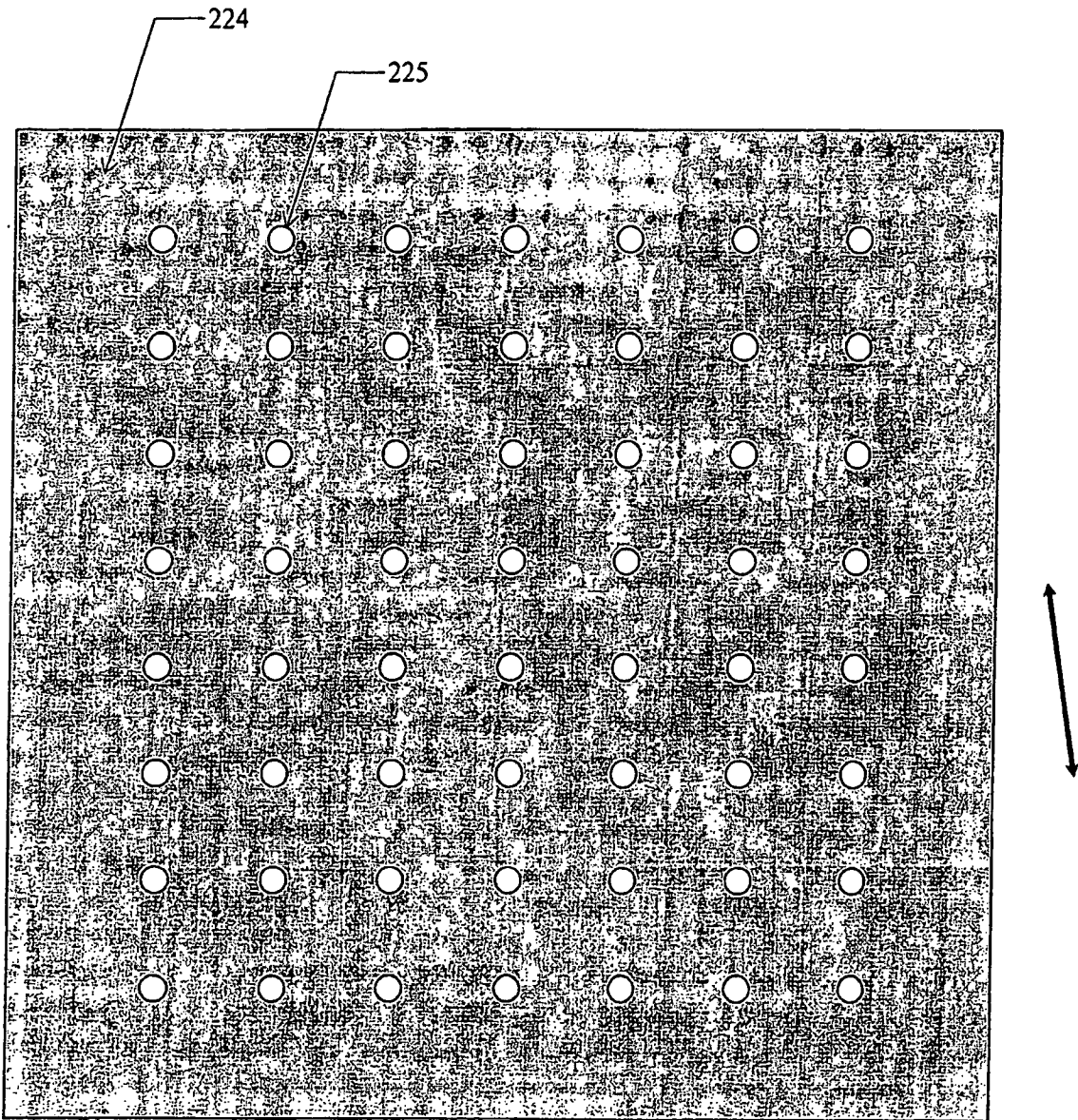


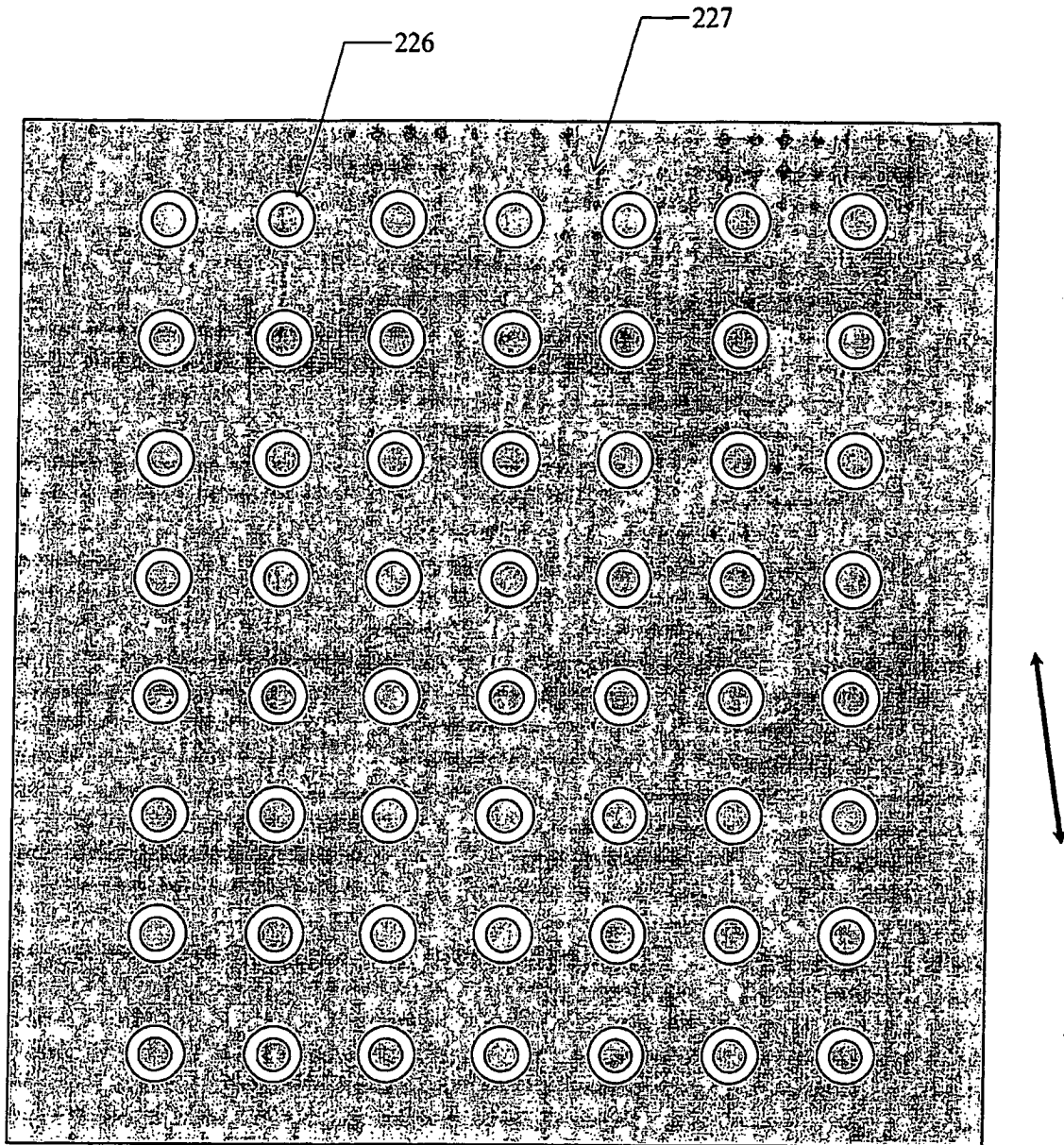
