



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 28 420 T2** 2007.09.06

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 139 140 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 28 420.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 106 833.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **19.03.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.10.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **16.05.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.09.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 21/00** (2006.01)
G02B 27/46 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2000076454 17.03.2000 JP

(73) Patentinhaber:
Sumitomo Chemical Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:
Minobe, Masao, Tsuchiura-shi, Ibaraki 300-0815, JP; Shiraga, Noburu, Niihama-shi, Ehime 792-0017, JP; Utsumi, Shinya, Ichihara-shi, Chiba 299-0115, JP

(54) Bezeichnung: **Beobachtungsverfahren für ein optisches Mikroskop mit konvergentem Beleuchtungsstrahl**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Beobachtungsverfahren mittels eines optischen Mikroskops, das zur Beobachtung von Texturen verschiedener Materialien geeignet ist. Materialien, die durch das Beobachtungsverfahren der vorliegenden Erfindung mittels eines Mikroskops beobachtet werden können, umfassen Polymermaterialien, wie Phasenkontrastfilme, Polarisationsfilme und orientierte Filme; biologische Materialien, wie Pflanzen und pathologische Gewebe; Suspensionen, wie Anstrichflüssigkeiten und Emulsionen; Halbleitermaterialien und dergleichen.

[0002] Da physikalische Eigenschaften verschiedener Materialien eng mit ihren Texturen korreliert sind, ist es wichtig, die Texturen genau zu bewerten und zu analysieren. Während viele Techniken dafür entwickelt und verwendet worden sind, ist unter anderem die optische Mikroskopie aufgrund ihrer Leichtigkeit der Anwendung, der Vielfalt der erhältlichen Informationen und dergleichen die gebräuchlichste Technik als Verfahren zur Beobachtung von Texturen von Materialien geworden.

[0003] Es wird üblicherweise das Beleuchtungsverfahren nach Köhler als das Beleuchtungsverfahren für eine Probe in der herkömmlichen optischen Mikroskopvorrichtung eingesetzt, bei dem man einen parallelen Strahl auf sie auftreffen läßt, um die Probe gleichmäßig zu beleuchten und die Auflösung der Bilder zu erhöhen.

[0004] Bei der Beobachtung durch eine herkömmliche optische Mikroskopvorrichtung wird jedoch durch eine Objektivlinse ein vergrößertes reelles Bild der Probe gebildet und durch ein Okular weiter vergrößert. Das heißt, es wird ein Bild betrachtet, das von der Lichtstärke herrührt, die durch die Probe reflektiert oder durchgelassen wird, wodurch Texturen, wie z.B. ob eine Anisotropie vorhanden ist oder nicht, und das Ausmaß der Orientierung nicht beobachtet werden können.

[0005] Aus dem Stand der Technik sind Systeme bekannt, die den Vergleich eines reellen Bildes einer Probe und seiner Fourier-Transformierten ermöglichen. Ein solches System wird z.B. auf den Seiten 332-334 des Buches „Optical Physics“ von S.G. Lipson u.a. beschrieben, das 1995 durch Cambridge University Press veröffentlicht wurde. Überdies ist z.B. aus den Seiten 101-107 des Buches „Introduction to Fourier Optics“ von J. W. Goodman, das 1988 durch McGraw-Hill veröffentlicht wurde, bekannt, die Probe entweder vor der Fourier-Linse oder hinter ihr anzuordnen.

[0006] Bei der Verwendung solcher Systeme sollten die reellen Bilder einer Probe mit einer optimalen Helligkeit erhalten werden, selbst wenn ein Raumfilter im System vorhanden ist.

[0007] Dieses Problem wird durch ein Beobachtungsverfahren gelöst, das die Schritte des Anspruchs 1 aufweist.

[0008] Wenn ein konvergenter Strahl anstelle des parallelen Strahls als solches als Beleuchtungslicht verwendet wird, kann ein Beobachtungsbild mit einem sehr hohen Kontrast und einer großen Tiefenschärfe erhalten werden.

[0009] In diesem Fall wird ein Fourier-transformiertes Bild der Probe, d.h. Beugungsbild der Probe, auf einer zur optischen Achse des Beleuchtungslichts orthogonalen Ebene gebildet, die den Konvergenzpunkt des Beleuchtungslichts enthält. Da dieses Beugungsbild vor der Objektivlinse gebildet werden kann, kann die optische Mikroskopvorrichtung das Beugungsbild selbst beobachten und das Beugungsbild beeinflussen, um eine erwünschte Bearbeitung durchzuführen.

[0010] In der herkömmlichen optischen Mikroskopvorrichtung wird das Beugungsbild auf der bildseitigen Brennebene der Objektivlinse gebildet, d.h. innerhalb des Objektivtubus, so daß es nicht beobachtet werden kann, es sei denn das Okular wird davon abgenommen, und es kann selbstverständlich nicht beeinflußt werden.

[0011] Die Strukturinformationen einer Probe sind in ihrem Beugungsbild konzentriert. Mit anderen Worten wird ein Beugungsbild gebildet, das der Textur einer Probe entspricht, wohingegen das Beugungsbild sich verändert, wenn die Probe eine andere Textur aufweist. Wenn daher die Beziehung zwischen der Textur und dem Beugungsbild bekannt ist, kann umgekehrt die Textur einer Probe aus dem Beugungsbild entnommen werden.

[0012] In der vorliegenden Erfindung ist die Objektivlinse geeignet, jeweils auf die Beugungsbildebene und die Probe fokussiert zu werden. Als Folge können sowohl das optische Bild als auch das Beugungsbild der

Probe beobachtet werden, wodurch die Erfassung von Strukturinformationen der Probe erhöht werden kann.

[0013] Vorzugsweise weist die optische Mikroskopvorrichtung einen Raumfilter auf, der nahezu an einer Position der Beugungsbildebene angeordnet ist, zur selektiven Sperrung eines Teils des Beleuchtungslichts, das das durch die Probe durchgelassen oder reflektiert wird.

[0014] Dies ergibt sich aus der Tatsache, daß man erwünschtes gebeugtes Licht durch den Raumfilter selektiv auf die Objektivlinse auftreffen lassen kann. Wenn die Objektivlinse auf die Probe fokussiert wird, kann das optische Bild (Dunkelfeldbild) einer Probe, das nur durch das ausgewählte gebeugte Licht gebildet wird, beobachtet werden. Da außerdem das gebeugte Licht frei ausgewählt werden kann, können verschiedene Dunkelfeldbilder, die dem erwünschten gebeugten Licht entsprechen, für dieselbe Probe beobachtet werden. Hier wird ein Hellfeldbild erhalten, wenn direktes Licht, das heißt kein gebeugtes Licht, enthalten ist.

[0015] Vorzugsweise weist die optische Mikroskopvorrichtung ferner einen Einstellmechanismus auf, der geeignet ist, den Abstand zwischen der Beugungsbildebene und der Probe beliebig zu ändern. Normalerweise wird die Position einer Kondensorlinse, die als der Austritt des konvergenten Beleuchtungslichts dient, geändert, um die Position des Konvergenzpunkts, d.h. die Position der Beugungsbildebene zu ändern. Das Beugungsbild ändert seine Größe, wenn der Abstand zwischen der Beugungsbildebene und der Probe geändert wird. Wenn der Abstand weiter ist, kann das Beugungsbild größer gemacht werden.

[0016] Vorzugsweise weist die optische Mikroskopvorrichtung ferner einen Einstellmechanismus auf, um eine Richtung des durch den Raumfilter durchgelassenen Lichts und eine optische Achse der Objektivlinse im wesentlichen miteinander auszurichten. Obwohl die Lichtmenge durch den Raumfilter reduziert wird, kann ein helles Bild mit weniger Verzeichnung erhalten werden, wenn die beiden optischen Achsen im wesentlichen miteinander ausgerichtet sind.

[0017] Die optische Mikroskopvorrichtung kann monochromatisches Licht als das Beleuchtungslicht verwenden. Wenn monochromatisches Licht verwendet wird, können Bilder erhalten werden, die zur Untersuchung einer Textur wichtig sind, die mit weißem Licht nicht erhältlich sind.

[0018] In einer weiteren Ausführungsform ist die optische Mikroskopvorrichtung eine Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl. Die Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl weist auf: eine Beleuchtungseinrichtung zur Emission eines konvergenten Strahls als Beleuchtungslicht, der an einem Punkt im Raum konvergiert; einen Probenaufspanntisch zum Aufspannen einer Probe vor dem Konvergenzpunkt des Beleuchtungslichts; eine Objektivlinse, die so angeordnet ist, daß das Beleuchtungslicht darauf trifft, nachdem Licht, das durch die Probe durchgelassen oder von ihr reflektiert wird, einmal am Konvergenzpunkt konvergiert ist; einen Polarisator, der zwischen der Beleuchtungseinrichtung und dem Probenaufspanntisch angeordnet ist; und einen Analysator, der zwischen dem Probenaufspanntisch und dem Okular angeordnet ist.

[0019] Sowohl der Polarisator als auch der Analysator ist eine Polarisationsvorrichtung zur Umwandlung auftreffenden weißen Lichts in linear polarisiertes Licht oder zirkular polarisiertes Licht.

[0020] Hier beziehen sich linear polarisiertes Licht und zirkular polarisiertes Licht auf jene unter den Ortskurven, die durch das hintere Ende eines elektrischen Feldvektors gebildet werden, der die Richtung und Größe der Schwingung eines elektrischen Feldes an einer vorgegebene Stelle entspricht, wenn er einer fortschreitenden Lichtwelle entgegengesetzt ist, die zu Linien bzw. Kreisen werden, und ihre Zustände. Im Fall von linear polarisiertem Licht wird die Fläche, die die Schwingungsrichtung und Ausbreitungsrichtung des Magnetfelds enthält, das mit dem elektrischen Feld schwingt, eine Ebene, die hier als Polarisationsebene bezeichnet wird. Hinsichtlich des Polarisators und Analysators, die das auftreffende Licht in linear polarisiertes Licht verwandeln, kann die Polarisationsebene des umgewandelten Lichts als die Polarisationsebene des Polarisators und Analysators bezeichnet werden. Im Fall von zirkular polarisiertem Licht gibt andererseits abhängig von den Ortskurven, die durch den elektrischen Feldvektor gebildet werden, einen Unterschied zwischen Rechtspolarisation und Linkspolarisation, die hier als rechtszirkular polarisiertes Licht bzw. linkszirkular polarisiertes Licht bezeichnet werden. Licht kann polarisiert werden, wenn es durch den Polarisator oder Analysator durchgelassen wird.

[0021] In dieser Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl wird ein Fourier-transformiertes Bild der Probe, das durch das polarisierte Beleuchtungslicht bewirkt wird, d.h. ein Beugungsbild der Probe auf einer Ebene gebildet (die im folgenden als Beugungsbildebene bezeichnet wird), die orthogonal zur optischen

Achse des Beleuchtungslichts ist, die den Konvergenzpunkt des Beleuchtungslichts enthält. Da dieses Beugungsbild vor der Objektivlinse gebildet werden kann, kann die Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl das Beugungsbild selbst beobachten und das Beugungsbild beeinflussen, um eine erwünschte Bearbeitung durchzuführen.

[0022] Da das auftreffende Licht in der herkömmliche Polarisationsmikroskopvorrichtung ein paralleler Strahl ist, wird das Beugungsbild an der bildseitigen Brennebene der Objektivlinse gebildet, d.h. innerhalb des Objektivtubus, so daß es nicht beobachtet werden kann, es sei denn, das Okular wird davon abgenommen, und es kann selbstverständlich nicht beeinflusst werden.

[0023] Die Strukturinformationen einer Probe sind in ihrem Beugungsbild konzentriert. Mit anderen Worten wird ein Beugungsbild, das der Textur einer Probe entspricht, gebildet, wohingegen sich das Beugungsbild verändert, wenn die Probe eine andere Textur aufweist. Wenn daher die Beziehung zwischen der Textur und dem Beugungsbild bekannt ist, kann umgekehrt die Textur einer Probe aus dem Beugungsbild entnommen werden. Eines der wichtigen charakteristischen Merkmale der Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl liegt darin, daß das Beugungsbild unter polarisiertem Licht zusammen mit dem Polarisationsmikroskopbild erhalten werden kann.

[0024] Die Objektivlinse ist geeignet, sowohl auf die Beugungsbildebene als auch die Probe fokussiert zu werden. Als Folge können sowohl das optische Bild als auch das Beugungsbild der Probe unter polarisiertem Beleuchtungslicht beobachtet werden, wodurch die Erfassung von Strukturinformationen der Probe erhöht werden kann.

[0025] Vorzugsweise weist die Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl ferner einen Raumfilter auf, der nahezu an einer Position der Beugungsbildebene angeordnet ist, zum selektiven Sperren eines Teils des Beleuchtungslichts, das durch die Probe durchgelassen oder von ihr reflektiert wird.

[0026] Dies ergibt sich aus der Tatsache, daß man durch den Raumfilter selektiv erwünschtes gebeugtes Licht und direktes Licht auf die Objektivlinse auftreffen lassen kann. Wenn die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, und nur das ausgewählte gebeugte Licht durch das Raumfilter durchgelassen wird, kann das optische Bild (Dunkelfeldbild) der Probe beobachtet werden, das nur durch das ausgewählte gebeugte Licht gebildet wird. Da außerdem das gebeugte Licht frei ausgewählt werden kann, können für dieselbe Probe verschiedene Dunkelfeldbilder beobachtet werden, die dem erwünschten gebeugten Licht entsprechen. Da der Polarisator und der Analysator zu dieser Zeit verwendet werden, kann ein Dunkelfeldbild beobachtet werden, das für den Polarisationszustand des gebeugten Lichts kennzeichnend ist. Hier wird ein Hellfeldbild erhalten, wenn auch direktes Licht enthalten ist.

[0027] Vorzugsweise weist die Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl ferner einen Einstellmechanismus auf, der geeignet ist, den Abstand zwischen der Beugungsbildebene und der Probe beliebig zu ändern. Normalerweise wird die Position einer Kondensorlinse, die als der Austritt des konvergenten Beleuchtungslichts dient, geändert, um die Position des Konvergenzpunkts, d.h. die Position der Beugungsbildebene zu ändern. Das Beugungsbild ändert seine Größe, wenn der Abstand zwischen der Beugungsbildebene und der Probe geändert wird. Wenn der Abstand größer ist, kann das Beugungsbild größer gemacht werden, wodurch das Beugungsbild detaillierter beobachtet werden kann.

[0028] Vorzugsweise sind der Polarisator und der Analysator in der Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl um die optische Achse des auftreffenden Lichts drehbar. Dies ergibt sich aus der Tatsache, daß der optimale Winkel sowohl für den Polarisator als auch den Analysator für die Zielstruktur unter den Strukturen, die eine Doppelbrechung ergeben, mit verschiedenen Richtungen in der Probe ausgewählt werden kann während die Richtung der Probe konstant gehalten wird.

[0029] Vorzugsweise ist der Probenaufspanntisch in der Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl um die optische Achse des auftreffenden Lichts drehbar. Dies ergibt sich aus der Tatsache, daß der optimale Winkel der Probe für die Zielstruktur unter den Strukturen, die eine Doppelbrechung ergeben, mit verschiedenen Richtungen in der Probe ausgewählt werden kann, während die Winkel des Polarisators und Analysators konstant gehalten werden.

[0030] Wenn hier der Polarisator und Analysator lineare Polarisationsvorrichtungen sind, während die jeweiligen Polarisations Ebenen dieser Vorrichtungen parallel zueinander sind, kann ein Bild beobachtet werden, in dem die Region, wo die Polarisations Ebenen in der Probe gedreht werden, dunkler als die Region ist, wo die

Polarisationsebenen nicht gedreht werden. Wenn die jeweiligen Polarisationsebenen dieser Vorrichtungen senkrecht zueinander sind, kann im Gegensatz dazu ein Bild beobachtet werden, in der die Region, wo die Polarisationsebenen in der Probe gedreht werden, heller als die Region ist, wo die Polarisationsebenen nicht gedreht werden. Aus diesen kann eine Verteilung der Strukturen entnommen werden, die eine Doppelbrechung ergeben.

[0031] Im allgemeinen bezeichnet Doppelbrechung eine Erscheinung, in der zwei gebrochene Strahlen auftreten, wenn Licht auf ein Medium mit einer optischen Anisotropie trifft. Da die beiden gebrochenen Strahlen zu linear polarisiertem Licht werden, können Strukturen, die eine Doppelbrechung ergeben, beobachtet werden, wenn polarisiertes Licht als das auftreffende Licht verwendet wird.

[0032] Wenn der Polarisator und Analysator zirkulare Polarisationsvorrichtungen sind, während die Richtungen der jeweiligen Polarisationsebenen dieser Vorrichtungen dieselben sind (der Analysator ist rechts- bzw. linkszirkular polarisierend, wenn der Polarisator rechts- bzw. linkszirkular polarisierend ist), kann ein Bild beobachtet werden, in dem die Region, wo die Polarisationsebenen in der Probe gedreht werden, dunkler als die Region ist, wo die Polarisationsebenen nicht gedreht werden. Wenn die Richtungen der jeweiligen Polarisationsebenen dieser Vorrichtungen zueinander entgegengesetzt sind (der Analysator ist links- bzw. rechtszirkular polarisierend, wenn der Polarisator rechts- bzw. linkszirkular polarisierend ist), kann im Gegensatz dazu ein Bild beobachtet werden, in dem die Region, wo die Polarisationsebenen in der Probe gedreht werden, heller als die Region ist, wo die Polarisationsebenen nicht gedreht werden. Aus diesen kann eine Verteilung der Strukturen entnommen werden, die eine Doppelbrechung ergeben.

[0033] Wenn der Polarisator eine zirkulare Polarisationsvorrichtung ist, während der Analysator eine lineare Polarisationsvorrichtung ist, kann eine Verteilung von Strukturen ermittelt werden, die eine winzige Doppelbrechung in der Probe ergeben.

[0034] Wenn sowohl der Polarisator als auch der Analysator Beleuchtungslicht in linear polarisiertes Licht umwandeln, ändert sich im Fall, wo Strukturen, die eine Doppelbrechung ergeben, in der Probe eine kleine Verteilung aufweisen, die Lichtstärke infolge der Strukturen kaum, die eine Orientierung oder Doppelbrechung ergeben, so daß diese Strukturen kaum zu beobachten sind. Wenn der Polarisator das Beleuchtungslicht in zirkular polarisiertes Licht umwandelt, während der Analysator das Licht, das durch die Probe durchgelassen oder von ihr reflektiert wird, in linear polarisiertes Licht umwandelt, wird die auf der Doppelbrechung beruhende Lichtstärke höher, so daß die oben erwähnten Strukturen beobachtet werden können. Daher ist der Fall, wo der Polarisator das Beleuchtungslicht in zirkular polarisiertes Licht umwandelt, während der Analysator das Beleuchtungslicht in linear polarisiertes Licht umwandelt, zum Identifizieren einer Verteilung von Strukturen vorteilhaft, die in der Probe eine winzige Doppelbrechung ergeben.

[0035] Vorzugsweise weist die Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl ferner einen Einstellmechanismus auf, um im wesentlichen eine Richtung des durch den Raumfilter durchgelassenen Lichts und eine optische Achse der Objektivlinse miteinander auszurichten. Obwohl die Lichtmenge durch den Raumfilter reduziert wird, kann ein helles Bild mit weniger Verzeichnung erhalten werden, wenn die beiden optischen Achsen im wesentlichen miteinander ausgerichtet sind.

[0036] Die Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl kann monochromatisches Licht als das Beleuchtungslicht verwenden. Wenn monochromatisches Licht verwendet wird, können Bilder erhalten werden, die zur Untersuchung einer Textur wichtig sind, die mit weißem Licht nicht erhältlich sind.

[0037] Vorzugsweise sind der Polarisator und der Analysator in der Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl abnehmbar. In diesem Fall können verschiedene Beobachtungen, wie jene, die nur den Polarisator oder Analysator verwenden, und jene, die weder den Polarisator noch den Analysator verwenden, ausgeführt werden.

[0038] In einer dritten Ausführungsform ist die dritte optische Mikroskopvorrichtung eine Phasenkontrastmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl. Die Phasenkontrastmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl weist auf: eine Beleuchtungseinrichtung zur Emission eines konvergenten Strahls als Beleuchtungslicht, der an einem Punkt im Raum konvergiert; einen Probenaufspanntisch zum Aufspannen einer Probe vor dem Konvergenzpunkt des Beleuchtungslichts; eine Objektivlinse, die so angeordnet ist, daß das Beleuchtungslicht darauf trifft, nachdem das Licht, das durch die Probe durchgelassen oder durch sie reflektiert wird, einmal am Konvergenzpunkt konvergiert ist; und ein Phasenplättchen, das an einer Beugungsbildebene angeordnet ist, um die optische Phase des Lichts, das an und nahe des Konvergenzpunktes auftrifft, oder des Lichts, das an

der anderen Region auftritt, zu verschieben, wobei die Beugungsbildebene orthogonal zu einer optischen Achse des Beleuchtungslichts ist und den Konvergenzpunkt enthält; wobei die Beleuchtungseinrichtung monochromatisches Licht emittiert.

[0039] Da ein Kontrast durch die Interferenz von direktem Licht und gebeugtem Licht an der Beugungsbildebene bereitgestellt wird, kann ein deutliches mikroskopisches Phasenkontrastbild für eine Probe (Phasengegenstand) erhalten werden, die auch einen niedrigen Brechungsindex aufweist. Da außerdem ein konvergenter Strahl anstelle des parallelen Strahls als Beleuchtungslicht verwendet wird, kann ein mikroskopisches Phasenkontrastbild mit einem sehr hohen Kontrast und einer großen Tiefenschärfe erhalten werden.

[0040] Hier bezeichnet der Phasengegenstand einen, der keinen Intensitätsunterschied, sondern einen optischen Phasenunterschied (Unterschied der fortschreitenden Stufen der Lichtwellen) zwischen jeweiligen Lichtstrahlen erzeugt, die durch die einzelnen Teile des Gegenstands durchgelassen oder durch sie reflektiert werden. Da kein Intensitätsunterschied erzeugt wird, können einzelnen Teile des Gegenstands so wie sie sind nicht als ein Helligkeitsunterschied beobachtet werden. Wenn in diesem Fall bewirkt wird, daß direktes Licht mit gebeugtem Licht interferiert, nachdem seine optische Phase durch die Verwendung eines Phasenplättchens geändert worden ist, oder bewirkt wird, daß gebeugtes Licht mit direktem Licht interferiert, nachdem seine optische Phase geändert worden ist, dann tritt ein Intensitätsunterschied zwischen den jeweiligen Lichtstrahlen auf, die durch die einzelnen Teile des Gegenstands durchgelassen oder durch sie reflektiert werden, wodurch der letztgenannte beobachtet werden kann. Dies ist das Prinzip des Phasenkontrastmikroskops.

[0041] In der herkömmlichen Phasenkontrastmikroskopvorrichtung wird das Beugungsbild auf der bildseitigen Brennebene der Objektivlinse gebildet, d.h. innerhalb des Objektivtubus, so daß es nicht beobachtet werden kann, es sei denn das Okular wird davon abgenommen, und es kann selbstverständlich nicht beeinflußt werden. Außerdem ist das Phasenplättchen in der herkömmlichen Phasenkontrastmikroskopvorrichtung an der Objektivlinse angebracht, so daß verschiedene Arten von Objektivlinsen für den Phasenkontrast vorbereitet und ausgetauscht werden müssen. Während ferner erforderlich ist, daß das Phasenplättchen und die Blendenplatte hinsichtlich ihrer Formen und Größen miteinander gepaart sind, um den Phasengegenstand zu beobachten, müssen Kondensoren für den Phasenkontrast in der herkömmlichen Phasenkontrastmikroskopvorrichtung vorbereitet und ausgetauscht werden, da die Blendenplatte an einem Kondensator angebracht ist. Zusätzlich ist sie darin nachteilig, daß die Blendenplatte des Kondensators jedesmal gewechselt werden muß, wenn die Vergrößerung der Objektivlinse geändert wird.