Fig. 1



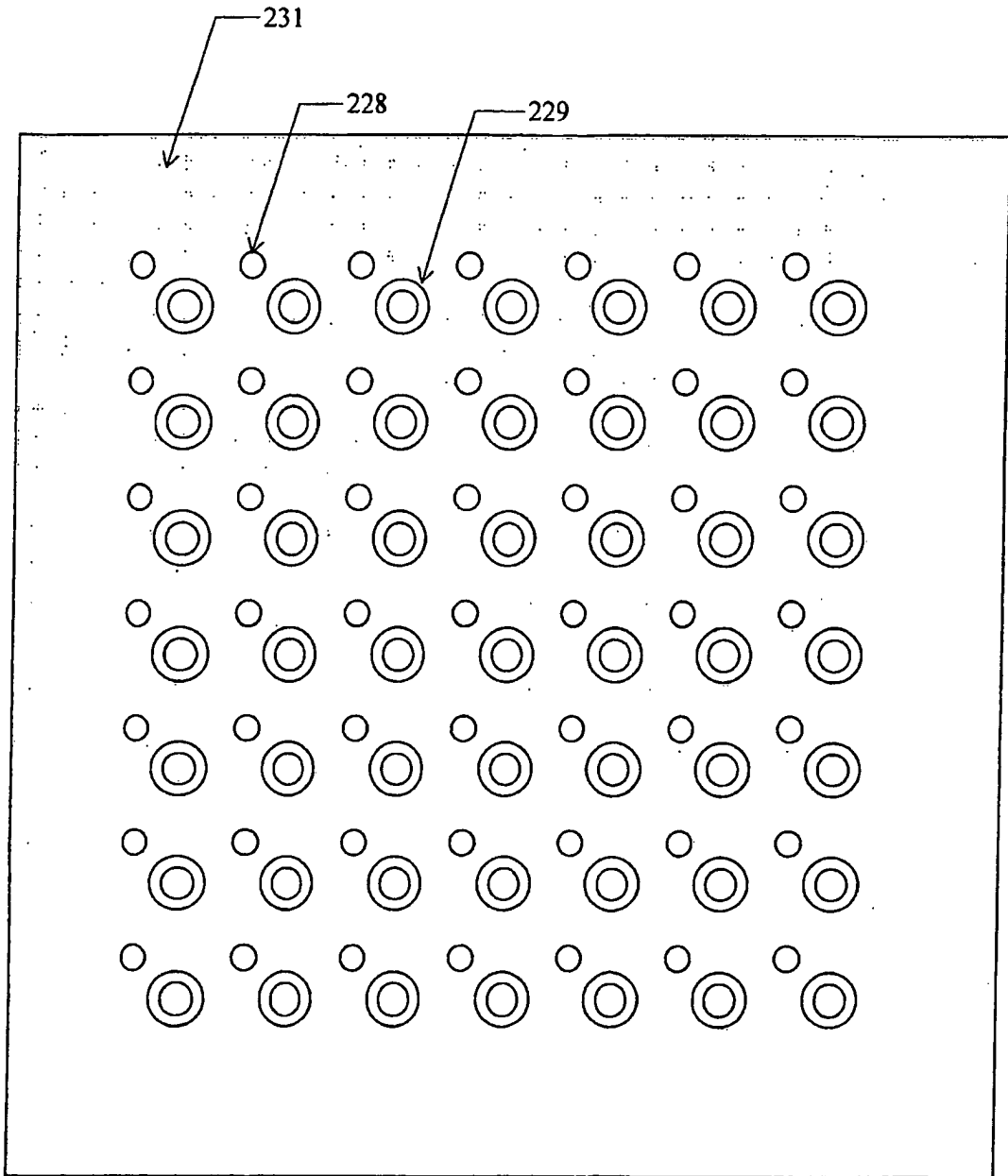
**Fig. 2**



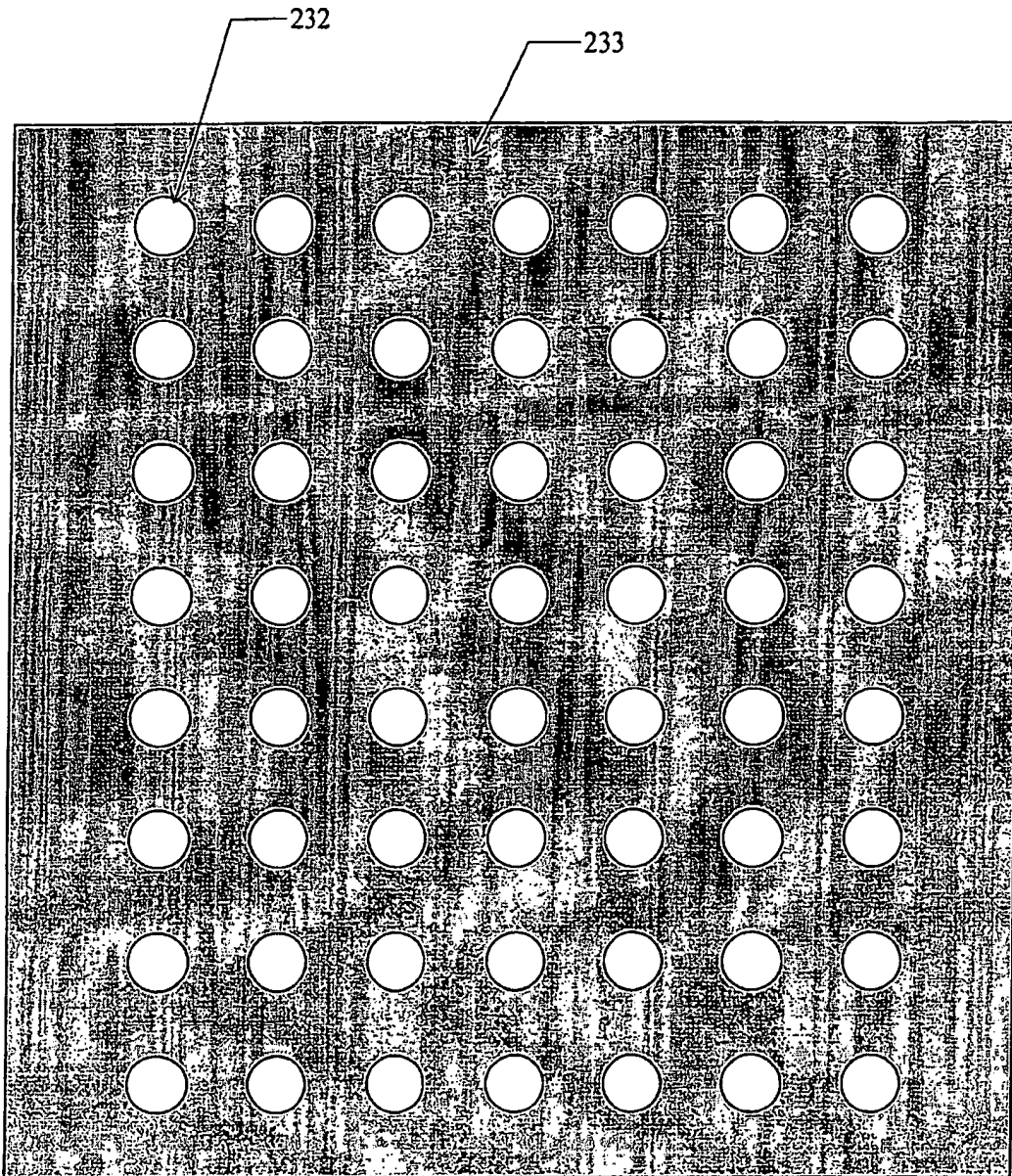
**Fig.3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**