[0042] In der Phasenkontrastmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl wird im Gegensatz dazu ein Fourier-transformiertes Bild der Probe, d.h. Beugungsbild auf einer Ebene gebildet, die orthogonal zur optischen Achse des Beleuchtungslichts ist, die den Konvergenzpunkt des Beleuchtungslichts enthält. Da dieses Beugungsbild vor der Objektivlinse gebildet werden kann, kann die optische Mikroskopvorrichtung das Beugungsbild selbst beobachten und das Beugungsbild beeinflussen, um die erwünschte Bearbeitung durchzuführen. Ferner kann zur Beobachtung des Phasengegenstands die optische Phase des direkten Lichts oder jene des gebeugten Licht, das an den anderen Bereich als die Umgebung der Mitte des Beugungsbilds auftritt, durch das Phasenplättchen verzögert werden. Da hier das Phasenplättchen vor der Objektivlinse angeordnet ist, ist es nicht notwendig, Objektivlinsen für den Phasenkontrast vorzubereiten und auszutauschen, die für die herkömmliche Phasenkontrastmikroskopvorrichtung immer benötigt werden. Außerdem ist es selbst dann, wenn die Vergrößerung der Objektivlinse geändert wird, überflüssig, das Phasenplättchen oder die Blendenplatte zu wechseln, die zusammen mit dem Phasenplättchen verwendet wird. Da ferner die Blendenplatte nicht an einem Kondensator angebracht ist, ist es nicht notwendig, Kondensoren für den Phasenkontrast vorzubereiten und auszutauschen, die für die herkömmliche Phasenkontrastmikroskopvorrichtung immer benötigt werden.

[0043] Die Strukturinformationen einer Probe sind in ihrem Beugungsbild konzentriert. Mit anderen Worten wird ein Beugungsbild gebildet, das der Textur einer Probe entspricht, wohingegen das Beugungsbild variiert, wenn die Probe eine andere Textur aufweist. Wenn daher die Beziehung zwischen der Textur und dem Beugungsbild bekannt ist, kann umgekehrt die Textur einer Probe aus dem Beugungsbild entnommen werden. Die Phasenkontrastmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl der vorliegenden Erfindung liefert das Beugungsbild und das Phasenkontrastbild eines Phasengegenstands, der gleichzeitig nur eine winzige Brechungsindexdifferenz aufweist.

[0044] Die Objektivlinse ist geeignet, sowohl auf die Beugungsbildebene als auch die Probe fokussiert zu werden. Als Folge können sowohl das optische Bild als auch das Beugungsbild der Probe beobachtet werden, wodurch die Erfassung der Strukturinformationen der Probe erhöht werden kann.

[0045] Vorzugsweise weist die optische Mikroskopvorrichtung ferner einen Raumfilter auf, der zum selektiven Sperren eines Teils des Beleuchtungslichts, das durch die Probe durchgelassen oder durch sie reflektiert wird, nahezu an einer Position der Beugungsbildebene angeordnet ist. Da er so eingestellt ist, daß das gebeugte Licht frei ausgewählt werden kann, können in diesem Fall verschiedene Phasenkontrastbilder, die dem erwünschten gebeugten Licht entsprechen, für dieselbe Probe beobachtet werden. Da außerdem das Phasenplättchen vorgesehen ist, kann eine winzige Brechungsindexverteilung im optischen Bild der Probe beobachtet werden, die durch das ausgewählte gebeugte Licht und das direkte Licht gebildet wird.

[0046] Der Raumfilter wird zur selektiven Herstellung erwünschten gebeugten Lichts verwendet, das auf die Objektivlinse auftrifft. Wenn die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, kann das Phasenkontrastbild beobachtet werden, das durch Interferenz zwischen dem ausgewählten gebeugten Licht und dem direkten Licht gebildet wird. Da außerdem das gebeugte Licht frei ausgewählt werden kann, können verschiedene Bilder, die dem erwünschten gebeugten Licht entsprechen, für dieselbe Probe beobachtet werden.

[0047] Vorzugsweise weist die Phasenkontrastmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl ferner einen Einstellmechanismus auf, der geeignet ist, den Abstand zwischen der Beugungsbildebene und der Probe beliebig zu ändern. Normalerweise wird die Position einer Kondensorlinse, die als der Austritt des konvergenten Beleuchtungslichts dient, geändert, um die Position des Konvergenzpunkts, d.h. die Position der Beugungsbildebene zu ändern. Das Beugungsbild ändert seine Größe, wenn der Abstand zwischen der Beugungsbildebene und der Probe geändert wird. Wenn der Abstand größer wird, kann das Beugungsbild größer gemacht werden, wodurch feinere Muster des Beugungsbilds untersucht werden können.

[0048] In der Phasenkontrastmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl verzögert das Phasenplättchen vorzugsweise die Phase des direkten Lichts oder gebeugten Lichts, so daß ein optischer Phasenunterschied zwischen ihnen etwa $\pi/2$, d.h. eine viertel Wellenlänge beträgt. Er kann verglichen mit dem Fall, wo die Phase des Lichts um einen anderen Betrag als $\pi/2$ verzögert wird, einen höheren durch die Brechungsindexverteilung bewirkten Kontrast ergeben.

[0049] Bevorzugter hat das Phasenplättchen außerdem eine Funktion, die Intensität des direkten Lichts zu dämpfen. Dies ergibt sich aus der Tatsache, daß die Interferenz zwischen dem direkten Licht und dem gebeugten Licht dadurch eingestellt werden kann, um den Kontrast des Phasenkontrastbilds weiter zu erhöhen.

[0050] In einer vierten Ausführungsform ist die optische Mikroskopvorrichtung eine Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl. Die Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl weist auf: eine Beleuchtungseinrichtung zur Emission eines konvergenten Strahls als Beleuchtungslicht, der an einem Punkt im Raum konvergiert; einen Probenaufspanntisch zum Aufspannen einer Probe vor den Konvergenzpunkt des Beleuchtungslichts; eine Objektivlinse, die so angeordnet ist, daß das Beleuchtungslicht darauf trifft, nachdem das Licht, das durch die Probe durchgelassen oder von ihr reflektiert wird, einmal am Konvergenzpunkt konvergiert ist; eine lineare Polarisationsvorrichtung, die nahe des Konvergenzpunktes auf einer Beugungsbildebene angeordnet ist, die orthogonal zu einer optischen Achse des Beleuchtungslichts ist, die den Konvergenzpunkt enthält; und einen linearen Polarisationsanalysator, der zwischen der Beugungsbildebene und dem Okular angeordnet ist, so daß er um eine optische Achse des auftreffenden Lichts drehbar ist.

[0051] Wenn ein konvergenter Strahl anstelle des parallelen Strahls als solchen als Beleuchtungslicht verwendet wird, kann nicht nur ein Bild eines Mikroskops mit konvergentem Strahl erhalten werden, das einen sehr hohen Kontrast und eine große Tiefenschärfe aufweist, sondern es wird auch ein Beugungsbild der Probe auf einer Ebene (Beugungsbildebene) gebildet, die orthogonal zur optischen Achse des Beleuchtungslichts ist, die den Konvergenzpunkt enthält, so daß auch dieses Beugungsbild beobachtet werden kann. Da ferner eine lineare Polarisationsvorrichtung, die nur das direkte Licht, das auf das Beugungsbild nahe dessen Mitte auftrifft, in linear polarisiertes Licht umwandelt, (die im folgenden einfach als lineare Polarisationsvorrichtung bezeichnet wird), und ein Analysator, der zur Umwandlung des auftreffenden Lichts in linear polarisiertes Licht zwischen der Beugungsbildebene und dem Okular angeordnet ist, vorgesehen sind, können Bilder gebildet werden, während der Analysator um die optische Achse des auftreffenden Lichts gedreht wird, um das direkte Licht vollständig zu sperren oder durchzulassen oder kontinuierlich die Menge des direkten Lichts zum ändern. Indem dies genutzt wird, können Beziehungen zwischen winzigen Defekten/Fremdkörpern und großen Texturen genau gesehen werden.

[0052] Hier wird das direkte Licht, das durch die lineare Polarisationsvorrichtung durchgelassen und in linear polarisiertes Licht umgewandelt wird, nur teilweise durch den Analysator durchgelassen. Wenn der Winkel der

Polarisationsebenen der linearen Polarisationsvorrichtung und des Analysators zu dieser Zeit von ihrem vertikalen Zustand zu ihrem parallelen Zustand geändert wird, können sie kontinuierlich von einem Zustand, wo das auftreffende Licht kaum durchgelassen wird, zu einem Zustand geändert werden, wo es im wesentlichen vollständig durchgelassen wird.

[0053] Daher können gleichzeitig ein Bild, das durch das gebeugte Licht gebildet wird, (Dunkelfeldbild) und ein Bild beobachtet werden, das das direkte Licht einschließt (Hellfeldbild), die in der herkömmlichen optischen Mikroskopvorrichtung nur getrennt erhalten werden. Indem dies genutzt wird, können Beziehungen zwischen winzigen Defekten/Fremdkörpern und großen Texturen genau gesehen werden.

[0054] Wenn eine Abschirmplatte, die nur direktes Licht sperrt, anstelle der linearen Polarisationsvorrichtung und des Analysators verwendet wird, gibt es nur zwei Zustände des vollständigen Sperrens und Durchlassens des direkten Lichts, wodurch nur eines des Dunkelfeldbilds und des Hellfeldbilds auf einmal erhalten werden kann.

[0055] In der Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl wird ein Fourier-transformiertes Bild der Probe, d.h. ein Beugungsbild auf der Beugungsbildebene gebildet. Da in diesem Fall dieses Beugungsbild vor der Objektivlinse gebildet werden kann, kann die Mikroskopvorrichtung das Beugungsbild selbst beobachten und das Beugungsbild beeinflussen, um die erwünschte Bearbeitung durchzuführen.

[0056] In der herkömmlichen optischen Mikroskopvorrichtung wird das Beugungsbild auf der bildseitigen Brennebene der Objektivlinse, d.h. innerhalb des Objektivtubus gebildet, so daß es nicht beobachtet werden kann, es sei denn das Okular wird davon abgenommen, und es kann selbstverständlich nicht beeinflußt werden.

[0057] Die Strukturinformationen einer Probe sind in ihrem Beugungsbild konzentriert. Mit anderen Worten wird ein Beugungsbild gebildet, das der Textur einer Probe entspricht, wohingegen das Beugungsbild variiert, wenn die Probe eine andere Textur aufweist. Wenn daher die Beziehung zwischen der Textur und dem Beugungsbild bekannt ist, kann umgekehrt die Textur einer Probe aus dem Beugungsbild entnommen werden. Folglich ist eine Beobachtung/Analyse des Beugungsbilds zusätzlich zum optischen Bild zur Analyse der physikalischen Eigenschaften von Materialien ziemlich wichtig.

[0058] In der vorliegenden Erfindung ist die Objektivlinse geeignet, sowohl auf die Beugungsbildebene als auch auf die Probe fokussiert zu werden. Als Folge können sowohl das optische Bild als auch das Beugungsbild der Probe beobachtet werden, wodurch die Erfassung der Strukturinformationen der Probe erhöht werden kann.

[0059] Vorzugsweise weist die Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl ferner einen Raumfilter auf, der zum selektiven Sperrern eines Teils des gebeugten Lichts, das durch die Probe gebeugt oder gestreut wird, nahezu an einer Position der Beugungsbildebene angeordnet ist.

[0060] Dies ergibt sich aus der Tatsache, daß man erwünschtes gebeugtes Licht durch den Raumfilter selektiv auf die Objektivlinse auftreffen lassen kann. Wenn die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, kann das optische Bild der Probe beobachtet werden, das durch das ausgewählte gebeugte Licht gebildet wird. Da außerdem das gebeugte Licht frei ausgewählt werden kann, können für dieselbe Probe verschiedene Dunkelfeldbilder beobachtet werden, die dem erwünschten gebeugten Licht entsprechen. Während das gebeugte Licht ausgewählt wird, kann ferner der Analysator um die optische Achse des auftreffenden Lichts gedreht werden, um die Intensität des direkten Lichts beliebig zu ändern, wodurch verschiedene Dunkel- und Hellfeldbilder kontinuierlich beobachtet werden können.

[0061] Vorzugsweise weist die Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl ferner einen Einstellmechanismus auf, der geeignet ist, den Abstand zwischen der Beugungsbildebene und der Probe beliebig zu ändern. Normalerweise wird die Position einer Kondensorlinse, die als der Austritt des konvergenten Beleuchtungslichts dient, geändert, um die Position des Konvergenzpunkts, d.h. die Position der Beugungsbildebene zu ändern. Das Beugungsbild ändert seine Größe, wenn der Abstand zwischen dem Beugungsbildebene und der Probe geändert wird. Wenn der Abstand größer ist, kann das Beugungsbild größer gemacht werden, wodurch das Beugungsbild detaillierter beobachtet werden kann.

[0062] Wenn die Ebenen der linearen Polarisation der linearen Polarisationsvorrichtung und des Analysators in der Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl parallel zueinander angeordnet

sind, wird ein Hellfeldbild der Probe erhalten. Wenn die Ebenen der linearen Polarisation der linearen Polarisationsvorrichtung und des Analysators senkrecht zueinander angeordnet sind, wird im Gegensatz dazu ein Dunkelfeldbild der Probe erhalten. Als Folge können die Hell- und Dunkelfeldbilder voneinander umgeschaltet werden. In der herkömmlichen optischen Mikroskopvorrichtung ist es notwendig gewesen, beim Schalten zwischen den Hell- und Dunkelfeldbildern Kondensoren auszutauschen, wodurch das Gesichtsfeld im Verlauf des Umschaltens verschwunden ist. In der Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl ist es unnötig, Kondensoren auszutauschen, so daß das Gesichtsfeld im Verlauf des Umschaltens nicht verschwindet. Daher können die Hell- und Dunkelfeldbilder leicht miteinander verglichen werden.

[0063] Vorzugsweise weist die Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl ferner einen Einstellmechanismus auf, um eine Richtung des durch den Raumfilter durchgelassenen Lichts und eine optische Achse der Objektivlinse im wesentlichen miteinander auszurichten. Obwohl die Lichtmenge durch den Raumfilter reduziert wird, kann ein helles Bild mit weniger Verzeichnung erhalten werden, wenn die beiden optischen Achsen im wesentlichen miteinander ausgerichtet sind.

[0064] Die Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl kann als das Beleuchtungslicht monochromatisches Licht verwenden. Wenn monochromatisches Licht verwendet wird, können Bilder erhalten werden, die zur Untersuchung einer Textur wichtig sind, die mit weißem Licht nicht erhältlich sind.

[0065] Da erfindungsgemäß das gebeugte Licht, das durch den Raumfilter eingeschränkt werden soll, während der Beobachtung des Beugungsbilds frei ausgewählt werden kann, können verschiedene Bilder, die dem gebeugten Licht entsprechen, für das normale optische Bild, das Polarisationsbild, das Phasenkontrastbild und die Hell- und Dunkelfeldbilder der Probe beobachtet werden, wodurch die Textur der Probe detaillierter erkannt werden kann.

[0066] Die vorliegende Erfindung wird aus der detaillierten Beschreibung, die im folgenden gegeben wird, und den beigefügten Zeichnungen vollständiger verstanden werden, die nur zu Veranschaulichungszwecken gegeben werden, und folglich nicht so betrachtet werden sollen, daß sie die vorliegende Erfindung begrenzen.

[0067] Der weitere Anwendungsbereich der vorliegenden Erfindung wird aus der detaillierten Beschreibung deutlich, die im folgenden gegeben wird. Jedoch sollte verstanden werden, daß die detaillierte Beschreibung und die spezifischen Beispiele, während sie bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung angeben, zu Veranschaulichungszwecken gegeben werden, da Fachleuten aus dieser detaillierten Beschreibung verschiedene Änderungen und Modifikationen der Erfindung deutlich werden.

[0068] [Fig. 1](#) ist eine Ansicht, die die Konfiguration einer optischen Mikroskopvorrichtung zeigt, die in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung genutzt werden soll;

[0069] [Fig. 2](#) ist eine Draufsicht, die einen Raumfilter **9** zeigt;

[0070] [Fig. 3](#) ist eine Ansicht, die die optische Mikroskopvorrichtung in einem Zustand zeigt, wo eine Objektivlinse **10** in der Nähe des Raumfilters **9** angeordnet ist;

[0071] [Fig. 4](#) ist eine Ansicht, die eine spezifischere Konfiguration der optischen Mikroskopvorrichtung zeigt, die in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung genutzt werden soll;

[0072] [Fig. 5](#) ist eine Mikrophotographie, die ein reelles Bild eines Prüfmusters zeigt, das als eine Probe verwendet wird;

[0073] [Fig. 6](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild eines Prüfmusters zeigt, das als eine Probe verwendet wird;

[0074] [Fig. 7](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild eines Prüfmusters zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0075] [Fig. 8](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild eines Prüfmusters zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0076] [Fig. 9](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (1) zeigt;

- [0077] [Fig. 10](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (2) zeigt;
- [0078] [Fig. 11](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (3) zeigt;
- [0079] [Fig. 12](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (4) zeigt;
- [0080] [Fig. 13](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (1) zeigt;
- [0081] [Fig. 14](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (2) zeigt;
- [0082] [Fig. 15](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (3) zeigt;
- [0083] [Fig. 16](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (4) zeigt;
- [0084] [Fig. 17](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (1) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0085] [Fig. 18](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (2) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0086] [Fig. 19](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (3) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0087] [Fig. 20](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (4) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0088] [Fig. 21](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (1) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0089] [Fig. 22](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (2) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0090] [Fig. 23](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (3) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0091] [Fig. 24](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (4) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0092] [Fig. 25](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (1) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0093] [Fig. 26](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (2) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0094] [Fig. 27](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (3) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0095] [Fig. 28](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (4) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0096] [Fig. 29](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (1) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0097] [Fig. 30](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (2) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0098] [Fig. 31](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (3) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;
- [0099] [Fig. 32](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (4) zeigt, das durch einen

ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0100] [Fig. 33](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (1) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0101] [Fig. 34](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (2) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0102] [Fig. 35](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (3) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0103] [Fig. 36](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms (4) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird

[0104] [Fig. 37](#) ist eine Mikrophotographie, die ein reelles Bild des Polymerfilms (1) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0105] [Fig. 38](#) ist eine Mikrophotographie, die ein reelles Bild des Polymerfilms (2) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0106] [Fig. 39](#) ist eine Mikrophotographie, die ein reelles Bild des Polymerfilms (3) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0107] [Fig. 40](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (4) zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0108] [Fig. 41](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms (1) zeigt, das durch eine herkömmliche optische Mikroskopvorrichtung gebildet wird;

[0109] [Fig. 42](#) ist eine Ansicht, die die Konfiguration einer Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl zeigt, die in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung genutzt werden soll;

[0110] [Fig. 43](#) ist eine Draufsicht, die einen Raumfilter **209** zeigt;

[0111] [Fig. 44](#) ist eine Ansicht, die die Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl in einem Zustand zeigt, wo eine Objektivlinse **210** in der Nähe des Raumfilters **209** angeordnet ist;

[0112] [Fig. 45](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild eines Polymerfilms zeigt;

[0113] [Fig. 46](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms zeigt;

[0114] [Fig. 47](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0115] [Fig. 48](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0116] [Fig. 49](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0117] [Fig. 50](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0118] [Fig. 51](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0119] [Fig. 52](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0120] [Fig. 53](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms zeigt, das durch einen aus-

gewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0121] [Fig. 54](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0122] [Fig. 55](#) ist eine Mikrophotographie, die ein Beugungsbild des Polymerfilms zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0123] [Fig. 56](#) ist eine Mikrophotographie, die ein optisches Bild des Polymerfilms zeigt, das durch einen ausgewählten Teil des gebeugten Lichts gebildet wird;

[0124] [Fig. 57](#) ist eine Ansicht, die die Konfiguration einer Phasenkontrastmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl zeigt, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

[0125] [Fig. 58](#) ist eine Draufsicht, die ein Phasenplättchen **315** zeigt;

[0126] [Fig. 59](#) ist eine Draufsicht, die einen Raumfilter **309** zeigt;

[0127] [Fig. 60](#) ist eine Ansicht, die die Phasenkontrastmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl in einem Zustand zeigt, wo eine Objektivlinse **310** in der Nähe des Raumfilters **309** angeordnet ist;

[0128] [Fig. 61](#) ist eine Ansicht, die die Konfiguration einer Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl zeigt, die in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung genutzt werden soll;

[0129] [Fig. 62](#) ist eine Draufsicht, die eine lineare Polarisationsvorrichtung **415** zeigt;

[0130] [Fig. 63](#) ist eine Draufsicht, die einen Raumfilter **409** zeigt; und

[0131] [Fig. 64](#) ist eine Ansicht, die die Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl in einem Zustand zeigt, wo eine Objektivlinse **410** in der Nähe des Raumfilters **409** angeordnet ist.

[0132] [Fig. 1](#) ist eine Ansicht, die die Grundkonfiguration einer optischen Mikroskopvorrichtung zeigt, die in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung genutzt werden soll. Eine Lichtquelle **1** und eine Kondensorlinse **2** bilden eine Beleuchtungseinrichtung **3**, die einen konvergenten Strahl als Beleuchtungslicht emittiert, der an einem Punkt **4** in einem Raum konvergiert. Das aus der Lichtquelle **1** emittierte Licht kann entweder weißes Licht oder monochromatisches Licht sein.

[0133] Über der Beleuchtungseinrichtung **3** ist ein Probenaufspanntisch (Objekttisch) **5** zum Aufspannen einer Probe (Objekt) **6** angeordnet. In der Mitte des Objekttischs **5** ist eine Öffnung ausgebildet, um dort hindurch das Beleuchtungslicht aus der Beleuchtungseinrichtung **3** durchzulassen, während das Beleuchtungslicht durch die Öffnung geht und am Konvergenzpunkt **4** darüber konvergiert. Als Folge wird ein Fourier-transformiertes Bild der Probe **6**, d.h. Beugungsbild der Probe **6** auf einer Ebene **8** gebildet, die senkrecht zur optischen Achse **7** des Beleuchtungslichts ist, die den Konvergenzpunkt **4** enthält. Diese Ebene **8** wird hier als Beugungsbildebene bezeichnet.

[0134] Die Kondensorlinse **2** ist in die Richtung der optischen Achse **7** gegen die Position des Objekttischs **5** beweglich. Indem die Kondensorlinse **2** in die Richtung der optischen Achse **7** bewegt wird, kann der Abstand zwischen der Probe **6**, die auf dem Objekttisch **5** aufgespannt ist, und dem Konvergenzpunkt **4**, d.h. der Abstand zwischen der Probe **6** und der Beugungsbildebene **8** verändert werden.

[0135] An einer Position auf oder nahe der Beugungsbildebene **8** ist ein Raumfilter **9** parallel zur Beugungsbildebene **8** angeordnet. [Fig. 2](#) ist eine Draufsicht des Raumfilters **9**, in der eine kreisförmige Öffnung mit einem Durchmesser von zum Beispiel mehreren hundert Mikrometern in der Mitte einer Lichtabschirmplatte ausgebildet ist. Der Raumfilter **9** ist in Richtungen orthogonal zur optischen Achse **7** beweglich, wodurch das Beobachtungsgesichtsfeld eines Beugungsbilds, das auf der Beugungsbildebene **8** gebildet wird, ausgewählt werden kann. Außerdem ist der Raumfilter **9** selbst während der Beobachtung leicht abnehmbar.

[0136] Die im Raumfilter ausgebildete Öffnung, d.h. das Beobachtungsgesichtsfeld, braucht nicht immer kreisförmig zu sein. Es können abhängig vom beabsichtigten Gegenstand, soweit angemessen, quadratische Formen, halbkreisförmige Formen, Ausschnittsformen und dergleichen ausgewählt werden.

[0137] Ferner ist über dem Raumfilter **9** ein Objektivtubus **13** angeordnet, die eine Objektivlinse **10**, eine Abbildungslinse **11** und ein Okular **12** aufweist. Die innere Konfiguration des Objektivtubus **13** selbst ist herkömmlich allgemein bekannt, und der Objektivtubus **13** ermöglicht eine Fokussierung, wenn er in die Richtung der optischen Achse **7** bewegt wird.

[0138] Es ist erforderlich, daß der Bewegungsbereich des Objektivtubus zur Fokussierung ausreichend länger als der in einem herkömmlichen typischen Mikroskop ist. Das heißt, dieser Objektivtubus ist geeignet, mindestens sowohl auf die Probe **6** als auch auf die Beugungsbildebene **8** fokussiert zu werden.