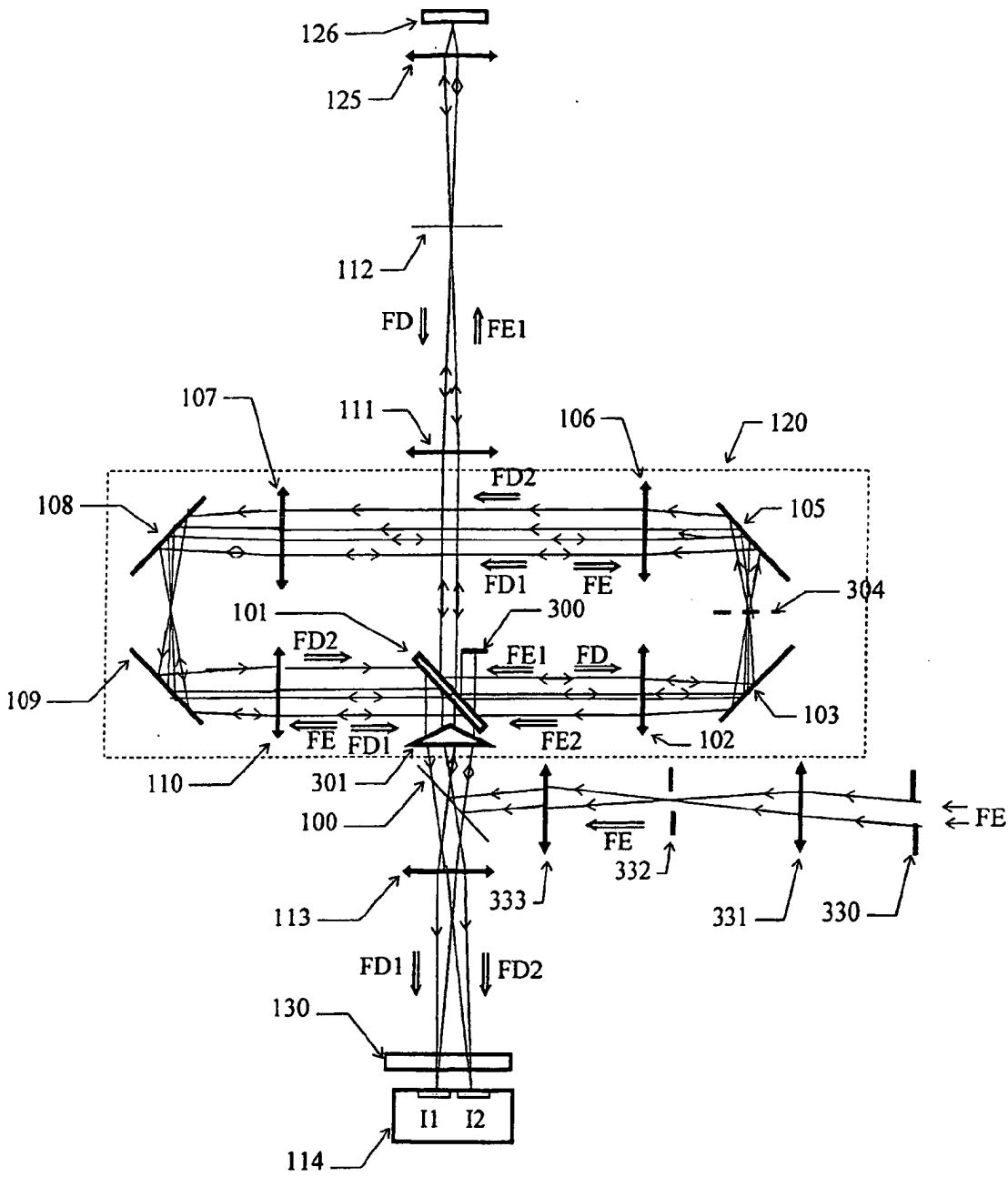


Fig. 7