[0139] Die Objektivlinse **10** weist eine solche Brennweite auf, daß ihre Position sich hinter (über) dem Raumfilter **9** befindet, wenn sie auf die Probe **6** fokussiert ist. Daher behindert der Raumfilter **9** die Fokussierungsvorgänge nicht.

[0140] Wenn die Position der Beugungsbildebene **8** so eingestellt ist, daß die Objektivlinse **10** auf die Probe **6** fokussiert ist, wenn sie dem Raumfilter **9** am nächsten angeordnet ist, wie in [Fig. 3](#) gezeigt, dann kann das hellste Bild erhalten werden.

[0141] Das durch die Objektivlinse **10** erfaßte Bild wird an einer Zwischenbildposition **14** hinter der Abbildungslinse **11** gebildet, während das Okular **12** einen Fokus aufweist, der so eingestellt ist, daß dieses Bild beobachtet werden kann.

[0142] [Fig. 4](#) ist eine Ansicht, die eine praktischere Konfiguration dieser optischen Mikroskopvorrichtung zeigt, in der Bestandteile, die mit jenen in [Fig. 1](#) identisch sind, mit dazu identischen Ziffern bezeichnet werden, um detaillierte Erläuterungen wegzulassen.

[0143] In einem der Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops, das eine solche optische Mikroskopvorrichtung verwendet, wird eine Probe beobachtet, während die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist. Da ein konvergenter Strahl als Beleuchtungslicht verwendet wird, kann ein Beobachtungsbild mit einem sehr hohen Kontrast und einer großen Tiefenschärfe erhalten werden.

[0144] In einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops, das eine solche optische Mikroskopvorrichtung verwendet, wird ein Raumfilter verwendet, um dort hindurch nur Licht einer erwünschten Region auf der Beugungsbildebene durchzulassen, und während die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, wird die Probe auf das durch den Raumfilter durchgelassene Licht beobachtet.

[0145] Es kann das optische Bild (Dunkelfeldbild) der Probe beobachtet werden, das nur durch das gebeugte Licht gebildet wird, das durch den Raumfilter ausgewählt wird. Da das gebeugte Licht frei ausgewählt werden kann, können für dieselbe Probe verschiedene Dunkelfeldbilder beobachtet werden, die dem erwünschten gebeugten Licht entsprechen. Als Folge kann die Textur der Probe detaillierter erkannt werden.

[0146] In noch einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops ist die Objektivlinse auf die Beugungsbildebene fokussiert, die orthogonal zur optischen Achse der Objektivlinse ist, die den Konvergenzpunkt enthält, um das Beugungsbild der Probe zu beobachten, das auf der Beugungsbildebene durch das Beleuchtungslicht gebildet wird.

[0147] Wenn die Beziehung zwischen dem Beugungsbild und der Textur hinsichtlich einer Probe im voraus erfaßt wird, dann kann die Textur der Probe aus der Eigenschaft des Beugungsbildmusters entnommen werden, wenn das Beugungsbild direkt beobachtet wird.

[0148] In noch einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops wird die Objektivlinse auf die Beugungsbildebene fokussiert, um das Beugungsbild der Probe zu beobachten, das auf der Beugungsbildebene durch das Beleuchtungslicht gebildet wird; und nachdem der Raumfilter so eingestellt ist, daß dort hindurch nur das Licht einer erwünschten Region des Beugungsbilds durchgelassen wird, wird die Objektivlinse auf die Probe fokussiert, um die Probe mit dem Licht zu beobachten, das durch den Raumfilter durchgelassen wird.

[0149] Da das gebeugte Licht, das zur Beobachtung eines optischen Bilds (Dunkelfeldbild) verwendet wird, entsprechend des Beugungsbilds ausgewählt wird, kann erkannt werden, auf welchem gebeugten Licht das Dunkelfeldbild beruht. Als Folge kann die Textur der Probe detaillierter erkannt werden.

[0150] Vorzugsweise wird in den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops die Probe beobachtet, während die Position der Beugungsbildebene so eingestellt ist, daß die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, wenn sie nahe der Beugungsbildebene angeordnet ist. Das ergibt sich aus der Tatsache, daß das Bild am hellsten wird, ohne einen Verlust des gebeugten Lichts, wenn die Objektivlinse dort angeordnet ist, da die Beugungsbildebene eine Position ist, wo das Beleuchtungslicht konvergiert.

[0151] Indem entweder die Form des Raumfilters, dessen Position auf der Beugungsbildebene, oder der Winkel der optischen Achse des Beleuchtungslichts bezüglich der optischen Achse der Objektivlinse verändert wird, kann gebeugtes Licht ausgewählt werden, mit dem das optische Bild der Probe gebildet wird, das zu sehen ist.

[0152] Vorzugsweise wird in den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops die Probe beobachtet, wobei die Richtung des durch den Raumfilter durchgelassenen Lichts und die optische Achse der Objektivlinse im wesentlichen miteinander ausgerichtet sind. Obwohl die Lichtmenge durch den Raumfilter reduziert wird, kann ein helles Bild mit weniger Verzeichnung erhalten werden, wenn die beiden optischen Achsen im wesentlichen miteinander ausgerichtet sind.

[0153] Vorzugsweise ist in den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops die Größe des Beugungsbilds einstellbar, indem die Position des Divergenzpunktes des Beleuchtungslichts in die Richtung der optischen Achse der Objektivlinse geändert wird. Wenn der Abstand größer wird, kann das Beugungsbild größer gemacht werden, wodurch das Beugungsbild detaillierter beobachtet werden kann.

[0154] In den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops kann monochromatisches Licht als das Beleuchtungslicht verwendet werden. Wenn monochromatisches Licht verwendet wird, können Bilder erhalten werden, die zur Untersuchung einer Textur wichtig sind, die mit weißem Licht nicht erhältlich sind.

[0155] Es wird nun eines der Mikroskopbeobachtungsverfahren erläutert, das diese optische Mikroskopvorrichtung verwendet. Die Probe **6** ist auf dem Objektisch **5** aufgespannt, und die Beleuchtungseinrichtung **3** bestrahlt die Probe **6** mit dem Beleuchtungslicht, das am Punkt **4** konvergiert.

[0156] Zur Vereinfachung der folgenden Erläuterung wird ein Prüfmuster, in dem mehrere Linien vertikal und horizontal in gleich beabstandeten Intervallen angeordnet sind, wie das in der Mikrophotographie der [Fig. 5](#) gezeigte, als die Probe **6** verwendet.

[0157] Zuerst wird im Zustand, wo der Raumfilter **9** entfernt ist, die Objektivlinse **10** auf die Beugungsbildebene **8** fokussiert. Die Mikrophotographie der [Fig. 6](#) zeigt das Bild, das zu dieser Zeit erhalten wird. Das heißt, es ist das Beugungsbild des Prüfmusters der [Fig. 5](#), das an der Beugungsbildebene **8** gebildet wird.

[0158] Während [Fig. 5](#) eine Photographie zeigt, die aufgenommen ist, wenn die Objektivlinse **10** in dem Zustand auf die Probe **6** fokussiert ist, wo der Raumfilter **9** entfernt ist, wird verglichen mit dem Fall, wo ein paralleler Strahl als das Beleuchtungslicht verwendet wird, wie in der herkömmlichen optischen Mikroskopvorrichtung, ein Bild mit einem höheren Kontrast erhalten.

[0159] Anschließend wird mit dem angebrachten Raumfilter **9** das Beobachtungsgesichtsfeld des Beugungsbilds ausgewählt. In [Fig. 6](#) ist in der Mitte eine hexagonale Region mit höherer Leuchtdichte vorhanden, während etwas dunklere Regionen (Beugungsflecken), die jeweils eine Form aufweisen, die im wesentlichen dieselbe wie jene der Mittenregion mit höherer Leuchtdichte ist, schemenhaft an vier Positionen an der oberen, unteren, linken und rechten Seite davon zu sehen sind.

[0160] Dann wird der Raumfilter **9** bewegt, so daß das Beobachtungsgesichtsfeld auf einen der vier Beugungsflecken verengt wird. Danach wird in diesem Beobachtungsgesichtsfeld die Objektivlinse **10** auf die Probe **6** fokussiert. Es werden diesmal die Mikrophotographien der [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) erhalten. Folglich variiert das Bild der Probe **6** abhängig davon, wie das Beobachtungsgesichtsfeld ausgewählt wird. Dies ergibt sich aus der Tatsache, daß das Bild durch die Verwendung eines Teils des gebeugten Lichts gebildet wird.

[0161] Hier können selektiv sich horizontal erstreckende Linien beobachtet werden, wie jene, die in [Fig. 7](#) gezeigt werden, wenn das Beobachtungsgesichtsfeld auf eine etwas dunklere Region auf der oberen oder unteren Seite der Region mit höherer Leuchtdichte im Beugungsbild verengt wird, wohingegen selektiv sich vertikal erstreckende Linien beobachtet werden können, wie jene, die in [Fig. 8](#) gezeigt werden, wenn das Beobachtungsgesichtsfeld auf eine etwas dunklere Region oder die linke oder rechte Seite der Region mit höherer

Leuchtdichte im Beugungsbild verengt wird.

[0162] Wenn ein Bild durch die Verwendung von gebeugtem Licht höherer Ordnung gebildet werden soll, weicht das Licht, das an der Abbildung beteiligt ist, stark von der optischen Achse der Objektivlinse ab, wodurch das so erhaltene Bild eine größere Verzeichnung ergibt. Folglich werden in einem solchen Fall günstige Ergebnisse erhalten, wenn das ausgewählte gebeugte Licht so nah wie möglich an der optischen Achse angeordnet wird, indem zum Beispiel die Kondensorlinse eingestellt wird.

[0163] Obwohl ein Prüfmuster als die Probe **6** verwendet wird, um die Erläuterung zu vereinfachen, können im Fall tatsächlicher Proben Bilder, die Texturen und Orientierungszustände hervorheben, beobachtet werden, wenn das Beobachtungsgesichtsfeld des Beugungsbilds passend ausgewählt wird.

[0164] Obwohl die Probe in dieser Ausführungsform durch die Verwendung des durchgelassenen Lichts beobachtet wird, kann ebenso reflektiertes Licht beobachtet werden. Das letztgenannte ist zur Beobachtung der Oberflächentextur einer Probe, die eine sehr niedrige spezifische Durchlässigkeit aufweist, und dergleichen geeignet.

[0165] Obwohl in dieser Ausführungsform die optische Achse der Kondensorlinse **2** und die optische Achse der Objektivlinse **10** parallel gehalten werden, können sie so angeordnet werden, daß der Winkel der optischen Achse der Kondensorlinse **2** bezüglich der optischen Achse der Objektivlinse **10** variabel gemacht wird. Wenn der Winkel der optischen Achse der Kondensorlinse **2** verändert wird, kann das gebeugte Licht verändert werden, das an der Beobachtung beteiligt ist, wodurch die Bildinformation zur Betrachtung der Textur und Orientierung erhöht werden kann.

[0166] Während Beispiele der Probe in der vorliegenden Erfindung Polymermaterialien (z.B. Polymerfilme, wie Polyethylen und Polypropylen), biologische Materialien, Keramiken und Metalle umfassen, sind Polymerfilme dadurch die typischsten Zielmaterialien, daß ihre Texturen beobachtet werden können.

[0167] Folglich werden spezifische Beispiele in dem Fall erläutert, wo Polymerfilme als Probe beobachtet werden.

[0168] Hinter einer Punktlichtquelle **1**, die durch eine 100 W Halogenlampe und einer kreisförmigen Lochblende mit einem Durchmesser von 100 µm gebildet wird, wurde eine Kondensorlinse **2** mit einer numerischen Apertur von 0,4 angeordnet, wodurch konvergentes Beleuchtungslicht erhalten wurde. Es wurde ermöglicht, daß sich die Kondensorlinse **2** maximal um 25 mm oder mehr in die Richtung parallel zur optischen Achse **7** bewegte. Hier war kein Filter an der Lichtquelle angebracht, um monochromatisches Licht zu liefern.

[0169] Der Objektstisch **5** wurde hinter der Kondensorlinse **2** angeordnet, während ein Glasträger, an dem ein Polymerfilm befestigt war, darauf aufgespannt wurde. Der Objektstisch **5** wurde in die Richtung parallel zur optischen Achse **7** fixiert. Andererseits wurde er in die Richtung senkrecht zur optischen Achse **7** beweglich gemacht, um das Beobachtungsgesichtsfeld auszuwählen.

[0170] Ferner wurde als der Raumfilter **9** eine Lichtabschirmplatte, die mit einer kreisförmigen Lochblende versehen war, die einen Durchmesser von 800 µm aufwies, hinter dem Objektstisch **5** angeordnet. Um auszuwählen, daß das direkte Licht oder das gestreute Licht in dem Licht gesperrt wird, das durch die Probe (Polymerfilm) durchgelassen wird, wurde es ermöglicht, daß sich die Lichtabschirmplatte maximal um 5 mm in jede von zwei Richtungen senkrecht zur optischen Achse **7** bewegte, die sich gegenseitig unter rechten Winkeln schnitten. Außerdem wurde es ermöglicht, daß sie sich maximal um 5 mm in die Richtung parallel zur optischen Achse **7** bewegte, um die Konvergenzebene (Beugungsbildebene) **8** und die Lochblende Ebene miteinander zusammenfallen zu lassen.

[0171] Hinter dem Raumfilter **9** wurden eine Objektivlinse **10** mit einem längeren Arbeitsabstand (CF IC EPI Plan5× mit einem Arbeitsabstand von 22,5 mm, einer numerischen Apertur von 0,13, und einem Vergrößerungsvermögen von 5×, die von Nikon Corp. hergestellt wurde) und ein Objektivtubus **13** mit drei Elementen (TI, hergestellt von Nikon Corp.) in dieser Reihenfolge angeordnet.

[0172] Am Objektivtubus **13** mit drei Elementen wurden eine Aufnahmevorrichtung (H-3, hergestellt von Nikon Corp.), die nicht dargestellt ist, und ein Okular **12** (CFWN10× mit einem Vergrößerungsvermögen von 10×, hergestellt von Nikon Corp.) angebracht, um die Beobachtung mit dem bloßen Auge und das Photographieren zu ermöglichen. Es wurde ermöglicht, die Objektivlinse **10** und den Objektivtubus mit drei Elementen **13** auf

ein Objektbild oder Beugungsbild zu fokussieren, indem sie zusammen in die Richtung parallel zur optischen Achse **7** bewegt wurden.

[0173] Die Ergebnisse der Beobachtung wurden mit einer vorgegebenen Belichtungszeit für jeweils das Beugungsbild und das Objektbild mittels Verwendung eines hochempfindlichen Sofortbild-Schwarzweißfilms photographiert (FP-30003 SUPER SPEEDY, ISO 3200, hergestellt von Fuji Photo Film Co., Ltd.).

Objekt (Probe)

[0174] Es wurden für vier Arten eines Mischsystems aus linearem Polyethylen weich (LLDPE)/Polyethylen weich (LDPE) mit den jeweiligen Mischverhältnissen, die in Tabelle 1 gezeigt werden, Polymerfilme (1) bis (4), die durch ein Aufblähverfahren unter der Bedingung bearbeitet wurden, die in Tabelle 2 gezeigt wird, hergestellt. Ein Stück von etwa 1 cm × 1 cm, das aus jedem der so erhaltenen Filme mit einer Schere herausgeschnitten wurde, wurde an mit einem Klebeband so einem Glasträger befestigt, daß die Maschinenrichtung des Films mit der vertikalen Richtung der Photographie ausgerichtet wurde, was später erläutert wird, ohne irgendwelche Falten zu ergeben, um ein Objekt zu ergeben. Das Probenbild des so erhaltenen Objekts wurde mit der oben beschriebenen optischen Mikroskopvorrichtung beobachtet.

Tabelle 1: LLDPE/LDPE-Mischverhältnis und Trübung

Mischverhältnis (Gew.%/Gew.%)	Trübung (%)
(1) LLDPE/LDPE = 100/0	55,3
(2) LLDPE/LDPE = 90/10	4,3
(3) LLDPE/LDPE = 50/50	6,7
(4) LLDPE/LDPE = 0/100	9,5

(LLDPE: Schmelzindex 4, Dichte 0,923, gasbearbeitetes LLDPE, Ethylen/Hexen-Kopolymer, Organometall-Katalysator; LDPE: Schmelzindex 5, Dichte 0,924, hochdruckbearbeitetes LDPE, röhrenförmig; Verfahren zur Messung der Trübung war in Übereinstimmung mit der Norm JIS K7361-1.)

Tabelle 2: Polymerfilmbearbeitungsbedingung durch Aufblähverfahren

Bearbeitungsmaschine	50 mm Durchmesser Bearbeitungsmaschine von TOMY hergestellt
Düse/Lippe	120 mm Durchmesser
Bearbeitungstemperatur	150°C
Grat	1,8 (Spreizbreite: 340 mm)
Aufnahmegeschwindigkeit	25 m/min
Filmdicke	20 µm
Coronabearbeitung	Keine

Beobachtungsbeispiel 1

[0175] Nachdem der Raumfilter **9** aus der optischen Achse **7** entfernt wurde, wurde das Objekt **6** mit konvergentem Beleuchtungslicht bestrahlt, und der Durchmesser des durchgelassenen Lichtstroms wurde mit Transparenzpapier oder dergleichen verifiziert, um die Position der Kondensorlinse **2** so einzustellen, daß die Position der Konvergenzebene, d.h. Beugungsbildebene **8**, zwischen dem Objekt **6** und der Objektivlinse **10** angeordnet war. Anschließend wurde die Objektivlinse **10** auf die Beugungsbildebene **8** fokussiert, wodurch ein Beugungsbild erhalten wurde. Die [Fig. 9](#) bis [Fig. 12](#) sind Mikrophotographien der Beugungsbilder, die jeweils den Polymerfilmen (1) bis (4) entsprechen. Wenn die Trübung in den Objekten größer wurde, wurde das Streulicht stärker aufgeweitet, und die Intensität des direkten Lichts wurde niedriger. Die [Fig. 13](#) bis [Fig. 16](#) sind Mi-

krophographien, die aufgenommen wurden, als die Objektivlinse **10** jeweils zu dieser Zeit auf die Polymerfilme (1) bis (4) fokussiert war. Ungleichmäßige Strukturen waren zu dieser Zeit in den Objektbildern nicht zu sehen.

Beobachtungsbeispiel 2

[0176] Nachdem die Beugungsbilder der [Fig. 9](#) bis [Fig. 12](#) erhalten wurden, wurde der Raumfilter **9** mit einer kreisförmigen Lochblende, die einen Durchmesser von 800 µm aufwies, als Raumfilter in dieselbe Ebene wie die Beugungsbildebene **8** eingefügt, um anderes Licht als das gestreute Licht auf der rechten Seite des direkten Lichts zu sperren. Die [Fig. 17](#) bis [Fig. 20](#) sind Mikrophotographien, die jeweils die Beugungsbilder der Polymerfilme (1) bis (4) zu dieser Zeit zeigen. Danach wurde der Fokus des Mikroskops auf die Objektposition bewegt, wodurch das Bild, das nur durch das Licht gebildet wird, das durch den Raumfilter **9** durchgelassen wurde, als das Objektbild erhalten wurde. Als Ergebnis wurden ungleichmäßige Strukturen parallel zur Maschinenrichtung der Filme an Intervallen von etwa 200 µm bis 1 mm in dem so erhaltenen Objektbild beobachtet. Die Mikrophotographien der [Fig. 21](#) bis [Fig. 24](#) zeigen jeweils die Bilder der Polymerfilme (1) bis (4) zu dieser Zeit. Diese Strukturen erhöhten die Trübung nicht sehr.

Beobachtungsbeispiel 3

[0177] Nachdem die Beugungsbilder der [Fig. 9](#) bis [Fig. 12](#) erhalten wurden, wurde die Lichtabschirmplatte mit einer kreisförmigen Lochblende, die einen Durchmesser von 800 µm aufwies, als der Raumfilter **9** in dieselbe Ebene wie die Beugungsbildebene **8** eingefügt, um anderes Licht als das gestreute Licht auf der oberen Seite des direkten Lichts zu sperren. Die [Fig. 25](#) bis [Fig. 28](#) sind Mikrophotographien, die jeweils die Beugungsbilder der Polymerfilme (1) bis (4) zu dieser Zeit zeigen. Danach wurde der Fokus des Mikroskops auf die Objektposition bewegt, wodurch das Bild, das nur durch das Licht gebildet wird, das durch den Raumfilter **9** durchgelassen wurde, als das Objektbild erhalten wurde. Die Mikrophotographien der [Fig. 29](#) bis [Fig. 32](#) zeigen jeweils die Bilder der Polymerfilme (1) bis (4) zu dieser Zeit. Als Ergebnis wurden ungleichmäßige Strukturen, die um etwa 30 Grad bezüglich der Maschinenrichtung der Filme geneigt waren, an Intervallen von etwa 10 µm in den Polymerfilmen (3) und (4) beobachtet, d.h. Objekten mit LLDPE/LDPE-Verhältnissen von 50/50 und 0/100 ([Fig. 31](#) und [Fig. 32](#)). Die Richtung dieser Strukturen entspricht der Richtung des intensiven Streulichts in den Objekten mit LLDPE/LDPE-Verhältnissen von 50/50 und 0/100 (Polymerfilme (3) und 4)), was als der Hauptgrund dafür angesehen wird, warum die Trübung darin größer war als in dem Objekt mit einem LLDPE/LDPE-Verhältnis von 90/10, d.h. dem Polymerfilm (2).

Beobachtungsbeispiel 4

[0178] Nachdem die Beugungsbilder der [Fig. 9](#) bis [Fig. 12](#) erhalten wurden, wurde der Raumfilter **9**, der identisch mit dem der Beobachtungsbeispiele 2 und 3 war, in dieselbe Ebene wie die Konvergenzebene **8** eingefügt, um das Licht außer dem direkten Licht und seinem benachbarten gestreuten Licht zu sperren. Die [Fig. 33](#) bis [Fig. 36](#) sind Mikrophotographien, die jeweils die Beugungsbilder der Polymerfilme (1) bis (4) zu dieser Zeit zeigen. Danach wurde das Mikroskop auf die Objektposition fokussiert, wodurch das Bild, das nur durch das Licht gebildet wird, das durch den Raumfilter **9** durchgelassen wurde, als das Objektbild erhalten wurde. Als Ergebnis waren Unterschiede der Helligkeit/Dunkelheit zu erkennen, die den Unterschieden der Trübung zwischen den Objekten entsprechen. Die Mikrophotographien der [Fig. 37](#) bis [Fig. 40](#) zeigen jeweils die Bilder der Polymerfilme (1) bis (4) zu dieser Zeit. Insbesondere ist zu erkennen, daß das Objekt mit einem LLDPE/LDPE-Mischverhältnis von 100/0 (Polymerfilm (1)) einen hohen Trübungswert, eine regelmäßige Sphärolith-Struktur, und eine merkbare Dunkelheit in der Photographie zeigt.

Vergleichsbeispiel 1

[0179] Wie im Beobachtungsbeispiel 1 erwähnt, ist [Fig. 13](#) eine Mikrophotographie, die aufgenommen wurde, als die Objektivlinse in dem Zustand **10** auf den Polymerfilm (1) fokussiert war, wo der Raumfilter **9** entfernt war, in der keine ungleichmäßigen Strukturen zu sehen waren. Wenn sie mit der Mikrophotographie der [Fig. 41](#) verglichen wird, die durch eine herkömmliche optische Mikroskopvorrichtung erhalten wurde, die einen parallelen Strahl als Beleuchtungslicht verwendet, ist jedoch zu erkennen, daß ein Bild mit einem höheren Kontrast erhalten wird.