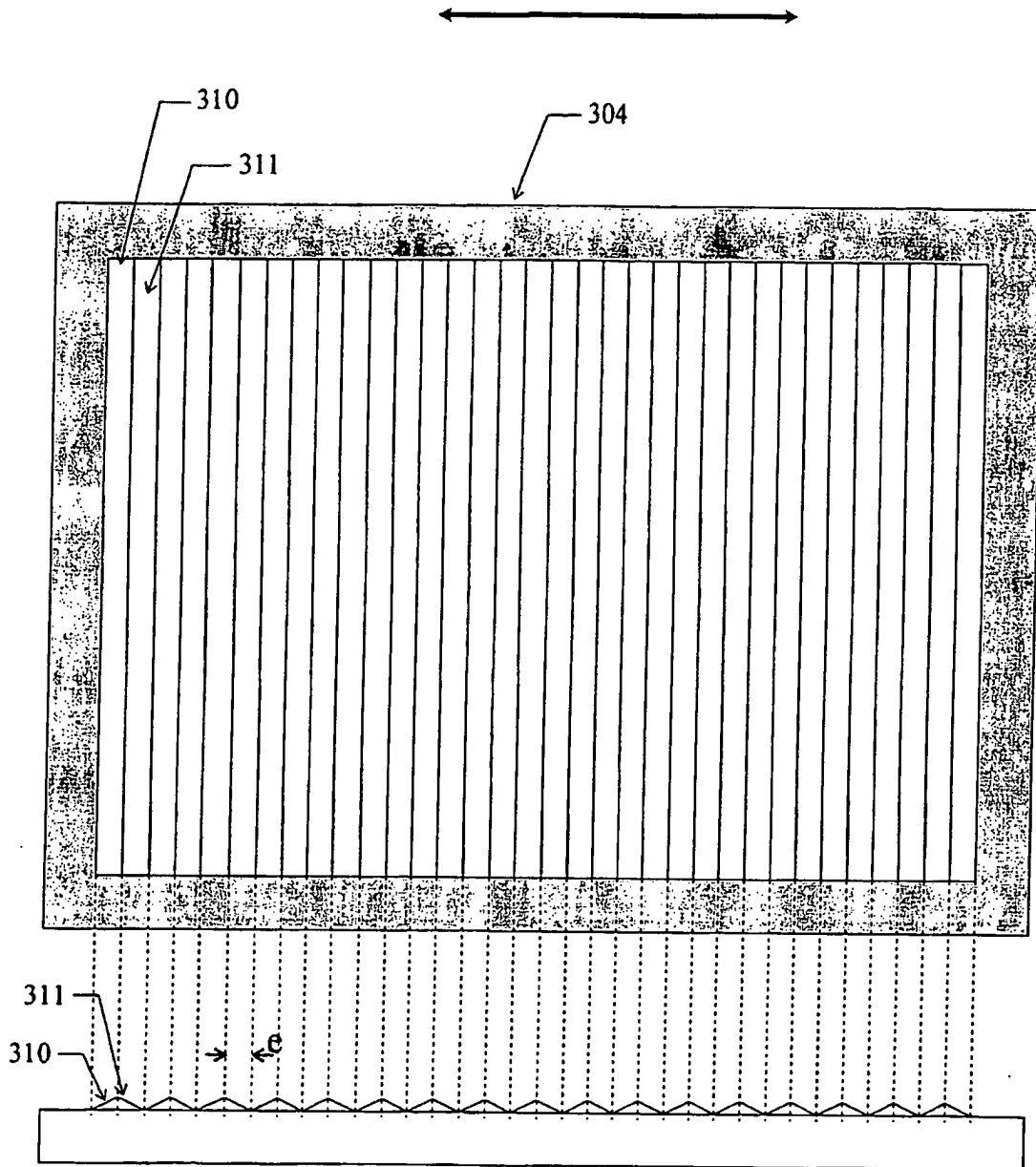
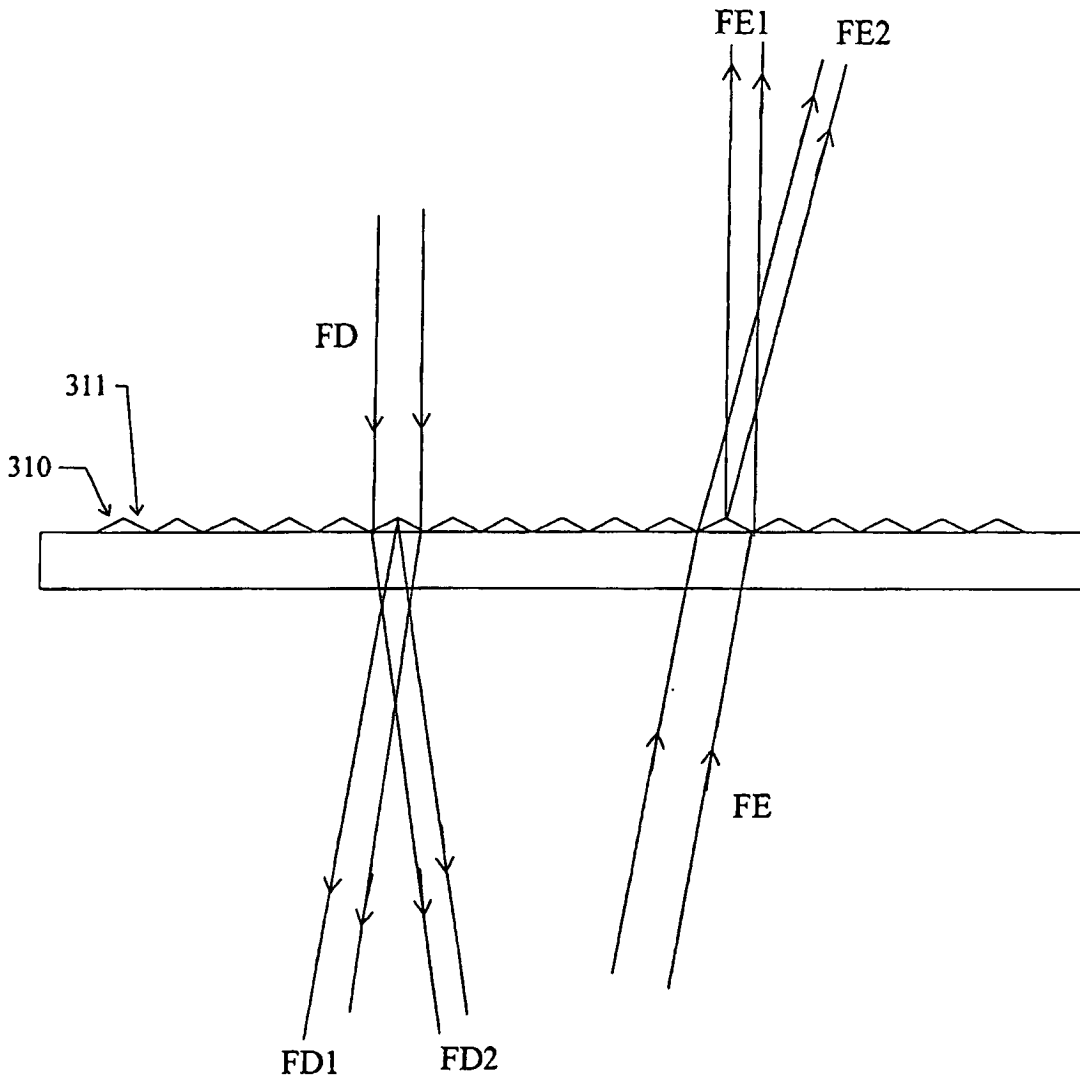