[0180] Die Mikrophotographie der [Fig. 41](#) wurde als ein Objektbild erhalten, als der Polymerfilm (1) mit einer herkömmlichen optischen Mikroskopvorrichtung (MICROPHOT FXA, hergestellt von Nikon Corp.) beobachtet wurde, die mit einer Transmissionspolarisationsvorrichtung (hergestellt von Nikon Corp.), einer Kondensorlin-

se (ausschwenkbarer Achromatkondensator, hergestellt von Nikon Corp.), einer Objektivlinse (CFP4× mit einer numerischen Apertur von 0,10 und einem Vergrößerungsvermögen von 4×, hergestellt von Nikon Corp.), und einem Okular (CFW10× mit einem Vergrößerungsvermögen von 10×, hergestellt von Nikon Corp.) ausgestattet war, während ihr Zwischenveränderungsabschnitt des Vergrößerungsvermögens auf 1,25× eingestellt wurde. Hier wurden keine Polarisatoren und keine Analysatoren in die optische Achse eingefügt. Die Ergebnisse der Beobachtung wurden mit einer vorgegebenen Belichtungszeit durch die Verwendung eines hochempfindlichen Sofortbild-Schwarzweißfilms photographiert (FP-3000B SUPER SPEEDY, ISO 3200, hergestellt von Fuji Photo Film Co. Ltd.). Als Ergebnis waren keine ungleichmäßigen Strukturen, die einer Trübung entsprechen, im so erhaltenen Objektbild zu erkennen.

[0181] Da wie im Vorhergehenden Beleuchtungslicht, das an einem Punkt vor der Objektivlinse konvergiert, verwendet wird, können eine Probe und ihr Beugungsbild selektiv beobachtet werden, indem die Objektivlinse in der optischen Mikroskopvorrichtung und dem erfindungsgemäßen Mikroskopbeobachtungsverfahren, das diese verwendet, einfach in die Richtung der optischen Achse bewegt wird. Wenn der Raumfilter passend eingefügt oder bewegt wird, können außerdem das optische Bild und das Beugungsbild der Probe, das durch erwünschtes gebeugtes Licht gebildet wird, erhalten werden. Daher können Texturinformationen und Orientierungsinformationen, die mit der herkömmlichen optischen Mikroskopvorrichtung nicht erhältlich waren, als ein optisches Bild oder Beugungsbild erhalten werden.

[0182] [Fig. 42](#) ist eine Ansicht, die die Grundkonfiguration einer Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl zeigt. Eine Lichtquelle **201**, eine Kondensorlinse **202** und ein Polarisator **215** bilden eine Beleuchtungseinrichtung **203**, die als Beleuchtungslicht einen polarisierten konvergenten Strahl emittiert, der an einem Punkt **204** im Raum konvergiert. Das Licht, das aus der Lichtquelle **201** emittiert wird, kann entweder weißes Licht oder monochromatisches Licht sein.

[0183] Über der Beleuchtungseinrichtung **203** ist ein Probenaufspanntisch (Objekttisch) **205** zum Aufspannen einer Probe (Objekt) **206** angeordnet. In der Mitte des Objekttisches **205** ist eine Öffnung ausgebildet, um dort hindurch das polarisierte Beleuchtungslicht aus der Beleuchtungseinrichtung **203** durchzulassen, während das Beleuchtungslicht durch die Öffnung geht und am Konvergenzpunkt **204** darüber konvergiert. Als Folge wird ein Fourier-transformiertes Bild der Probe **206**, das durch das polarisierte Beleuchtungslicht bewirkt wird, d.h. Beugungsbild der Probe **206** unter Polarisation, an einer Ebene **208** gebildet, die senkrecht zur optischen Achse **207** des Beleuchtungslichts ist, die den Konvergenzpunkt **204** enthält. Diese Ebene **208** wird hier als Beugungsbildebene bezeichnet.

[0184] Die Kondensorlinse **202** ist in die Richtung der optischen Achse **207** gegen die Position des Objekttisches **205** beweglich. Indem die Kondensorlinse **202** in die Richtung der optischen Achse **207** bewegt wird, kann der Abstand zwischen der Probe **206**, die auf dem Objekttisch **205** aufgespannt ist, und dem Konvergenzpunkt **204**, d.h. der Abstand zwischen der Probe **206** und der Beugungsbildebene **208**, verändert werden.

[0185] An einer Position auf oder nahe der Beugungsbildebene **208** ist ein Raumfilter **209** parallel zur Beugungsbildebene **208** angeordnet. [Fig. 43](#) ist eine Draufsicht des Raumfilters **209**, in dem eine kreisförmige Öffnung mit einem Durchmesser von zum Beispiel mehreren hundert Mikrometern in der Mitte einer Lichtabschirmplatte ausgebildet ist. Der Raumfilter **209** ist in Richtungen orthogonal zur optischen Achse **207** beweglich, wodurch das Beobachtungsgesichtsfeld eines Beugungsbilds, das auf der Beugungsbildebene **208** gebildet wird, ausgewählt werden kann. Außerdem ist der Raumfilter **209** selbst während der Beobachtung leicht abnehmbar.

[0186] Die im Raumfilter ausgebildete Öffnung **209**, d.h. das Beobachtungsgesichtsfeld, braucht nicht immer kreisförmig zu sein. Es können abhängig vom beabsichtigten Gegenstand passend quadratische Formen, halbkreisförmige Formen, Ausschnittsformen und dergleichen ausgewählt werden.

[0187] Ferner ist über dem Raumfilter **209** ein Objektivtubus **213** angeordnet, der eine Objektivlinse **210**, einen Analysator **216**, eine Abbildungslinse **211** und ein Okular **212** aufweist. Die innere Konfiguration des Objektivtubus **213** selbst ist herkömmlich allgemein bekannt, und der Objektivtubus **213** ermöglicht eine Fokussierung, wenn er in die Richtung der optischen Achse **207** bewegt wird.

[0188] Es ist erforderlich, daß der Bewegungsbereich des Objektivtubus zur Fokussierung ausreichend länger als der in einem herkömmlichen typischen Mikroskop ist. Das heißt, dieser Objektivtubus ist geeignet, mindestens sowohl auf die Probe **206** als auch die Beugungsbildebene **208** fokussiert zu werden.

[0189] Die Objektivlinse **210** weist eine solche Brennweite auf, daß sich ihre Position hinter (über) dem Raumfilter **209** befindet, wenn sie auf die Probe **206** fokussiert ist. Daher behindert der der Raumfilter **209** Fokussierungsvorgänge nicht.

[0190] Wenn die Position der Beugungsbildebene **208** so eingestellt ist, daß die Objektivlinse **210** auf die Probe **206** fokussiert ist, wenn sie dem Raumfilter **209** am nächsten angeordnet ist, wie in [Fig. 44](#) gezeigt, dann kann das hellste Bild erhalten werden.

[0191] Das Bild, das durch die Objektivlinse **210** erfaßt wird, wird an einer Zwischenbildposition **214** hinter der Abbildungslinse **211** gebildet, nachdem es durch den Analysator **216** durchgelassen worden ist, während das Okular **212** einen Fokus aufweist, der so eingestellt ist, daß dieses Bild beobachtet werden kann.

[0192] In einem der Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels, das eine solche Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl verwendet, wird eine Probe beobachtet, während die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist. Da ein konvergenter Strahl als Beleuchtungslicht verwendet wird, kann ein Polarisationsmikroskopbild mit einem sehr hohen Kontrast und einer großen Tiefenschärfe erhalten werden.

[0193] In einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops ist die Objektivlinse auf die Beugungsbildebene fokussiert, die orthogonal zur optischen Achse der Objektivlinse ist, die den Konvergenzpunkt enthält, um das Beugungsbild der Probe zu beobachten, das auf der Beugungsbildebene durch das polarisierte auftreffende Licht mit dem Analysator gebildet wird.

[0194] Wenn die Beziehung zwischen dem Beugungsbild und der Textur hinsichtlich einer Probe im voraus erfaßt wird, dann kann die Textur der Probe aus der Eigenschaft des Beugungsbildmusters entnommen werden, wenn das Beugungsbild direkt beobachtet wird.

[0195] In noch einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops wird die Probe anfänglich beobachtet, wobei die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, und dann wird das Beugungsbild beobachtet, wobei die Objektivlinse auf das Beugungsbild fokussiert ist, das auf der Beugungsbildebene gebildet wird, oder es wird anfänglich das Beugungsbild beobachtet, wobei die Objektivlinse auf das Beugungsbild fokussiert ist, das auf Beugungsbildebene gebildet wird, und dann wird die Probe beobachtet, wobei die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist.

[0196] Als Folge kann eine Gesamteigenschaft einer Textur erfaßt werden, die bei der Beobachtung nur des optischen Bildes schwierig zu erkennen war, und es können Details einer Textur erkannt werden, die das Beugungsbild ergeben, die bei der Beobachtung nur des Beugungsbildes schwierig zu erkennen waren.

[0197] In noch einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops, wird ein Raumfilter verwendet, um dort hindurch nur Licht einer erwünschten Region auf der Beugungsbildebene durchzulassen, und während die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, wird die Probe auf das durch den Raumfilter durchgelassene Licht beobachtet.

[0198] Da das Licht (direktes Licht und gebeugtes Licht), das durch den Raumfilter durchgelassen wird, frei ausgewählt werden kann, können verschiedene Dunkel- und Hellfeldbilder, die dem erwünschten gebeugten Licht entsprechen, für dieselbe Probe unter Polarisation beobachtet werden. Als Folge kann die Textur der Probe detaillierter erkannt werden.

[0199] In noch einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops ist die Objektivlinse auf die Beugungsbildebene fokussiert, um das Beugungsbild der Probe zu beobachten, das auf der Beugungsbildebene durch das polarisierte auftreffende Licht gebildet wird; und nachdem der Raumfilter so eingestellt ist, daß dort hindurch nur das Licht einer erwünschten Region des Beugungsbilds durchgelassen wird, wird die Objektivlinse auf die Probe fokussiert, um die Probe mit dem Licht zu beobachten, das durch den Raumfilter und den Analysator durchgelassen wird.

[0200] Da die Bildbeobachtung ausgeführt wird, nachdem gebeugtes Licht entsprechend des Beugungsbilds ausgewählt wird, kann erkannt werden, auf welchem gebeugten Licht das optische Bild beruht. Als Folge kann die Textur der Probe detaillierter erkannt werden.

[0201] Vorzugsweise wird in den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieser Ausführungsform

die Probe beobachtet, während die Position der Beugungsbildebene so eingestellt ist, daß die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, wenn sie nahe der Beugungsbildebene angeordnet ist. Das ergibt sich aus der Tatsache, daß das Bild am hellsten ist, ohne einen Verlust des gebeugten Lichts, wenn die Objektivlinse dort angeordnet ist, da die Beugungsbildebene eine Position ist, wo das Beleuchtungslicht konvergiert.

[0202] Indem entweder die Form des Raumfilters, dessen Position auf der Beugungsbildebene, oder der Winkel der optischen Achse des Beleuchtungslichts bezüglich der optischen Achse der Objektivlinse verändert wird, kann gebeugtes Licht ausgewählt werden, mit dem das optische Bild der Probe gebildet wird, das zu sehen ist.

[0203] Vorzugsweise wird in den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels die Probe beobachtet, wobei die Richtung des durch den Raumfilter durchgelassenen Lichts und die optische Achse der Objektivlinse im wesentlichen miteinander ausgerichtet sind. Obwohl die Lichtmenge durch den Raumfilter reduziert wird, kann ein helles Bild mit weniger Verzeichnung erhalten werden, wenn die beiden optischen Achsen im wesentlichen miteinander ausgerichtet sind.

[0204] Vorzugsweise ist in den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels die Größe des Beugungsbilds einstellbar, indem die Position des Divergenzpunktes des Beleuchtungslichts in die Richtung der optischen Achse der Objektivlinse eingestellt wird. Wenn der Abstand größer wird, kann das Beugungsbild größer gemacht werden, wodurch das Beugungsbild detaillierter beobachtet werden kann.

[0205] In den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels kann monochromatisches Licht als das Beleuchtungslicht verwendet werden. Wenn monochromatisches Licht verwendet wird, können Bilder erhalten werden, die zur Untersuchung einer Textur wichtig sind, die mit weißem Licht nicht erhältlich sind.

[0206] Die Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels sind geeignet für Polymermaterialien verwendbar. Für wichtige Texturen von Polymermaterialien können detaillierte Erkenntnisse erhalten werden, die mit herkömmlichen Mikroskopbeobachtungsverfahren nicht erhältlich sind.

[0207] Während Beispiele der Probe in der vorliegenden Erfindung Polymermaterialien (z.B. Polymerfilme, wie Polyethylen und Polypropylen), biologische Materialien, Keramiken und Metalle umfassen, sind Polymerfilme dadurch die typischsten Zielmaterialien, daß ihre Texturen beobachtet werden können.

[0208] Folglich werden spezifische Beispiele in dem Fall erläutert, wo ein Polymerfilm als Probe beobachtet wird.

[0209] Hinter einer Punktlichtquelle **201**, die aus einer 100 W Halogenlampe und eine kreisförmige Lochblende mit einem Durchmesser von 100 µm bestand, war eine Kondensorlinse **202** mit einer numerischen Apertur von 0,4 angeordnet, wodurch konvergentes Beleuchtungslicht erhalten wurde. Es wurde ermöglicht, daß sich die Kondensorlinse **202** maximal um 25 mm oder mehr in die Richtung parallel zur optischen Achse **207** bewegte. Hier war kein Filter an der Lichtquelle angebracht, um monochromatisches Licht zu liefern.

[0210] Der Objektisch **205** war hinter der Kondensorlinse **202** angeordnet, während ein Glasträger, auf dem ein Polymerfilm befestigt war, darauf aufgespannt war. Der Objektisch **205** wurde in die Richtung parallel zur optischen Achse **207** fixiert. Andererseits wurde er in die Richtung senkrecht zur optischen Achse **207** beweglich gemacht, um das Beobachtungsfeld auszuwählen.

[0211] Ferner war als der Raumfilter **209** eine Lichtabschirmplatte, die mit einer kreisförmigen Lochblende versehen war, die einen Durchmesser von 800 µm aufwies, hinter dem Objektisch **205** angeordnet. Um auszuwählen, daß das direkte Licht oder das gestreute Licht in dem Licht gesperrt wird, das durch das Objekt (Polymerfilm) durchgelassen wird, wurde es ermöglicht, daß sich die Lichtabschirmplatte maximal um 5 mm in jede von zwei Richtungen bewegte, die senkrecht zur optischen Achse **207** waren, die sich gegenseitig unter rechten Winkeln schnitten. Außerdem wurde es ermöglicht, daß sie sich maximal um 5 mm in die Richtung parallel zur optischen Achse **207** bewegte, um die Konvergenzebene (Beugungsbildebene) **208** und die Lochblenden ebene miteinander zusammenfallen zu lassen.

[0212] Hinter dem Raumfilter **209** waren eine Objektivlinse **210** mit einem längeren Arbeitsabstand (CF IC EPI Plan5x mit einem Arbeitsabstand von 22,5 mm, einer numerischen Apertur von 0,13 und einem Vergrößerungsvermögen von 5×, hergestellt von Nikon Corp.) und ein Objektivtubus **213** mit drei Elementen (TI herge-

stellt von Nikon Corp.) in dieser Reihenfolge angeordnet.

[0213] Am Objektivtubus **213** mit drei Elementen war eine Aufnahmevorrichtung (H-3, hergestellt von Nikon Corp.), die nicht dargestellt ist, und ein Okular **212** (CFWN10× mit einem Vergrößerungsvermögen von 10×, hergestellt von Nikon Corp.) angebracht, um die Beobachtung mit dem bloßen Auge und eine Aufnahme zu ermöglichen. Es wurde ermöglicht, daß die Objektivlinse **210** und der Objektivtubus **213** mit drei Elementen auf ein Probenbild oder Beugungsbild fokussiert werden, indem sie zusammen in die Richtung parallel zur optischen Achse **207** bewegt wurden.

[0214] Die Ergebnisse der Beobachtung wurden für jeweils das Beugungsbild und das Objektbild mit einer vorgegebenen Belichtungszeit mittels Verwendung eines hochempfindlichen Sofortbild-Schwarzweißfilms fotografiert (FP-3000B SUPER SPEEDY, ISO 3200, hergestellt von Fuji Photo Film Co., Ltd.).

Objekt (Probe)

[0215] Polypropylen mit einem Schmelzdurchfluß von 1,2 g/10 Minuten wurde zwischen einem Glaträger und Abdeckglasplatte gehalten, für 5 Minuten bei 230°C geschmolzen, und dann isotherm bei 130°C kristallisiert, um einen Film zu bilden (der als Polymerfilm bezeichnet wird), der als Objekt verwendet wurde. Das Probenbild des so erhaltenen Objekts wurde mit der Polarisationsmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl der vorliegenden Erfindung beobachtet.

Beobachtungsbeispiel 2-1

[0216] Nachdem der Raumfilter **209** aus der optischen Achse **207** entfernt wurde, wurde das Objekt **206** mit konvergentem Beleuchtungslicht bestrahlt, und der Durchmesser des durchgelassenen Lichtstroms wurde mit Transparentpapier oder dergleichen verifiziert, um die Position der Kondensorlinse **202** so einzustellen, daß die Position der Konvergenzebene, d.h. die Beugungsbildebene **208** sich zwischen dem Objekt **206** und der Objektivlinse **210** befand. Anschließend wurde die Objektivlinse **210** auf die Beugungsbildebene **208** fokussiert, wodurch ein Beugungsbild erhalten wurde. [Fig. 45](#) ist eine Mikrophotographie des Beugungsbildes des Polymerfilms unter Polarisation. Hier war die Ebene der linearen Polarisation des Polarisators mit der vertikalen Richtung der [Fig. 45](#) ausgerichtet, während die Ebene der linearen Polarisation des Analysators mit der horizontalen Richtung der [Fig. 45](#) ausgerichtet war. Der Zustand, wo die Ebenen der linearen Polarisation des Polarisators und des Analysators senkrecht zueinander angeordnet sind, wird als solcher als Nicolsches Prisma bezeichnet. [Fig. 45](#) zeigt ein Bild an, das wie ein vierblättriges Kleeblatt geformt ist. Seine Eigenschaften stimmen mit jenem eines Lichtstreuungsbildes einer Textur überein, die als Sphärolith bekannt ist, die aus einer Struktur besteht, die eine Doppelbrechung ergibt. Da [Fig. 45](#) nicht in eine bestimmte Richtung verzeichnet ist, ist zu erkennen, daß der Sphärolith als ganzes in keine bestimmte Richtung orientiert ist. Obwohl die Erkenntnisse hinsichtlich der Orientierung des Sphäroliths in [Fig. 45](#) erhalten werden, kann die Orientierung von anderen Strukturen als jenen, die eine Doppelbrechung ergeben, ebenfalls erkannt werden, wenn das Beugungsbild beobachtet wird, während der Polarisator und der Analysator gegenüber dem Lichtweg versetzt sind. [Fig. 46](#) ist eine Mikrophotographie, die aufgenommen wurde, als die Objektivlinse **210** auf den Polymerfilm unter dem Nicolschen Prisma fokussiert war. Es wurde in [Fig. 46](#) eine Anordnung von Strukturen beobachtet, die einen dunklen kreuzförmigen Kontrast aufweisen. Diese Eigenschaften stimmen mit jenen mikroskopischer Bilder von Sphärolithen unter einem Nicolschen Prisma überein, wodurch zu erkennen ist, daß Sphärolithe, die durch Strukturen gebildet werden, die eine Doppelbrechung ergeben, mit einem hohen Kontrast beobachtet werden.

Beobachtungsbeispiel 2-2

[0217] Nachdem das Beugungsbild der [Fig. 45](#) erhalten wurde, wurde die Lichtschirmplatte mit einer kreisförmigen Lochblende, die einen Durchmesser von 800 µm aufwies, als Raumfilter in dieselbe Ebene wie die Beugungsbildebene **208** eingefügt, um das Licht außer dem direkten Licht und seinem benachbarten Streulicht zu sperren. [Fig. 47](#) ist eine Mikrophotographie, die das Beugungsbild des Polymerfilms zu dieser Zeit zeigt. Danach wurde der Fokus der Mikroskopvorrichtung auf die Objektposition bewegt, wodurch das Bild, das nur durch das Licht gebildet wird, das durch den Raumfilter **209** durchgelassen wird, als das Objektbild erhalten wurde. [Fig. 48](#) ist eine Mikrophotographie, die das Bild des Polymerfilms zu dieser Zeit zeigt. Als Ergebnis wurde erkannt, daß eine kreisförmige Struktur innerhalb der Grenzen des Sphäroliths vorhanden ist. Diese Struktur war in [Fig. 46](#) nicht zu sehen, die kein Raumfilter verwendete.

Beobachtungsbeispiel 2-3

[0218] Nachdem das Beugungsbild der [Fig. 45](#) erhalten wurde, wurde eine Lichtabschirmplatte mit einer kreisförmigen Lochblende, die einen Durchmesser von 800 µm aufwies, als der Raumfilter **209** in dieselbe Ebene wie die Beugungsbildebene **208** eingefügt, um das Licht außer dem gestreuten Licht auf der oberen Seite des direkten Lichts zu sperren. [Fig. 49](#) ist eine Mikrophotographie, die das Beugungsbild des Polymerfilms zu dieser Zeit zeigt. Danach wurde die Mikroskopvorrichtung auf die Objektposition fokussiert, wodurch das Bild, das nur durch das Licht gebildet wird, das durch den Raumfilter **209** durchgelassen wird, als das Objektbild erhalten wurde. [Fig. 50](#) ist eine Mikrophotographie, die das Bild des Polymerfilms zu dieser Zeit zeigt. Als Ergebnis wurde die obere Sphärolith-Struktur von dessen unterer Struktur unterschieden. Die Fähigkeit, eine solche Struktur zu extrahieren, ist in der herkömmlichen optischen Mikroskopvorrichtung nicht bekannt.

Beobachtungsbeispiel 2-4

[0219] Nachdem das Beugungsbild der [Fig. 45](#) erhalten wurde, wurde der Raumfilter **209**, der zu jenem der Beobachtungsbeispiele 2-2 und 2-3 identisch war, in dieselbe Ebene wie die Beugungsbildebene **208** eingefügt, um das Licht außer dem Streulicht auf der rechten Seite des direkten Lichts zu sperren. [Fig. 51](#) ist eine Mikrophotographie, die das Beugungsbild des Polymerfilms zu dieser Zeit zeigt. Danach wurde die Mikroskopvorrichtung auf die Objektposition fokussiert, wodurch das Bild, das nur durch das Licht gebildet wird, das durch den Raumfilter **209** durchgelassen wird, als das Objektbild erhalten wurde. [Fig. 52](#) ist eine Mikrophotographie, die das Bild des Polymerfilms zu dieser Zeit zeigt. Als Ergebnis wurde auch der Unterschied des Sphäroliths in die Richtungen nach rechts und links identifiziert.

Beobachtungsbeispiel 2-5

[0220] Nachdem das Beugungsbild der [Fig. 45](#) erhalten wurde, wurde der Raumfilter **209**, der zu jenem der Beobachtungsbeispiele 2-2 bis 2-4 identisch war, in dieselbe Ebene wie die Beugungsbildebene **208** eingefügt, um das Licht außer dem Streulicht auf der oberen rechten Seite des direkten Lichts zu sperren. [Fig. 53](#) ist eine Mikrophotographie, die das Beugungsbild des Polymerfilms zu dieser Zeit zeigt. Danach wurde die Mikroskopvorrichtung auf die Objektposition fokussiert, wodurch das Bild, das nur durch das Licht gebildet wird, das durch den Raumfilter **209** durchgelassen wird, als das Objektbild erhalten wurde. [Fig. 54](#) ist eine Mikrophotographie, die das Bild des Polymerfilms zu dieser Zeit zeigt. Als Ergebnis wurde die Struktur an der oberen rechten Seite des Sphäroliths von den anderen Strukturen unterschieden. Der durch den Raumfilter ausgewählte Bereich wurde kleiner gemacht, wodurch es möglich war, den Bereich der Struktur zu reduzieren, die extrahiert werden soll.

Beobachtungsbeispiel 2-6

[0221] Nachdem das Beugungsbild der [Fig. 45](#) erhalten wurde, wurde der Raumfilter **209**, der zu jenem der Beobachtungsbeispiele 2-2 bis 2-5 identisch war, in dieselbe Ebene wie die Beugungsbildebene **208** eingefügt, um das Licht außer dem Streulicht auf der unteren linken Seite des direkten Lichts zu sperren. [Fig. 55](#) ist eine Mikrophotographie, die das Beugungsbild des Polymerfilms zu dieser Zeit zeigt. Danach wurde die Mikroskopvorrichtung auf die Objektposition fokussiert, wodurch das Bild, das nur durch das Licht gebildet wird, das durch den Raumfilter **209** durchgelassen wird, als das Objektbild erhalten wurde. [Fig. 56](#) ist eine Mikrophotographie, die das Bild des Polymerfilms zu dieser Zeit zeigt. Als Ergebnis wurde die Struktur auf der unteren linken Seite des Sphäroliths von den anderen Strukturen unterschieden. Aus den [Fig. 49](#) bis [Fig. 56](#) waren gegebene Teile im Sphärolith gemäß der Größe und Position des Beugungsbildes extrahierbar, das durch den Raumfilter ausgewählt wurde. Aus diesen wurde ein Teil des Sphäroliths geklärt, aus welchem der Teil des Beugungsbildes abgeleitet war.

[0222] Da wie im Vorhergehenden Beleuchtungslicht verwendet wird, das an einem Punkt vor der Objektivlinse konvergiert, können eine Probe und ihr Beugungsbild selektiv beobachtet werden, indem in der optischen Mikroskopvorrichtung und dem erfindungsgemäßen Mikroskopbeobachtungsverfahren, das diese verwendet, die Objektivlinse einfach in die Richtung der optischen Achse unter Polarisation bewegt wird. Wenn der Raumfilter geeignet eingefügt oder bewegt wird, kann das optische Bild und Beugungsbild der Probe durch erwünschtes gebeugtes Licht unter Polarisation erhalten werden. Daher können detaillierte Erkenntnisse hinsichtlich einer Verteilung der Strukturen vollständig erhalten werden, die eine Orientierung und Doppelbrechung ergeben, die mit der herkömmlichen optischen Mikroskopvorrichtung nicht erhältlich waren.

[0223] [Fig. 57](#) ist eine Ansicht, die die Grundkonfiguration einer Phasenkontrastmikroskopvorrichtung mit

konvergentem Strahl zeigt. Eine Lichtquelle **301**, eine Monochromatisierungsvorrichtung **317** und eine Kondensorlinse **302** bilden eine Beleuchtungseinrichtung **303**, die als Beleuchtungslicht einen konvergenten Strahl emittiert, der an einem Punkt **304** im Raum konvergiert. Das Licht, das aus der Lichtquelle **301** emittiert wird, wird durch die Monochromatisierungsvorrichtung **317**, die hinter der Lichtquelle **301** angeordnet ist, in monochromatisches Licht umgewandelt. Als die Monochromatisierungsvorrichtung **317** wird ein Grünfilter eingesetzt, der verhältnismäßig kostengünstig erhältlich ist.

[0224] Obwohl die Lichtquelle **301**, die weißes Licht emittiert, und die Monochromatisierungsvorrichtung **317** die Beleuchtungseinrichtung **303** zur Emission von monochromatischem Licht in dieser Ausführungsform bilden, kann auch eine Lichtquelle an deren Stelle verwendet werden, die von sich aus monochromatisches Licht emittiert.

[0225] Das Licht, das durch die Beleuchtungseinrichtung **303** emittiert wird, das eine höhere Kohärenz aufweist, ist bevorzugter.

[0226] Über der Beleuchtungseinrichtung **303** ist ein Probenaufspanntisch (Objekttisch) **305** zum Aufspannen einer Probe (Objekt) **306** angeordnet. In der Mitte des Objekttisches **305** ist eine Öffnung ausgebildet, um dort hindurch das Beleuchtungslicht aus der Beleuchtungseinrichtung **303** durchzulassen, während das Beleuchtungslicht durch die Öffnung geht und am Konvergenzpunkt **304** darüber konvergiert. Als Folge wird ein Fourier-transformiertes Bild der Probe **306**, d.h. Beugungsbild der Probe **306**, an einer Ebene **308** gebildet, die senkrecht zur optischen Achse **307** des Beleuchtungslichts ist, die den Konvergenzpunkt enthält **304**. Diese Ebene **308** wird hier als Beugungsbildebene bezeichnet.

[0227] Es ist ein Phasenplättchen **315** nahe des Konvergenzpunkts **304** angeordnet. [Fig. 58](#) ist eine Draufsicht des Phasenplättchens **315**, in dem zum Beispiel ein scheibenförmiges Material mit einem Durchmesser von 45 bis 50 µm zur Änderung der Phase in der Mitte einer Silikaplatte oder dergleichen angebracht ist, die gebeugtes Licht dort hindurchläßt. Dieses Phasenplättchen **315** ist selbst während der Beobachtung leicht abnehmbar.

[0228] Das Material zur Änderung der Phase am Phasenplättchen **315** braucht nicht immer wie eine Scheibe geformt zu sein. Wenn eine Blendenplatte **316** nahe der Position eingefügt wird, an der ein Bild der Lichtquelle **301** zwischen der Lichtquelle **301** und der Kondensorlinse **302** gebildet wird, können quadratische Formen, halbkreisförmige Formen, Ausschnittsformen, ringförmige Formen und dergleichen ausgewählt werden, soweit angemessen, die der Form eines Lochs in der Blendenplatte **316** entsprechen.

[0229] Die Kondensorlinse **302** ist in die Richtung der optischen Achse **307** gegen die Position des Objekttisches **305** beweglich. Indem die Kondensorlinse **302** in die Richtung der optischen Achse **307** bewegt wird, kann der Abstand zwischen der Probe **306**, die auf dem Objekttisch **305** aufgespannt ist, und dem Konvergenzpunkt **304**, d.h. der Abstand zwischen der Probe **306** und der Beugungsbildebene **308**, verändert werden.

[0230] An einer Position auf oder nahe der Beugungsbildebene **308** ist ein Raumfilter **309** parallel zur Beugungsbildebene **308** angeordnet. [Fig. 59](#) ist eine Draufsicht des Raumfilters **309**, in dem eine kreisförmige Öffnung mit einem Durchmesser von zum Beispiel mehreren hundert Mikrometern in der Mitte einer Lichtabschirmplatte ausgebildet ist. Der Raumfilter **309** ist in Richtungen orthogonal zur optischen Achse **307** beweglich, wodurch das Beobachtungsgesichtsfeld eines Beugungsbilds, das auf der Beugungsbildebene **308** gebildet wird, ausgewählt werden kann. Außerdem ist der Raumfilter **309** selbst während der Beobachtung leicht abnehmbar.

[0231] Die im Raumfilter ausgebildete Öffnung **309**, d.h. das Beobachtungsgesichtsfeld, braucht nicht immer kreisförmig zu sein. Es können abhängig vom beabsichtigten Gegenstand quadratische Formen, halbkreisförmige Formen, Ausschnittsformen und dergleichen ausgewählt werden, soweit angemessen.

[0232] Ferner ist über dem Raumfilter **309** ein Objektivtubus **313** angeordnet, der eine Objektivlinse **310**, eine Abbildungslinse **311** und ein Okular **312** aufweist. Die innere Konfiguration des Objektivtubus **313** selbst ist herkömmlich allgemein bekannt, und der Objektivtubus **313** ermöglicht eine Fokussierung, wenn er in die Richtung der optischen Achse **307** bewegt wird.

[0233] Es ist erforderlich, daß der Bewegungsbereich des Objektivtubus zur Fokussierung ausreichend länger als der in einem herkömmlichen typischen Mikroskop ist. Das heißt, dieser Objektivtubus ist geeignet, mindestens sowohl auf die Probe **306** und als auch die Beugungsbildebene **308** fokussiert zu werden.

[0234] Die Objektivlinse **310** weist eine solche Arbeitsabstandslänge auf, daß sich ihre Position hinter (über) dem Raumfilter **309** befindet, wenn sie auf die Probe **306** fokussiert ist. Daher behindert der Raumfilter **309** Fokussierungsvorgänge nicht.

[0235] Wenn die Position der Beugungsbildebene **308** so eingestellt ist, daß die Objektivlinse **310** auf die Probe **306** fokussiert ist, wenn sie dem Raumfilter **209** am nächsten angeordnet ist, wie in [Fig. 60](#) gezeigt, dann kann das hellste Bild erhalten werden.

[0236] Das durch die Objektivlinse **310** erfaßte Bild wird an einer Zwischenbildposition **314** hinter der Abbildungslinse **311** gebildet, während das Okular **312** einen Fokus aufweist, der so eingestellt ist, daß dieses Bild beobachtet werden kann.

[0237] In einem der Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels, das eine solche Phasenkontrastmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl verwendet, wird eine Probe beobachtet, während die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist. Da ein konvergenter Strahl als Beleuchtungslicht verwendet wird, kann ein Beobachtungsbild mit einem sehr hohen Kontrast und einer großen Tiefenschärfe erhalten werden.

[0238] In einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Phasenkontrastmikroskops mit konvergentem Strahl ist die Objektivlinse auf die Beugungsbildebene fokussiert, die orthogonal zur optischen Achse der Objektivlinse ist, die den Konvergenzpunkt enthält, um das Beugungsbild der Probe zu beobachten, das auf der Beugungsbildebene durch das Beleuchtungslicht gebildet wird.

[0239] Wenn die Beziehung zwischen dem Beugungsbild und der Textur hinsichtlich einer Probe im voraus erfaßt wird, dann kann die Textur der Probe aus der Eigenschaft des Beugungsbildmusters entnommen werden, wenn das Beugungsbild direkt beobachtet wird.

[0240] In noch einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Phasenkontrastmikroskops mit konvergentem Strahl wird die Probe anfänglich beobachtet, wobei die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, und dann wird das Beugungsbild beobachtet, wobei die Objektivlinse auf das Beugungsbild fokussiert ist, das auf der Beugungsbildebene gebildet wird, oder es wird anfänglich das Beugungsbild beobachtet, wobei die Objektivlinse auf das Beugungsbild fokussiert ist, das auf Beugungsbildebene gebildet wird, und dann wird die Probe beobachtet, wobei die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist.

[0241] Als Folge kann eine Gesamteigenschaft einer Textur erfaßt werden, die bei der Beobachtung nur des optischen Bildes schwierig zu erkennen war, und es können Details einer Textur erkannt werden, die das Beugungsbild ergeben, die bei der Beobachtung nur des Beugungsbildes schwierig zu erkennen waren.

[0242] In noch einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Phasenkontrastmikroskops mit konvergentem Strahl wird ein Raumfilter verwendet, um dort hindurch nur Licht einer erwünschten Region auf der Beugungsbildebene durchzulassen, und während die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, wird die Probe auf das durch den Raumfilter durchgelassene Licht beobachtet.

[0243] Als Ergebnis kann ein Phasenkontrastbild der Probe beobachtet werden, das durch Interferenz zwischen dem gebeugten Licht, das durch den Raumfilter ausgewählt wird, und dem direkten Licht gebildet wird. Da das gebeugte Licht frei ausgewählt werden kann, können für dieselbe Probe verschiedene Bilder beobachtet werden, die dem erwünschten gebeugten Licht entsprechen. Als Folge kann die Textur der Probe detaillierter erkannt werden.

[0244] In noch einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Phasenkontrastmikroskops mit konvergentem Strahl ist die Objektivlinse auf die Beugungsbildebene fokussiert, um das Beugungsbild der Probe zu beobachten, das auf der Beugungsbildebene durch das Beleuchtungslicht gebildet wird; und nachdem der Raumfilter so eingestellt ist, daß dort hindurch sowohl das Licht einer erwünschten Region des Beugungsbilds als auch das direkte Licht durchgelassen werden, wird die Objektivlinse auf die Probe fokussiert, um die Probe mit dem Licht zu beobachten, das durch den Raumfilter durchgelassen wird.

[0245] Da die Bildbeobachtung ausgeführt wird, nachdem gebeugtes Licht entsprechend des Beugungsbilds ausgewählt wird, kann erkannt werden, auf welchem gebeugten Licht das optische Bild beruht. Als Folge kann die Textur der Probe detaillierter erkannt werden.

[0246] Vorzugsweise wird in den Beobachtungsverfahren mittels eines Phasenkontrastmikroskops mit kon-

vergentem Strahl dieses Beispiels die Probe beobachtet, während die Position der Beugungsbildebene so eingestellt ist, daß die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, wenn sie nahe der Beugungsbildebene angeordnet ist. Das ergibt sich aus der Tatsache, daß das Bild am hellsten wird, ohne einen Verlust des gebeugten Lichts, wenn die Objektivlinse dort angeordnet ist, da die Beugungsbildebene eine Position ist, wo das Beleuchtungslicht konvergiert.

[0247] Indem entweder die Form des Raumfilters, dessen Position auf der Beugungsbildebene, oder der Winkel der optischen Achse des Beleuchtungslichts bezüglich der optischen Achse der Objektivlinse verändert wird, kann gebeugtes Licht ausgewählt werden, mit dem das optische Bild der Probe gebildet wird, das zu sehen ist.

[0248] Vorzugsweise wird in den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels die Probe beobachtet, wobei die Richtung des durch den Raumfilter durchgelassenen Lichts und die optische Achse der Objektivlinse im wesentlichen miteinander ausgerichtet sind. Obwohl die Lichtmenge durch den Raumfilter reduziert wird, kann ein helles Bild mit weniger Verzeichnung erhalten werden, wenn die beiden optischen Achsen im wesentlichen miteinander ausgerichtet sind.

[0249] Vorzugsweise ist in den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels die Größe des Beugungsbilds einstellbar, indem die Position des Konvergenzpunkts des Beleuchtungslichts in die Richtung der optischen Achse der Objektivlinse geändert wird. Wenn der Abstand größer wird, kann das Beugungsbild größer gemacht werden, wodurch das Beugungsbild detaillierter beobachtet werden kann.

[0250] Die Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels sind geeignet für Polymermaterialien verwendbar. Für wichtige Texturen von Polymermaterialien können detailliert e Erkenntnisse erhalten werden, die mit herkömmlichen Mikroskopbeobachtungsverfahren nicht erhältlich sind.

[0251] Während Beispiele der Probe in der vorliegenden Erfindung Polymermaterialien (z.B. Polymerfilme, wie Polyethylen und Polypropylen), biologische Materialien, Keramiken und Metalle umfassen, sind Polymerfilme dadurch die typischsten Zielmaterialien, daß ihre Texturen beobachtet werden können.

[0252] Da wie im Vorhergehenden Beleuchtungslicht, das an einem Punkt vor der Objektivlinse konvergiert, verwendet wird, während ein Phasenplättchen nahe des Konvergenzpunkts angeordnet ist, können ein mikroskopisches Phasenkontrastbild einer Probe und ihr Beugungsbild selektiv beobachtet werden, indem die Objektivlinse in der Phasenkontrastmikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl einfach in die Richtung der optischen Achse bewegt wird. Wenn der Raumfilter geeignet eingefügt oder bewegt wird, können das mikroskopische Phasenkontrastbild und das Beugungsbild der Probe, das durch erwünschtes gebeugtes Licht gebildet wird, erhalten werden. Daher können detaillierte Erkenntnisse hinsichtlich einer Struktur einer Probe erhalten werden, die nur einen winzigen Brechungsindexkontrast aufweist, die mit der herkömmlichen optischen Mikroskopvorrichtung nicht erhältlich waren.

[0253] [Fig. 61](#) ist eine Ansicht, die die Grundkonfiguration einer Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl zeigt, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist. Eine Lichtquelle **401** und eine Kondensorlinse **402** bilden eine Beleuchtungseinrichtung **403**, die als Beleuchtungslicht einen konvergenten Strahl emittiert, der an einem Punkt **404** im Raum konvergiert. Das Licht, das aus der Lichtquelle **401** emittiert wird, kann entweder weißes Licht oder monochromatisches Licht sein.

[0254] Über der Beleuchtungseinrichtung **403** ist ein Probenaufspanntisch (Objekttisch) **405** zum Aufspannen einer Probe (Objekt) **406** angeordnet. In der Mitte des Objekttischs **405** ist eine Öffnung ausgebildet, um dort hindurch das Beleuchtungslicht aus der Beleuchtungseinrichtung **403** durchzulassen, während das Beleuchtungslicht durch die Öffnung geht und am Konvergenzpunkt **404** darüber konvergiert. Als Folge wird ein Fourier-transformiertes Bild der Probe **406**, d.h. Beugungsbild der Probe **406**, an einer Ebene **408** gebildet, die senkrecht zur optischen Achse **407** des Beleuchtungslichts ist, die den Konvergenzpunkt enthält **404**. Diese Ebene **408** wird hier als Beugungsbildebene bezeichnet.

[0255] Nahe der Mitte der Beugungsbildebene **408** ist eine lineare Polarisationsvorrichtung **415** angeordnet. Diese Vorrichtung wandelt nur das direkte Licht in linear polarisiertes Licht um. [Fig. 62](#) ist eine Draufsicht der linearen Polarisationsvorrichtung **415**, in der zum Beispiel ein scheibenförmiges Material mit einem Durchmesser von 45 bis 50 µm zur Umwandlung von natürlichem Licht in linear polarisiertes Licht in der Mitte einer Silikaplatte oder dergleichen angebracht ist, die gebeugtes Licht dort hindurchläßt. Diese lineare Polarisationsvorrichtung **415** ist selbst während der Beobachtung leicht abnehmbar.

[0256] Das Material zur Umwandlung des natürlichen Lichts in linear polarisiertes Licht an der linearen Polarisationsvorrichtung **415** braucht nicht immer wie eine Scheibe geformt zu sein. Wenn eine Blendenplatte **417** nahe der Position eingefügt wird, an der ein Bild der Lichtquelle **401** zwischen der Lichtquelle **401** und der Kondensorlinse **402** gebildet wird, können quadratische Formen, halbkreisförmige Formen, Ausschnittsformen, ringförmige Formen und dergleichen ausgewählt werden, soweit angemessen, die der Form eines Lochs in der Blendenplatte **417** entsprechen.

[0257] Die Kondensorlinse **402** ist in die Richtung der optischen Achse **407** gegen die Position des Objektstischs **405** beweglich. Indem die Kondensorlinse **402** in die Richtung der optischen Achse **407** bewegt wird, kann der Abstand zwischen der Probe **406**, die auf dem Objektstisch **405** aufgespannt ist, und dem Konvergenzpunkt **404**, d.h. der Abstand zwischen der Probe **406** und der Beugungsbildebene **408** verändert werden.

[0258] An einer Position auf oder nahe der Beugungsbildebene **408** ist ein Raumfilter **409** parallel zur Beugungsbildebene **408** angeordnet. [Fig. 63](#) ist eine Draufsicht des Raumfilters **409**, in dem eine kreisförmige Öffnung mit einem Durchmesser von zum Beispiel mehreren hundert Mikrometern in der Mitte einer Lichtabschirmplatte ausgebildet ist. Der Raumfilter **409** ist in Richtungen orthogonal zur optischen Achse **407** beweglich, wodurch das Beobachtungsgesichtsfeld eines Beugungsbilds, das auf der Beugungsbildebene **408** gebildet wird, ausgewählt werden kann. Außerdem ist der Raumfilter **409** selbst während der Beobachtung leicht abnehmbar.

[0259] Die im Raumfilter ausgebildete Öffnung **409**, d.h. das Beobachtungsgesichtsfeld, braucht nicht immer kreisförmig zu sein. Es können abhängig vom beabsichtigten Gegenstand quadratische Formen, halbkreisförmige Formen, Ausschnittsformen und dergleichen ausgewählt werden, soweit angemessen.

[0260] Ferner ist über dem Raumfilter **409** ein Objektivtubus **413** angeordnet, der eine Objektivlinse **410**, einen Analysator **416**, eine Abbildungslinse **411** und ein Okular **412** aufweist. Die innere Konfiguration des Objektivtubus **413** selbst ist herkömmlich allgemein bekannt, und der Objektivtubus **413** ermöglicht eine Fokussierung, wenn er in die Richtung der optischen Achse **407** bewegt wird.

[0261] Es ist erforderlich, daß der Bewegungsbereich des Objektivtubus zur Fokussierung ausreichend länger als der in einem herkömmlichen typischen Mikroskop ist. Das heißt, dieser Objektivtubus ist geeignet, mindestens sowohl auf die Probe **406** als auch auf die Beugungsbildebene **408** fokussiert zu werden.

[0262] Die Objektivlinse **410** weist einen solchen Arbeitsabstand auf, daß sich ihre Position hinter (über) dem Raumfilter **409** befindet, wenn sie auf die Probe **406** fokussiert ist. Daher behindert der Raumfilter **409** Fokussierungsvorgänge nicht.

[0263] Wenn die Position der Beugungsbildebene **408** so eingestellt ist, daß die Objektivlinse **410** auf die Probe **406** fokussiert ist, wenn sie dem Raumfilter **409** am nächsten angeordnet ist, wie in [Fig. 64](#) gezeigt, dann kann das hellste Bild erhalten werden.

[0264] Das durch die Objektivlinse **410** erfaßte Bild wird an einer Zwischenbildposition **414** hinter der Abbildungslinse **411** gebildet, nachdem es durch den Analysator **416** durchgelassen wird, wohingegen das Okular **412** einen Fokus aufweist, der so eingestellt ist, daß dieses Bild beobachtet werden kann.

[0265] In einem der Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels, das eine solche Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl verwendet, wird eine Probe beobachtet, während die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist. Da ein konvergenter Strahl als Beleuchtungslicht verwendet wird, kann ein Beobachtungsbild mit einem sehr hohen Kontrast und einer großen Tiefenschärfe erhalten werden. Zusätzlich können durchgehend ein Hellfeld bis zu einem Dunkelfeld beobachtet werden, wenn der Analysator gedreht wird.

[0266] In einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops ist die Objektivlinse auf die Beugungsbildebene fokussiert, die orthogonal zur optischen Achse der Objektivlinse ist, die den Konvergenzpunkt enthält, um das Beugungsbild der Probe zu beobachten, das auf der Beugungsbildebene durch das Beleuchtungslicht gebildet wird.

[0267] Wenn die Beziehung zwischen dem Beugungsbild und der Textur hinsichtlich einer Probe im voraus erfaßt wird, dann kann die Textur der Probe aus der Eigenschaft des Beugungsbildmusters entnommen werden, wenn das Beugungsbild direkt beobachtet wird.

[0268] In noch einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops wird die Probe anfänglich beobachtet, wobei die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, und dann wird das Beugungsbild beobachtet, wobei die Objektivlinse auf das Beugungsbild fokussiert ist, das auf der Beugungsbildebene gebildet wird, oder es wird anfänglich das Beugungsbild beobachtet, wobei die Objektivlinse auf das Beugungsbild fokussiert ist, das auf Beugungsbildebene gebildet wird, und dann wird die Probe beobachtet, wobei die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist.

[0269] Als Folge kann eine Gesamteigenschaft einer Textur erfaßt werden, die bei der Beobachtung nur des optischen Bildes schwierig zu erkennen war, und es können Details einer Textur erkannt werden, die das Beugungsbild ergeben, die bei der Beobachtung nur des Beugungsbildes schwierig zu erkennen waren.

[0270] In noch einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Hell- und Dunkelfeld-Mikroskops mit konvergentem Strahl wird ein Raumfilter verwendet, um dort hindurch nur Licht einer erwünschten Region auf der Beugungsbildebene durchzulassen, und während die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, wird die Probe auf das durch den Raumfilter durchgelassene Licht beobachtet.

[0271] Der Raumfilter wird zur Beobachtung eines Hellfeldbildes der Probe verwendet, das auf dem ausgewählten gebeugten Licht beruht. Da das gebeugte Licht frei ausgewählt werden kann, können für dieselbe Probe verschiedene Hell- und Dunkelfeldbilder beobachtet werden, die dem erwünschten gebeugten Licht entsprechen. Als Folge kann die Textur der Probe detaillierter erkannt werden.

[0272] In noch einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Hell- und Dunkelfeld-Mikroskops mit konvergentem Strahl ist die Objektivlinse auf die Beugungsbildebene fokussiert, um das Beugungsbild der Probe zu beobachten, das auf der Beugungsbildebene durch das Beleuchtungslicht gebildet wird; und nachdem der Raumfilter so eingestellt ist, daß dort hindurch nur das Licht einer erwünschten Region des Beugungsbildes durchgelassen wird, wird die Objektivlinse auf die Probe fokussiert, um die Probe mit dem Licht zu beobachten, das durch den Raumfilter durchgelassen wird.