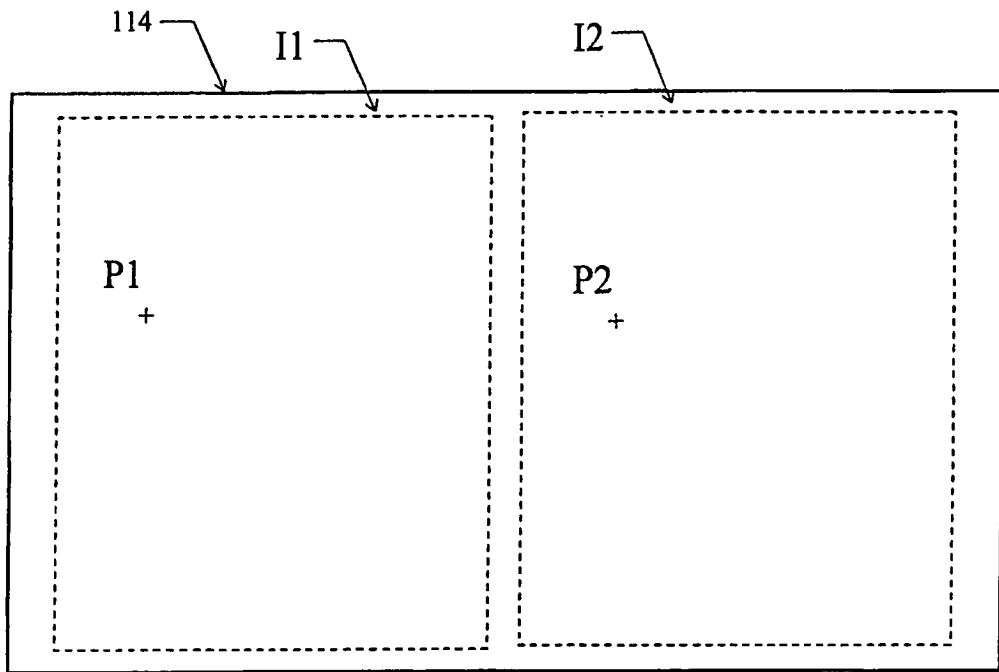