[0273] Da das gebeugte Licht, das zur Beobachtung verwendet wird, entsprechend des Beugungsbildes ausgewählt wird, kann erkannt werden, auf welchem gebeugten Licht das Hell- oder Dunkelfeldbild beruht. Als Folge kann die Textur der Probe detaillierter erkannt werden.

[0274] Vorzugsweise wird in den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels die Probe beobachtet, während die Position der Beugungsbildebene so eingestellt ist, daß die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, wenn sie nahe der Beugungsbildebene angeordnet ist. Das ergibt sich aus der Tatsache, daß das Bild am hellsten wird, ohne einen Verlust des gebeugten Lichts, wenn die Objektivlinse dort angeordnet ist, da die Beugungsbildebene eine Position ist, wo das Beleuchtungslicht konvergiert.

[0275] Indem entweder die Form des Raumfilters, dessen Position auf der Beugungsbildebene, oder der Winkel der optischen Achse des Beleuchtungslichts bezüglich der optischen Achse der Objektivlinse verändert wird, kann gebeugtes Licht ausgewählt werden, mit dem das optische Bild der Probe gebildet wird, das zu sehen ist.

[0276] Vorzugsweise wird in den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels die Probe beobachtet, wobei die Richtung des durch den Raumfilter durchgelassenen Lichts und die optische Achse der Objektivlinse im wesentlichen miteinander ausgerichtet sind. Obwohl die Lichtmenge durch den Raumfilter reduziert wird, kann ein helles Bild mit weniger Verzeichnung erhalten werden, wenn die beiden optischen Achsen im wesentlichen miteinander ausgerichtet sind.

[0277] Vorzugsweise ist in den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels die Größe des Beugungsbildes einstellbar, indem die Position des Konvergenzpunkts des Beleuchtungslichts in die Richtung der optischen Achse der Objektivlinse geändert wird. Wenn der Abstand größer wird, kann das Beugungsbild größer gemacht werden, wodurch das Beugungsbild detaillierter beobachtet werden kann.

[0278] In den Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops dieses Beispiels kann monochromatisches Licht als das Beleuchtungslicht verwendet werden. Wenn monochromatisches Licht verwendet wird, können Bilder erhalten werden, die zur Untersuchung einer Textur wichtig sind, die mit weißem Licht nicht erhältlich sind.

[0279] In einem Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops, das die Hell- und Dunkelfeld-Mikroskop-

vorrichtung dieses Beispiels verwendet, wird eine Probe beobachtet, während die Ebene der linearen Polarisation der linearen Polarisationsvorrichtung und die Ebene der linearen Polarisation des Analysators parallel oder senkrecht zueinander sind. Die Hell- und Dunkelfeldbilder können leicht dazwischen umgeschaltet werden, ohne Kondensoren zu verwenden.

[0280] In einem anderen Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops wird die Probe beobachtet, während die Ebene der linearen Polarisation des Analysators bezüglich der Ebene der linearen Polarisation der linearen Polarisationsvorrichtung kontinuierlich von einer parallelen Anordnung zu einer senkrechten Anordnung oder umgekehrt geändert wird. Bilder, die von einem vollständigen Dunkelfeldbild (im Bild ist direktes Licht vollständig abgeschirmt) zu einem vollständigen Hellfeldbild reichen (im Bild wird direktes Licht maximal durchgelassen), können kontinuierlich beobachtet werden.

[0281] Noch ein anderes Beobachtungsverfahren mittels eines Mikroskops ist geeignet für Polymermaterialien verwendbar. Für wichtige Texturen von Polymermaterialien können detaillierte Erkenntnisse erhalten werden, die mit Beobachtungsverfahren mittels eines herkömmlichen Mikroskops nicht erhältlich sind.

[0282] Während Beispiele der Probe in der vorliegenden Erfindung Polymermaterialien (z.B. Polymerfilme, wie Polyethylen und Polypropylen), biologische Materialien, Keramiken und Metalle umfassen, sind Polymerfilme dadurch die typischsten Zielmaterialien, daß ihre Texturen beobachtet werden können.

[0283] Da wie im Vorhergehenden ein konvergenter Strahl, der an einem Punkt vor der Objektivlinse konvergiert, als Beleuchtungslicht verwendet wird, können eine Probe und ihr Beugungsbild selektiv beobachtet werden, indem in der Hell- und Dunkelfeld-Mikroskopvorrichtung mit konvergentem Strahl und dem erfindungsgemäßen Kontrastmikroskopbeobachtungsverfahren, das diese verwendet, die Objektivlinse einfach in die Richtung der optischen Achse bewegt wird. Wenn der Raumfilter geeignet eingefügt oder bewegt wird, kann außerdem das optische Bild der Probe erhalten werden, das durch das erwünschte gebeugte Licht gebildet wird. Ferner können Bilder, die von einem Dunkelfeldbild zu einem Hellfeldbild reichen, kontinuierlich beobachtet werden, wenn die Anordnung der Ebenen der linearen Polarisation der linearen Polarisationsvorrichtung und des Analysators kontinuierlich von der, in der sich parallel zueinander sind, zu der, in der sie senkrecht zueinander sind, verändert werden. Daher können Texturinformationen und Orientierungsinformationen, die mit der herkömmlichen optischen Mikroskopvorrichtung nicht erhältlich waren, als ein optisches Bild oder Beugungsbild erhalten werden. Außerdem können Beziehungen zwischen winzigen Defekten/Fremdkörpern und großen Texturen, die mit der herkömmlichen optischen Mikroskopvorrichtung nicht erhältlich waren, genau erkannt werden.

[0284] Aus der so beschriebenen Erfindung wird offensichtlich sein, daß die Ausführungsformen der Erfindung auf viele Arten variiert werden können. Solche Variationen sind nicht als ein Verlassen des Rahmens der Erfindung zu betrachten, die in den Ansprüchen definiert ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beobachtung einer Probe (6) mittels einer optischen Mikroskopvorrichtung, die aufweist: eine Beleuchtungseinrichtung (3) zur Emission eines konvergenten Strahls als Beleuchtungslicht, der an einem Punkt (4) in einem Raum konvergiert; einen Probenaufspanntisch (5) zum Aufspannen einer Probe (6) vor dem Konvergenzpunkt des Beleuchtungslichts; eine Objektivlinse (10), die so angeordnet ist, daß das Beleuchtungslicht darauf trifft, nachdem das Licht, das durch die Probe durchgelassen oder reflektiert wird, einmal am Konvergenzpunkt (4) konvergiert, wobei die Objektivlinse geeignet ist, sowohl auf eine Beugungsbildebene (8) als auch auf die Probe fokussiert zu werden, wobei die Beugungsbildebene orthogonal zu einer optischen Achse des Beleuchtungslichts ist, die den Konvergenzpunkt enthält, wobei das Verfahren den Schritt des Einstellens der Position der Beugungsbildebene aufweist, so daß die Objektivlinse auf die Probe fokussiert ist, wenn sich die Objektivlinse nahe der Beugungsbildebene (8) befindet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ferner ein Raumfilter (9) an einer Position der Beugungsbildebene zum selektiven Sperren von direktem Beleuchtungslicht, das durch die Probe durchgelassen oder von dieser reflektiert wird, oder irgendwelcher durch die Probe gebeugten Beugungsstrahlen angeordnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Beleuchtungslicht monochromatisches Licht ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem ferner ein Polarisator (215) zwischen der Beleuchtungseinrichtung und dem Probenaufspanntisch, und ein Analysator (216) zwischen dem Probenaufspann-

tisch und einem Okular (**212**) angeordnet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Probenaufspanntisch um eine optische Achse des auftreffenden Lichts drehbar ist.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei der Polarisator oder der Analysator eine zirkulare Polarisationsvorrichtung ist, während der andere eine lineare Polarisationsvorrichtung ist.

7. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem ferner ein Phasenplättchen (**315**) an der Beugungsbildebene angeordnet wird, um die optische Phase des direkten Lichts, das an und nahe des Konvergenzpunkts auftrifft, oder des Lichts, das an der anderen Region auftrifft, zu verschieben.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Phasenplättchen bewirkt, daß das direkte Licht, das an und nahe des Konvergenzpunkts auftrifft, oder Licht, das an der anderen Region auftrifft, jeweilige optische Phasen aufweisen, die sich voneinander um etwa $\pi/2$ unterscheiden.

9. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei dem ferner eine lineare Polarisationsvorrichtung (**415**) an der Beugungsbildebene und ein linearer Polarisationsanalysator (**416**) zwischen der Beugungsbildebene und einem Okular (**412**) so angeordnet wird, daß er um eine optische Achse des auftreffenden Lichts zum Linearpolarisieren des direkten Lichts drehbar ist, das an und nahe des Konvergenzpunkts auftrifft.