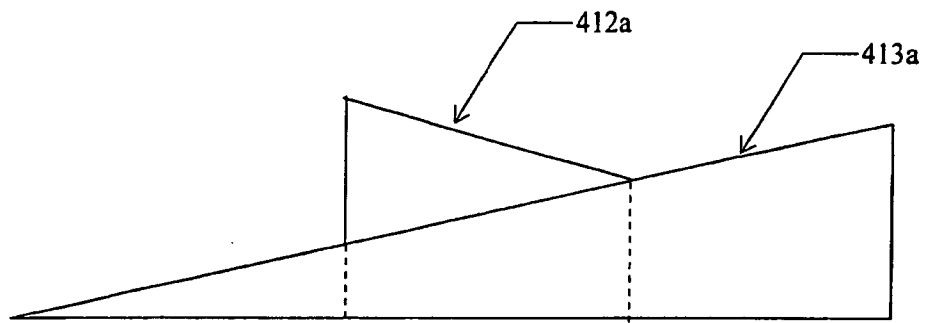
Fig. 8



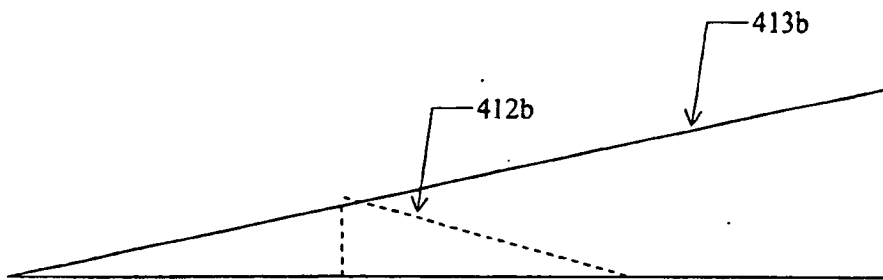
**Fig. 9**



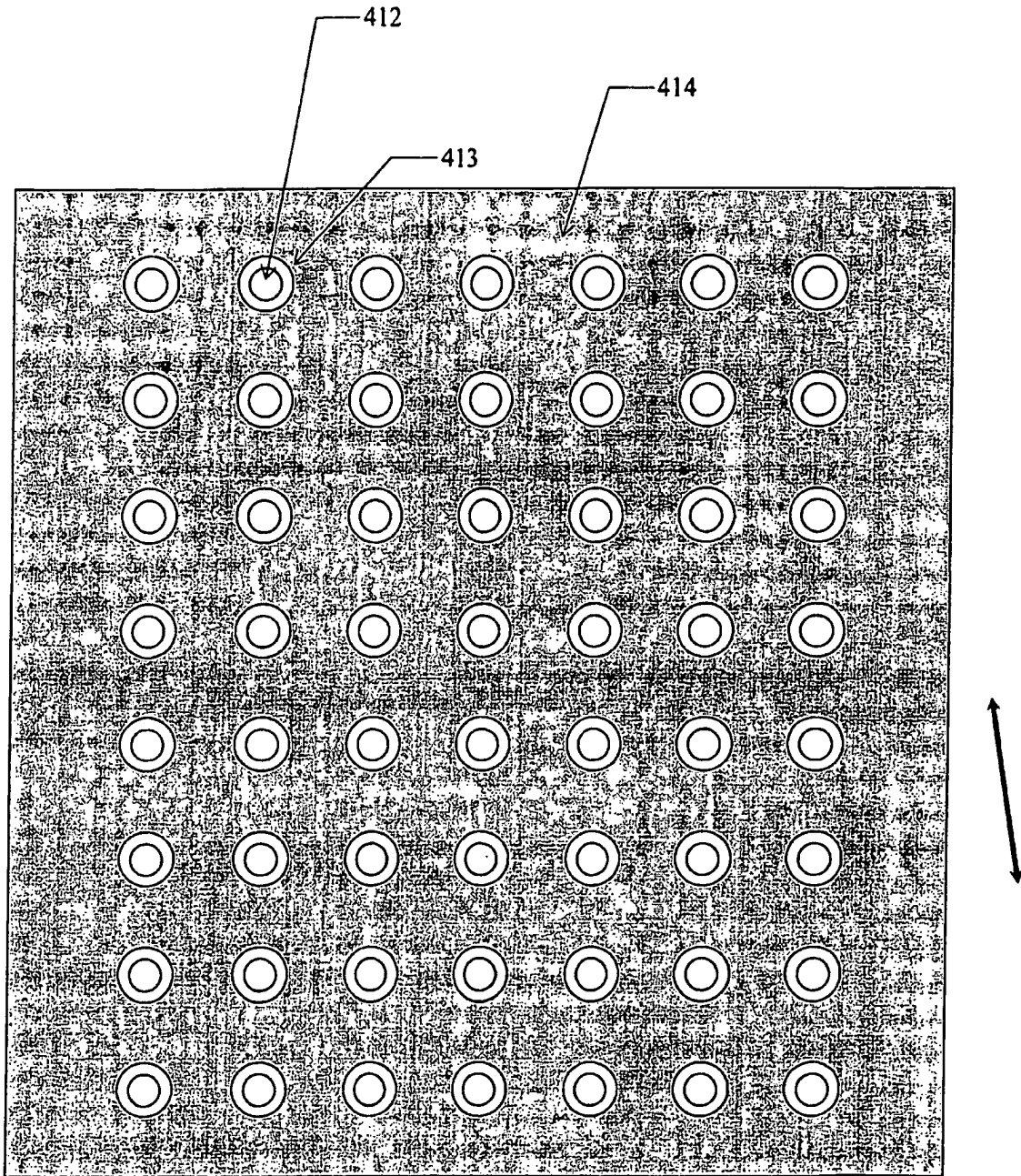