Es folgen 38 Blatt Zeichnungen

Fig.1

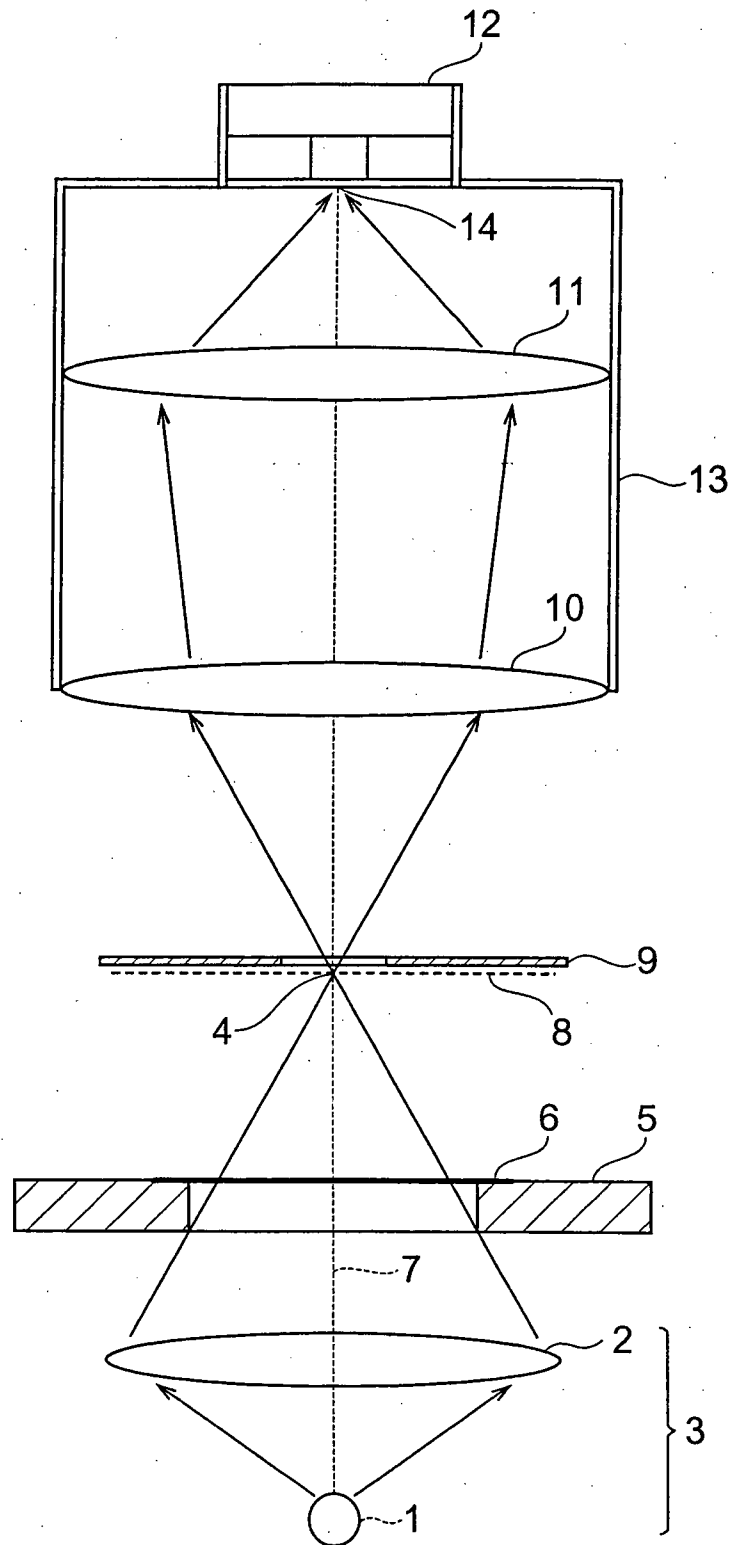


Fig.2

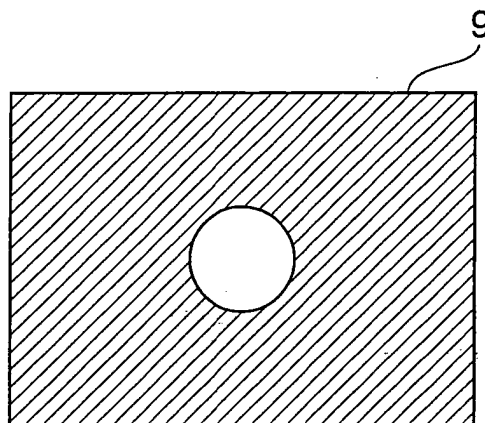


Fig.3

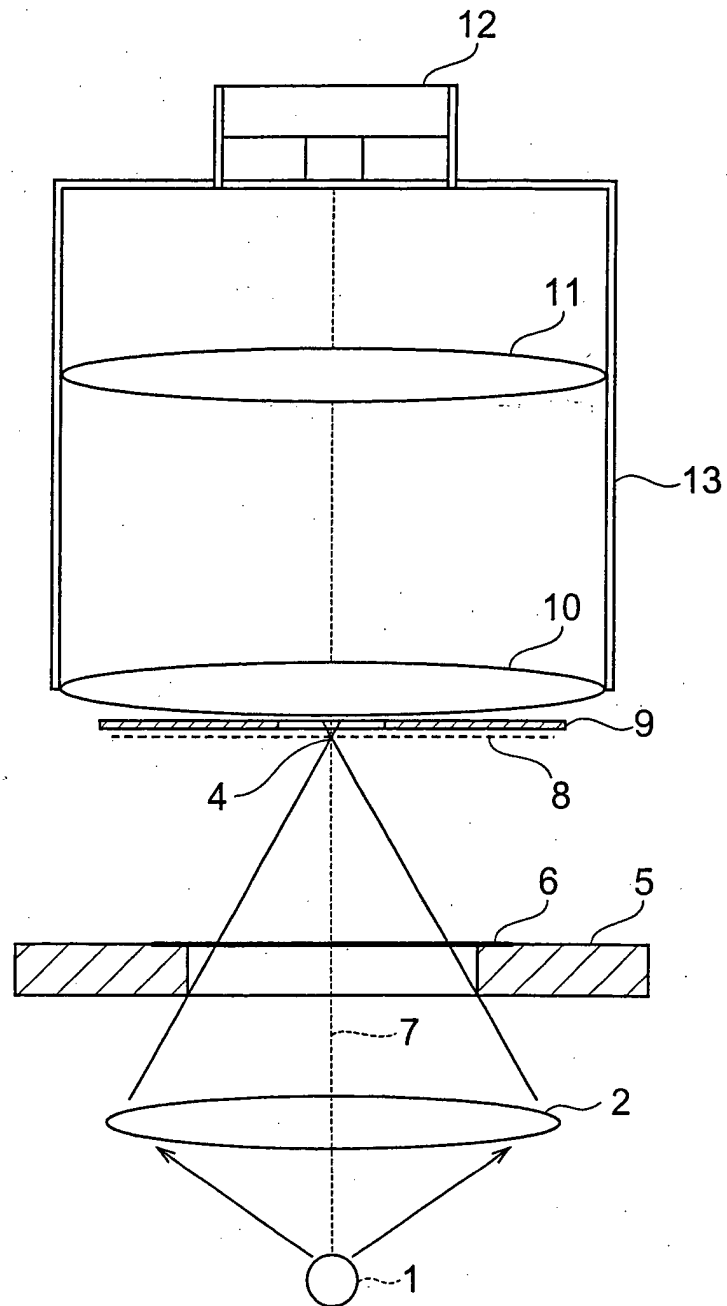


Fig.4

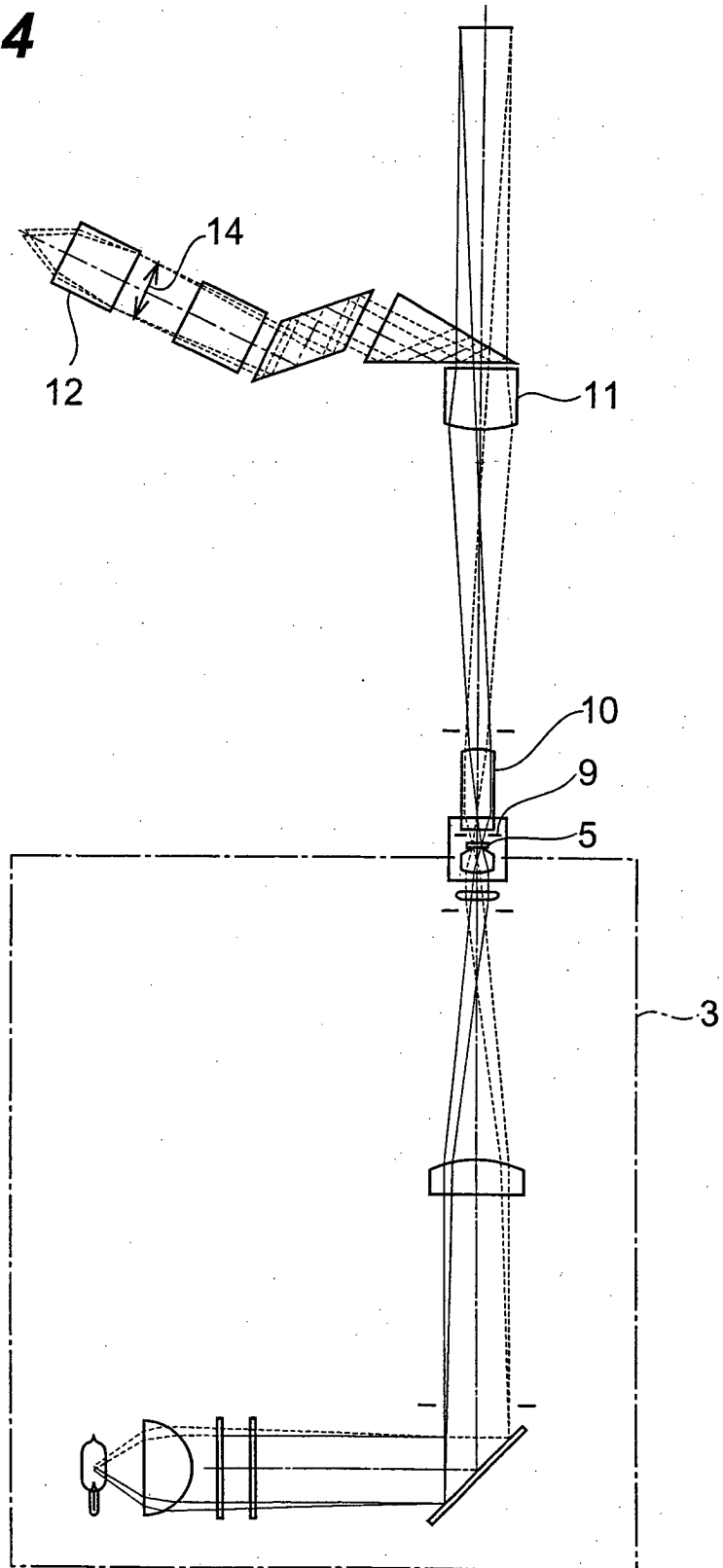


Fig.5

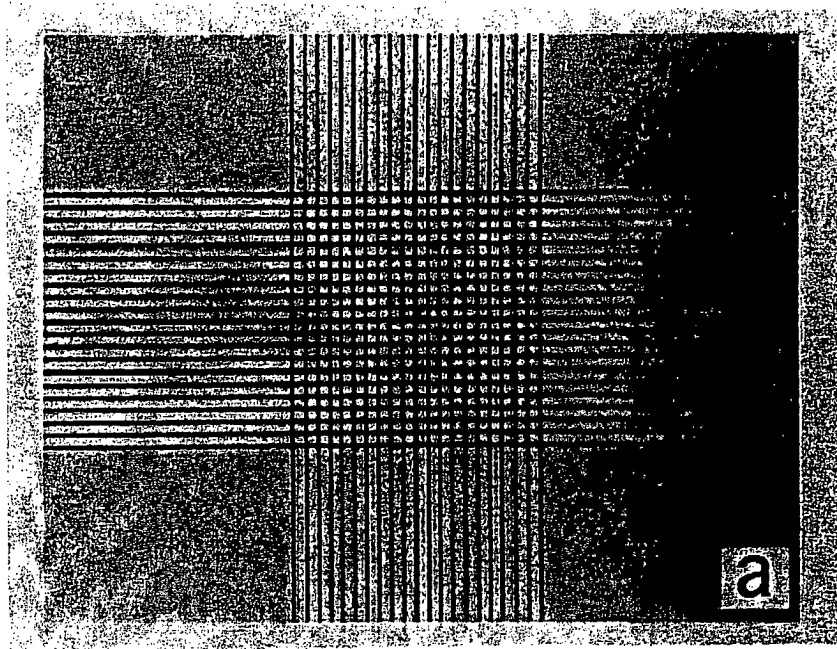


Fig.6

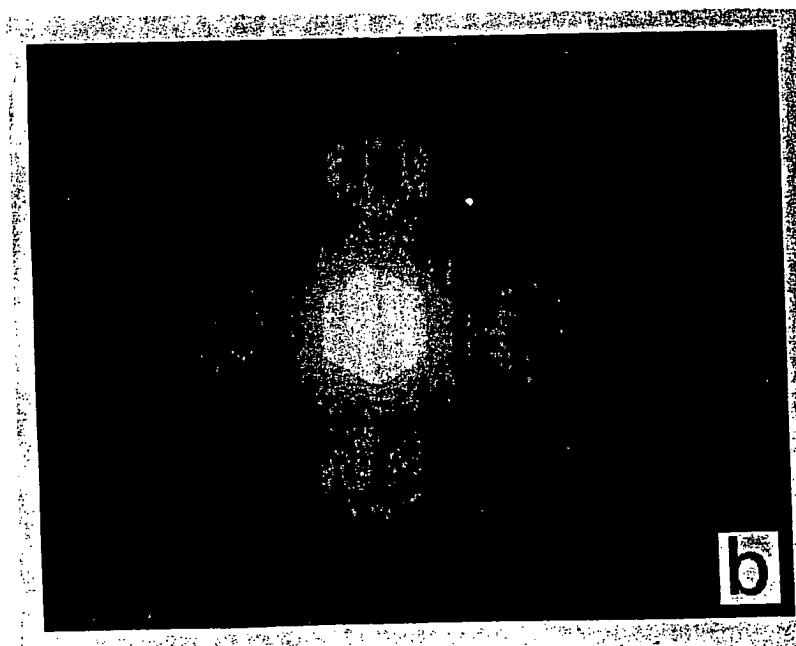


Fig.7

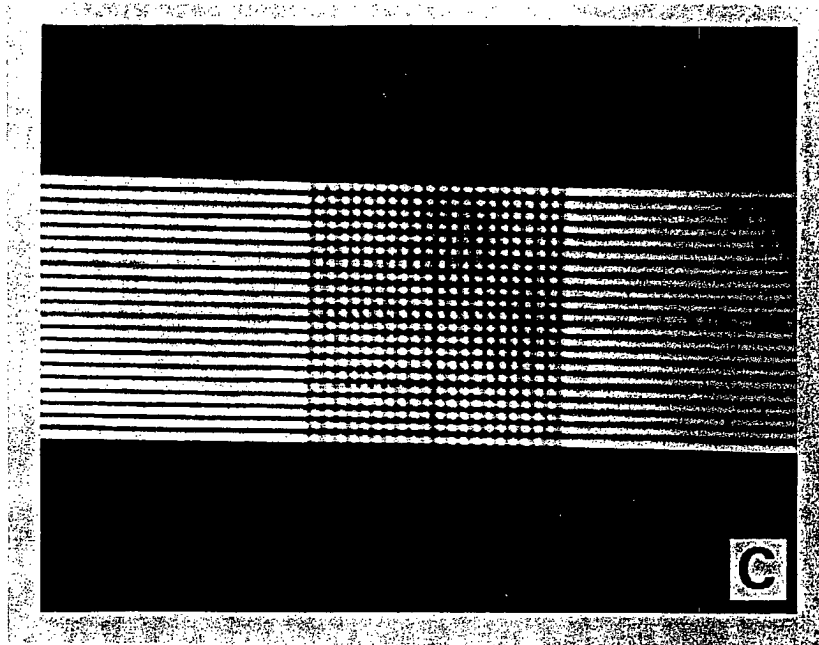


Fig.8

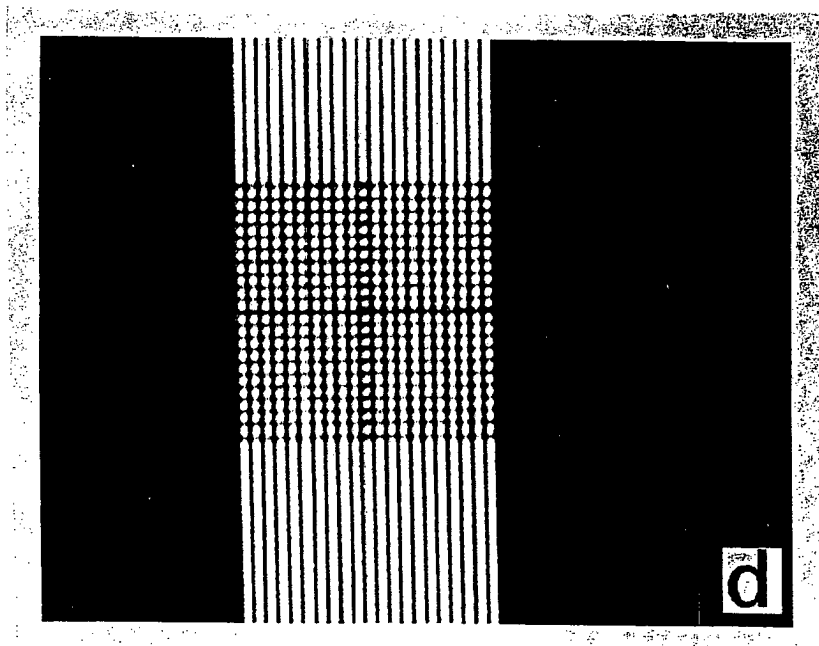


Fig.9

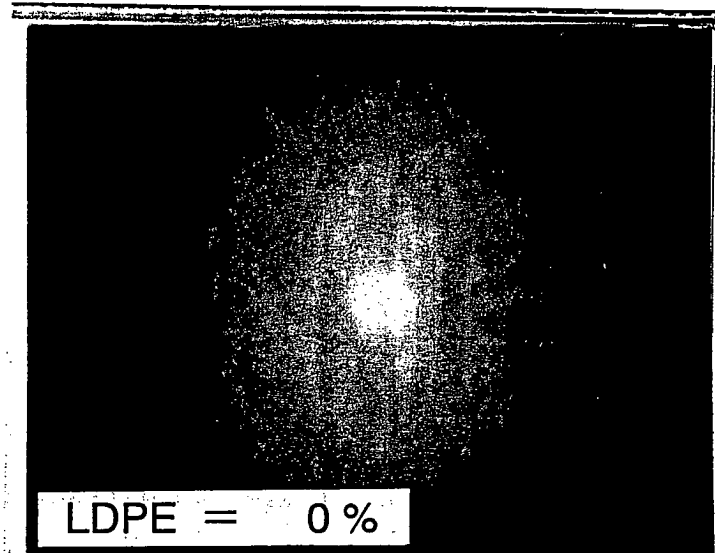


Fig.10

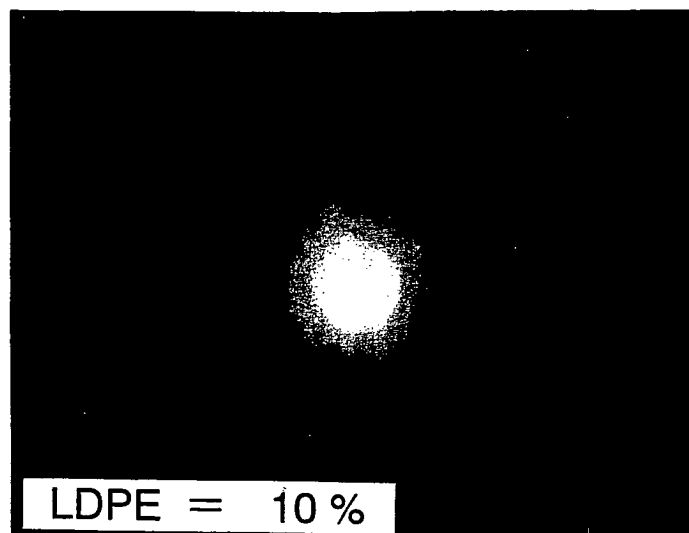


Fig.11

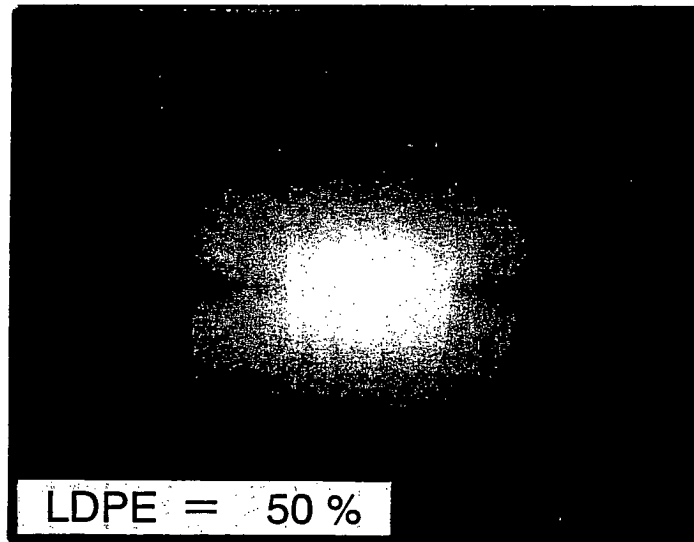


Fig.12

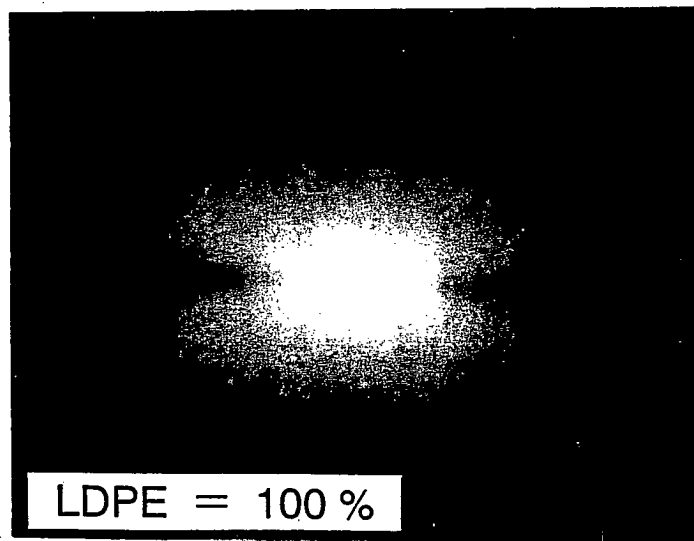


Fig.13

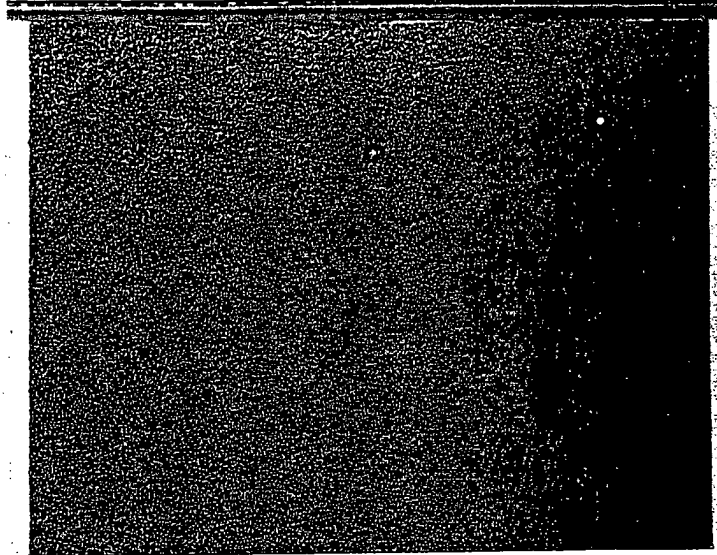


Fig.14

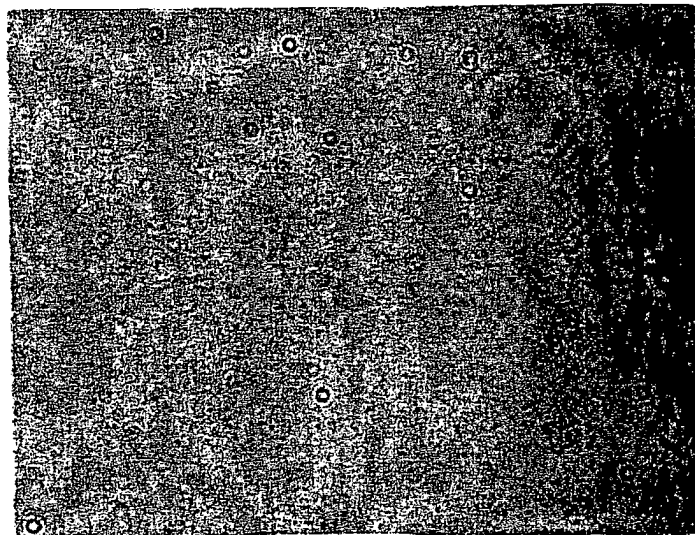


Fig.15

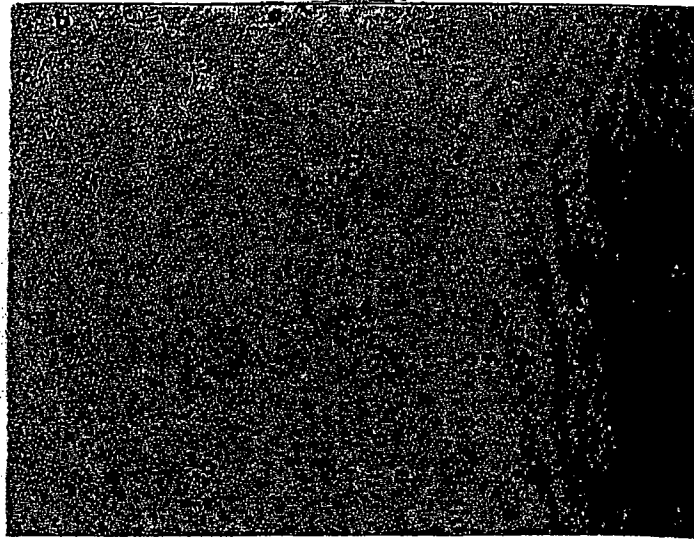


Fig.16

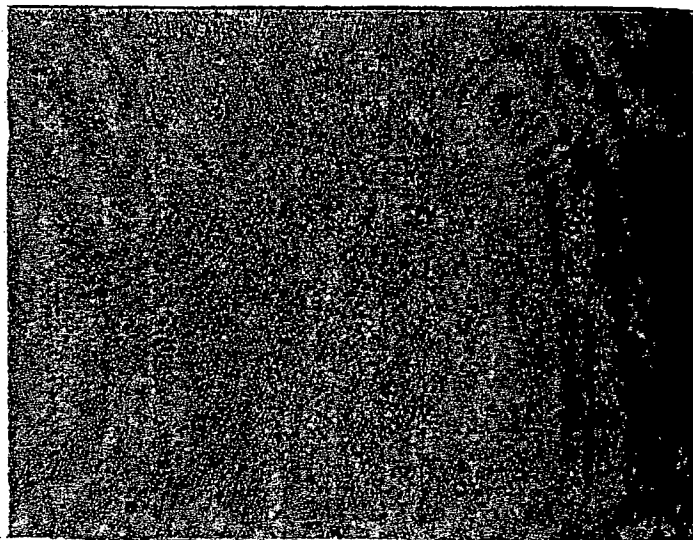


Fig.17

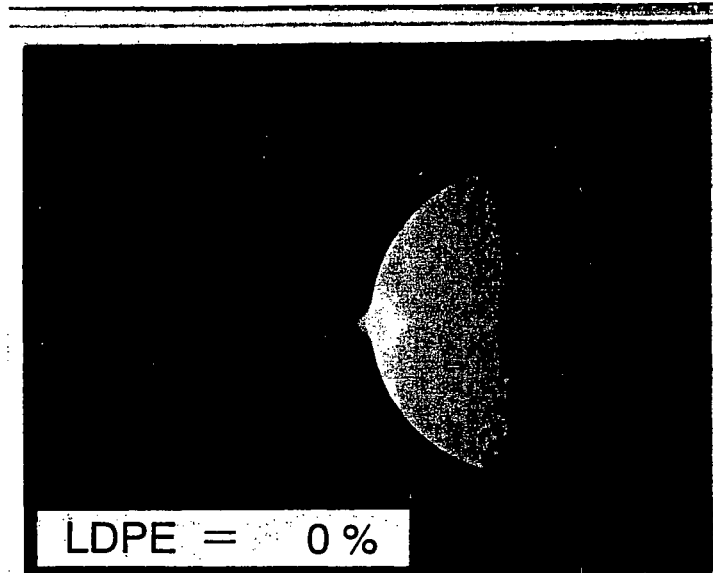


Fig.18

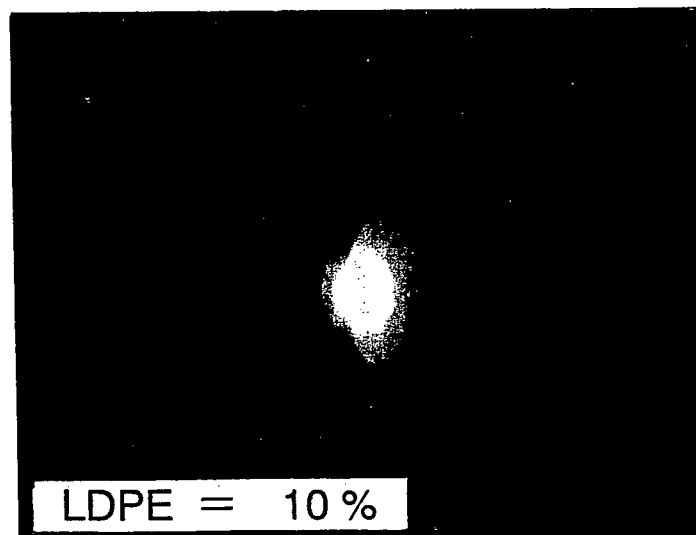


Fig.19

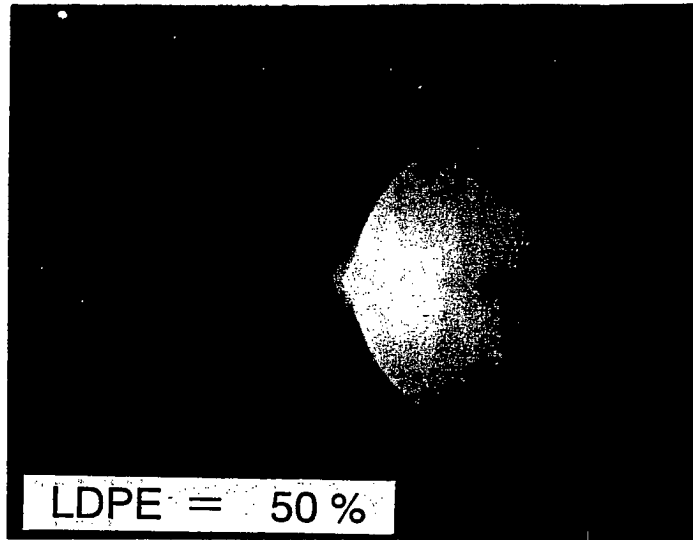


Fig.20

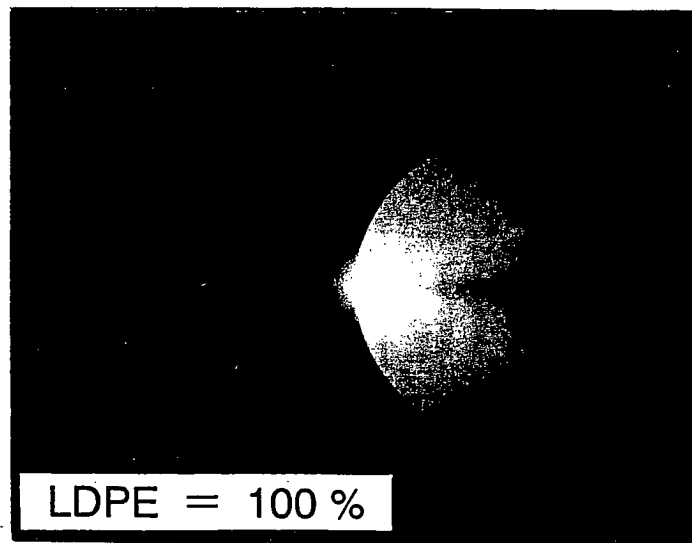


Fig.21

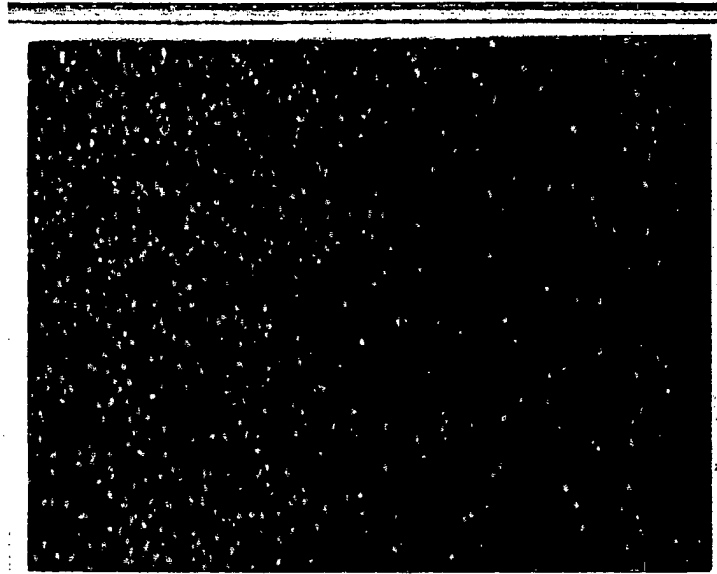


Fig.22