**Fig. 10**



**Fig. 11**



**Fig. 12**



**Fig. 13**

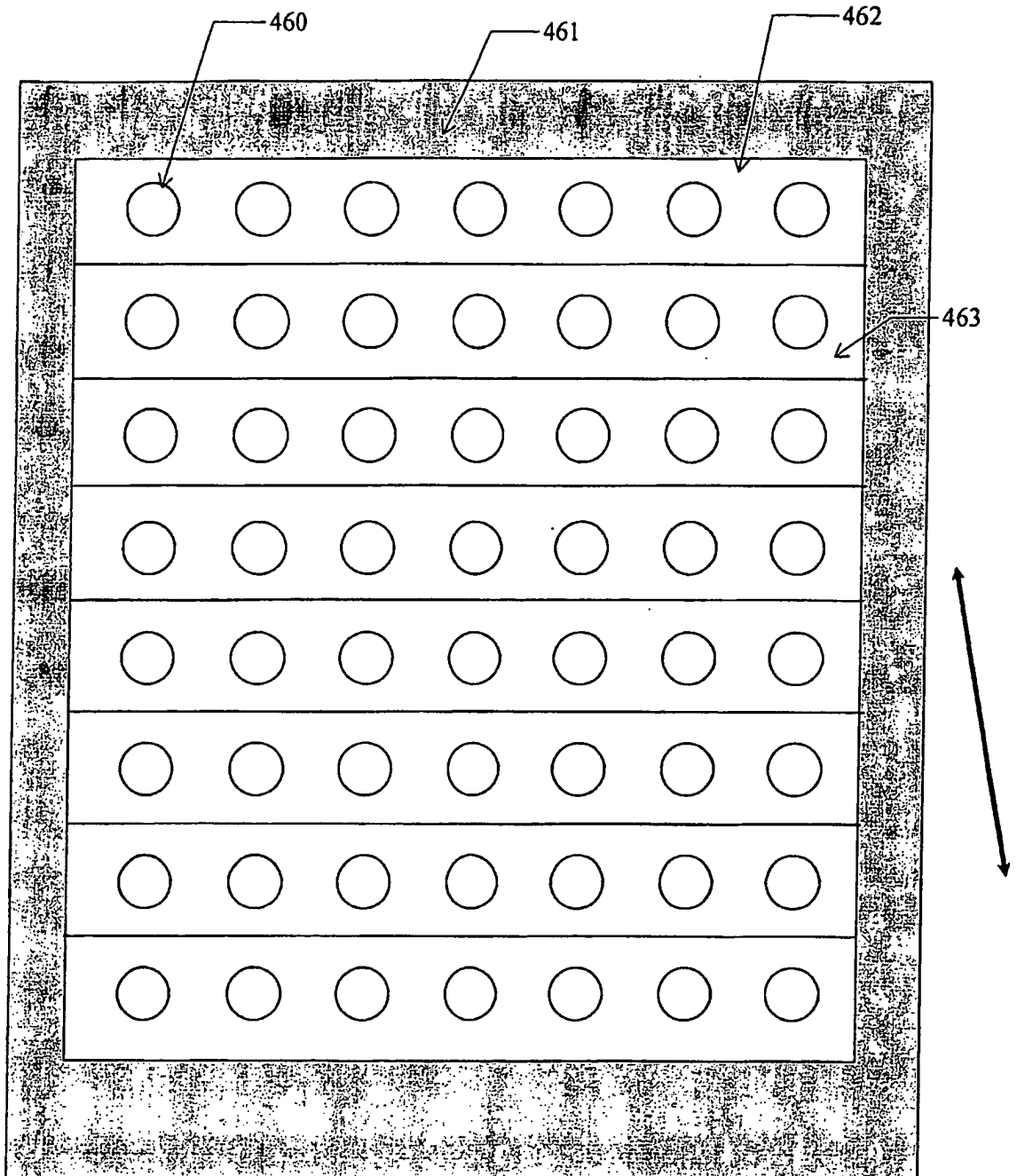
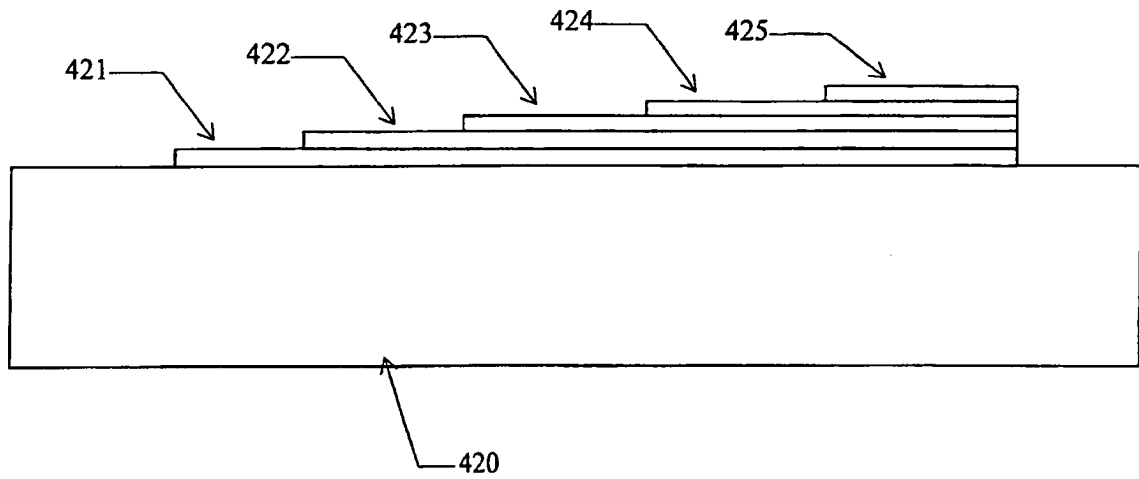


Fig. 14



**Fig. 15**