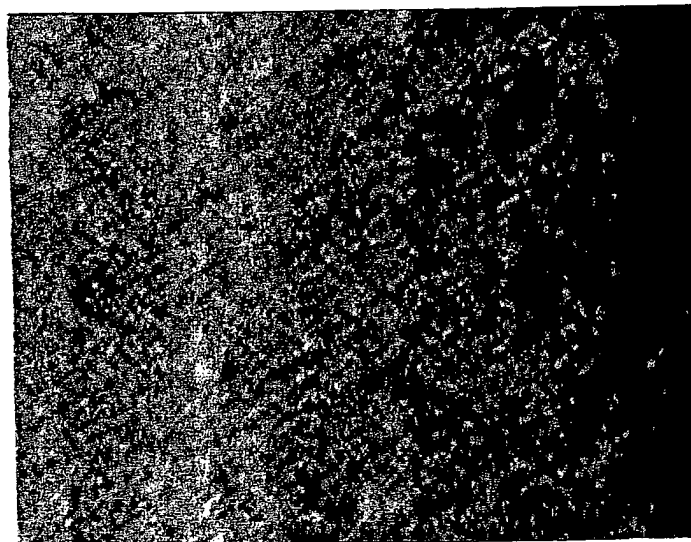


Fig.23

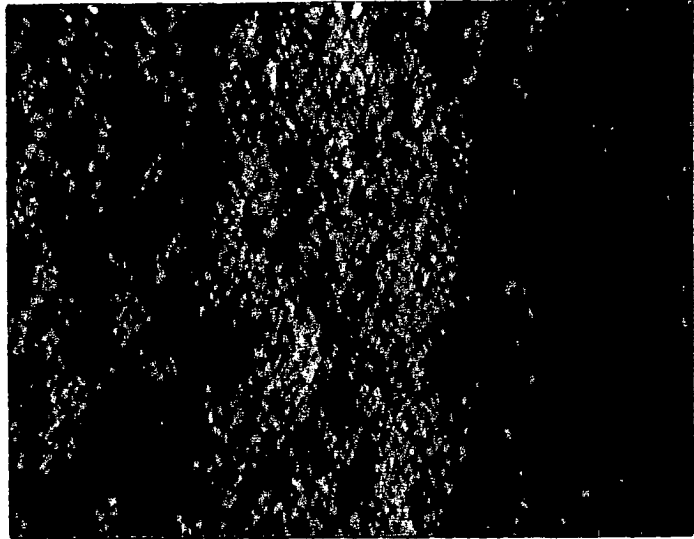


Fig.24

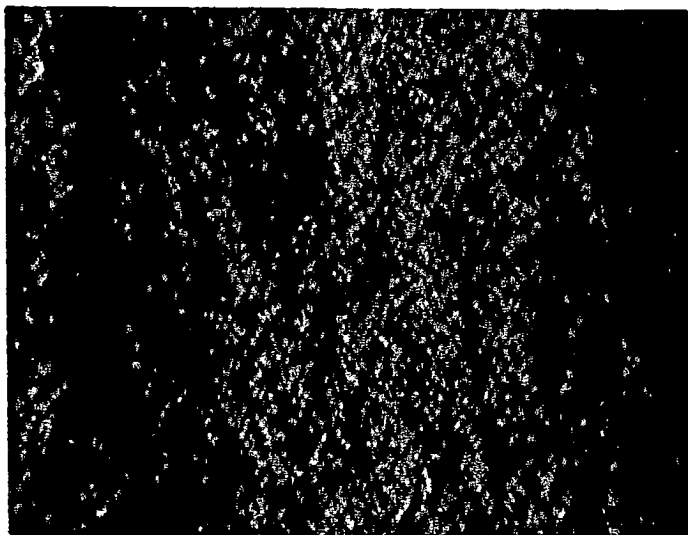


Fig.25

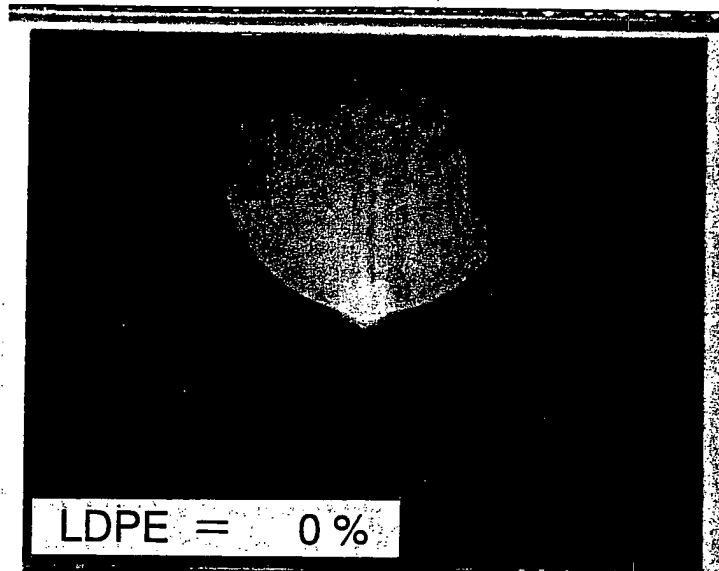


Fig.26

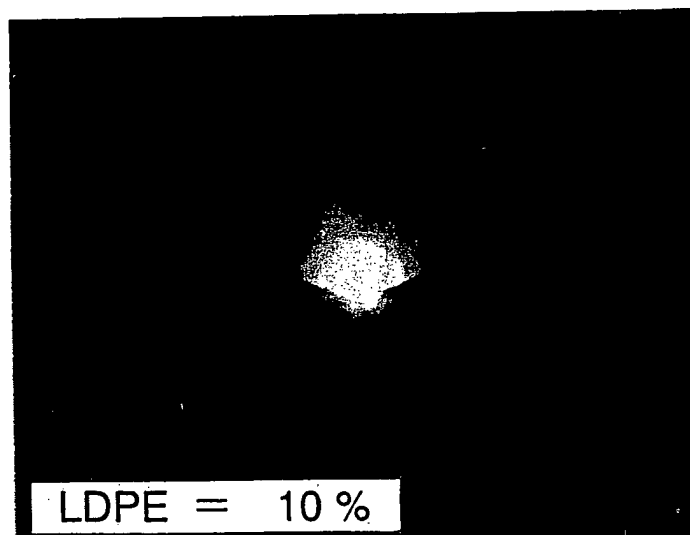


Fig.27

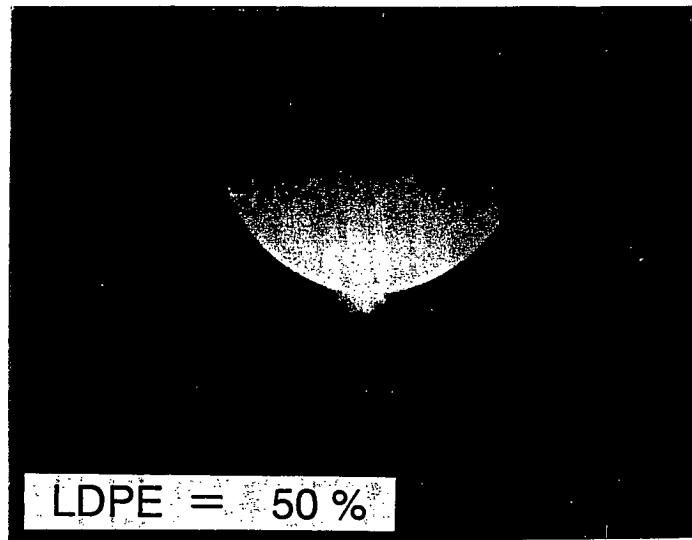


Fig.28

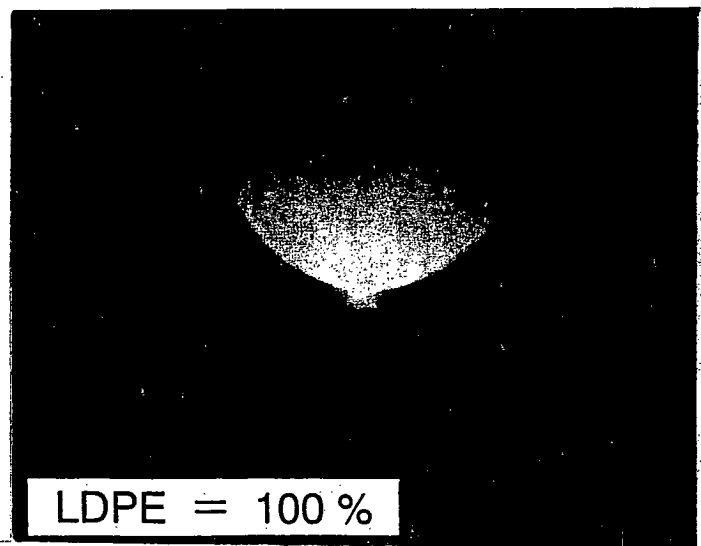


Fig.29

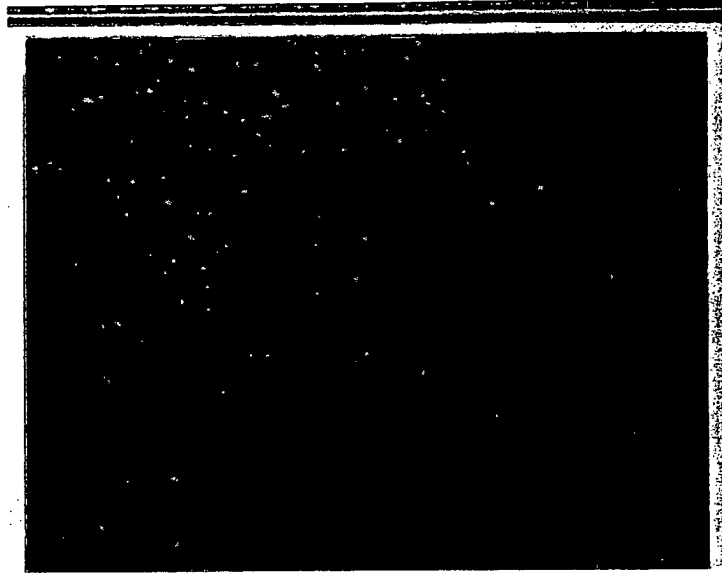


Fig.30

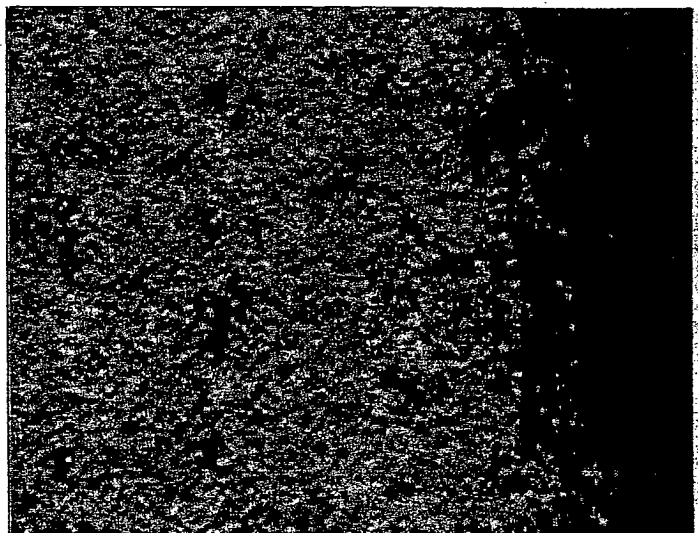


Fig.31

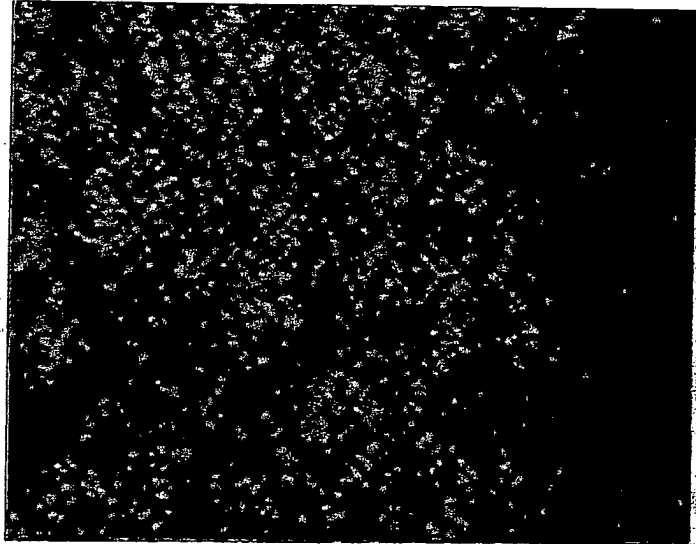


Fig.32

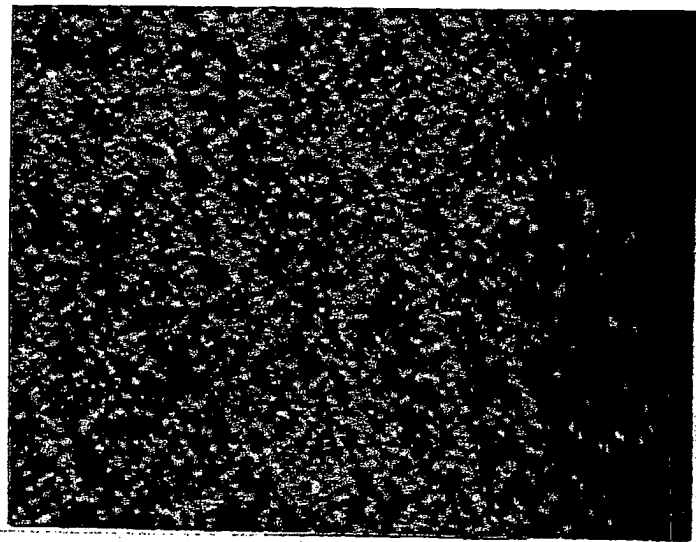


Fig.33

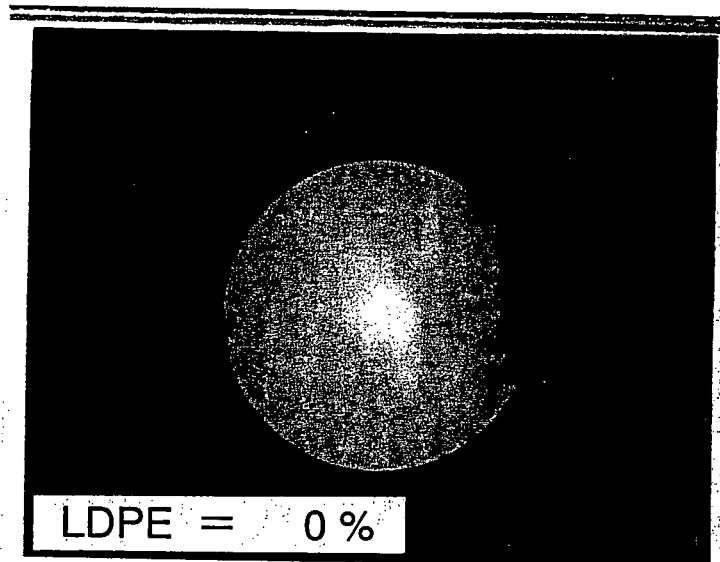


Fig.34

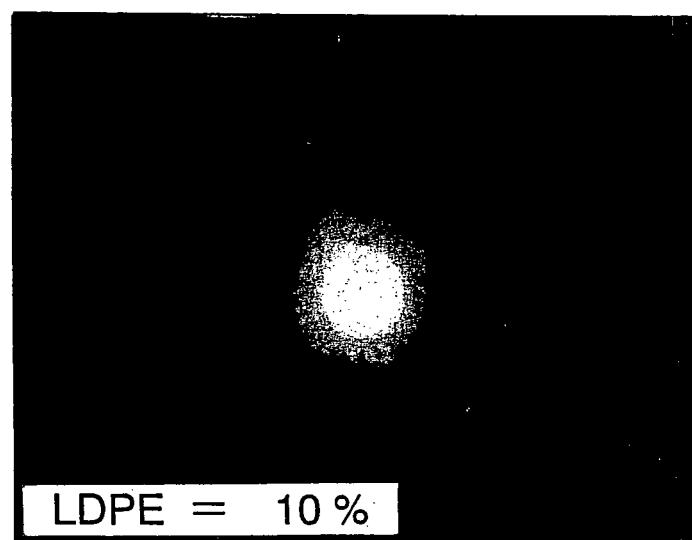


Fig.35

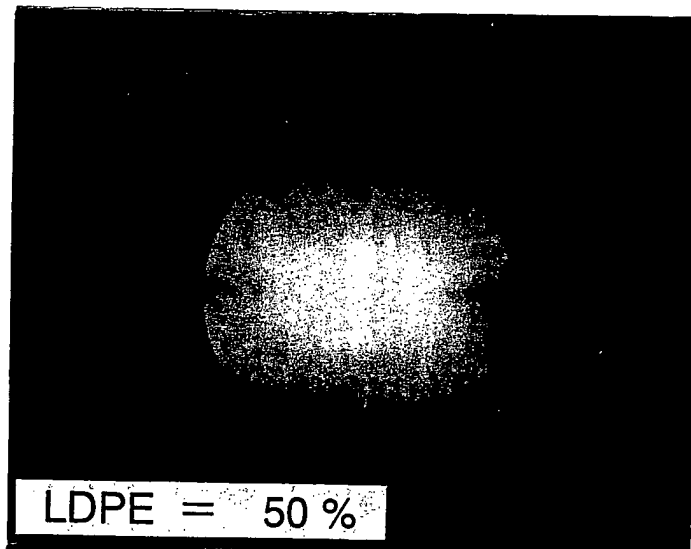


Fig.36

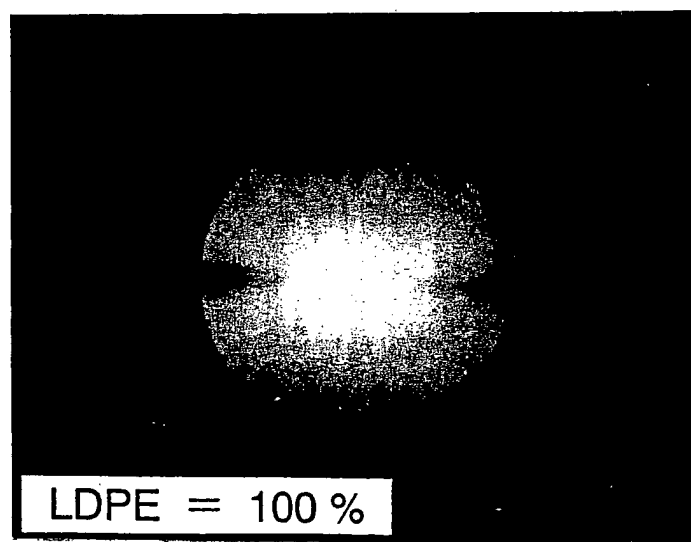


Fig.37

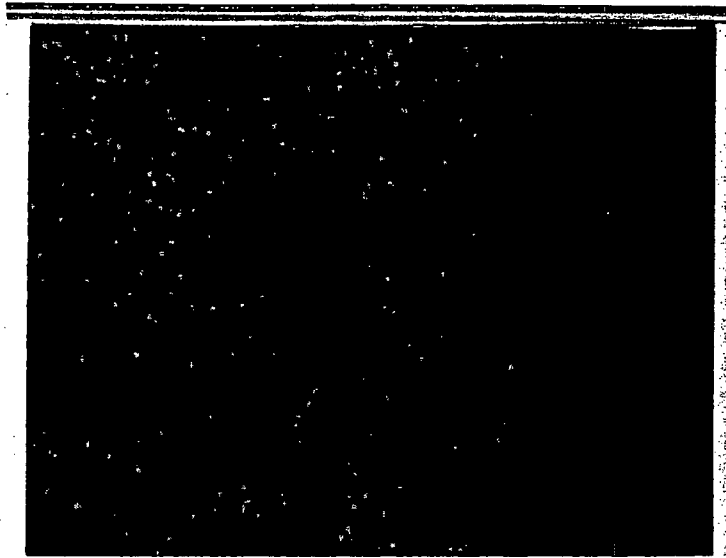


Fig.38

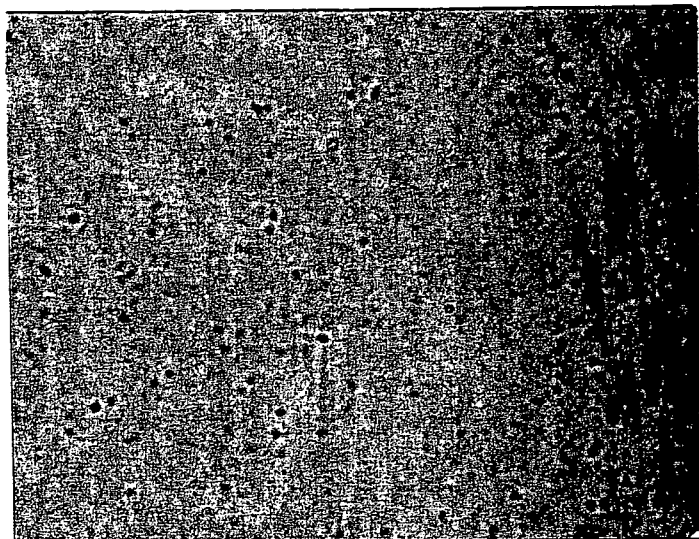


Fig.39

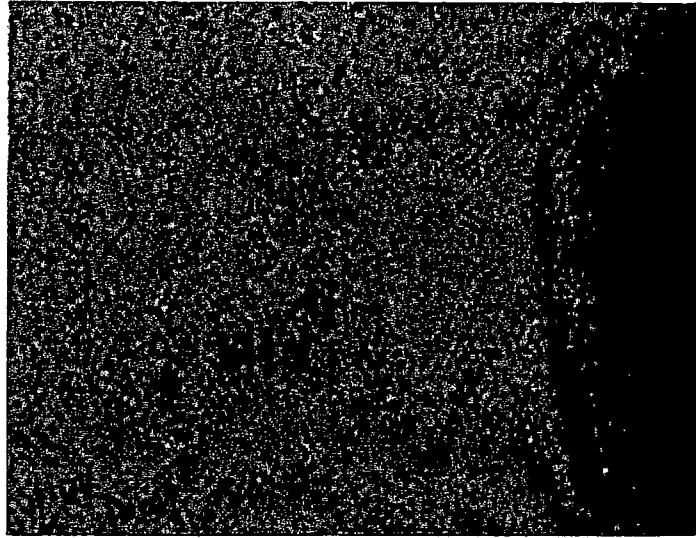


Fig.40

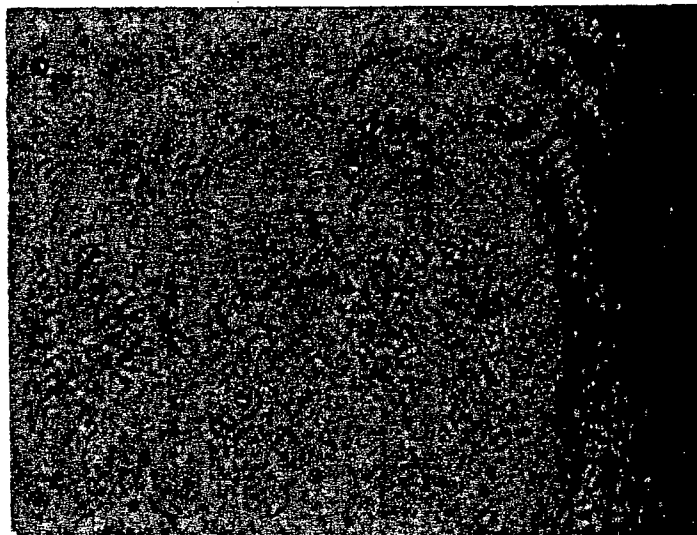


Fig.41

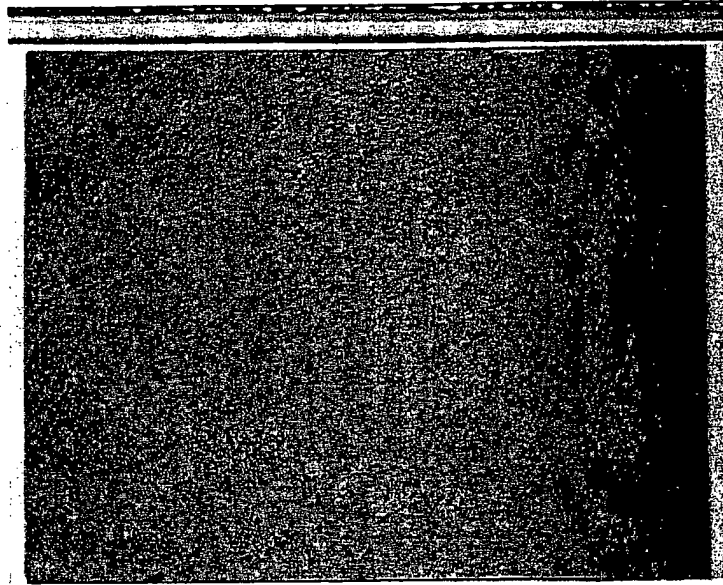


Fig.42

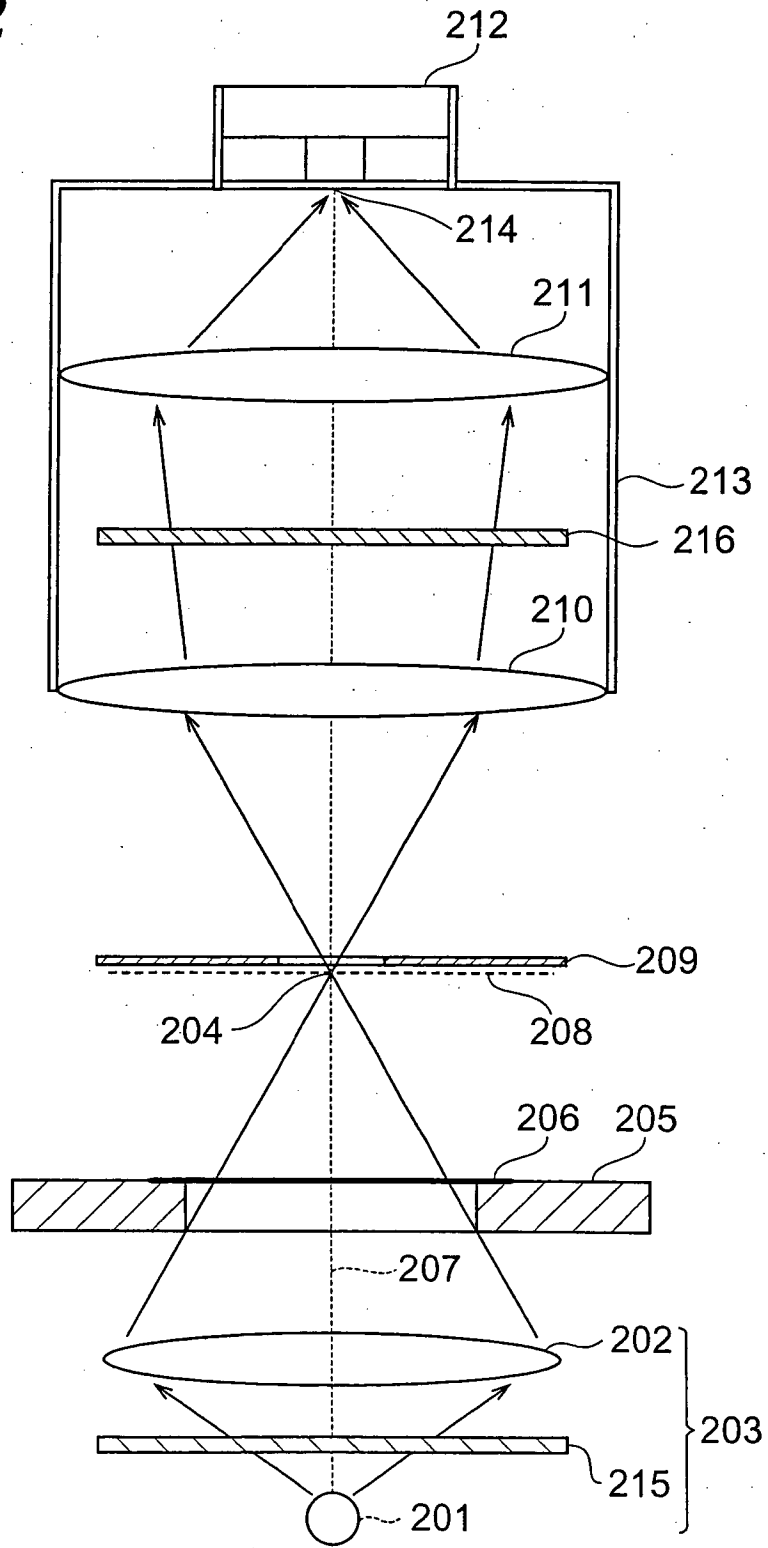


Fig.43

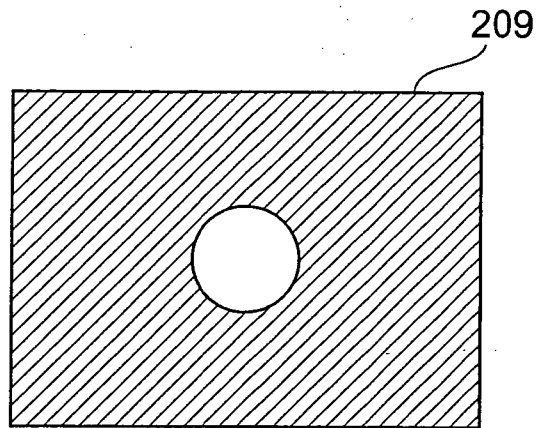


Fig.44

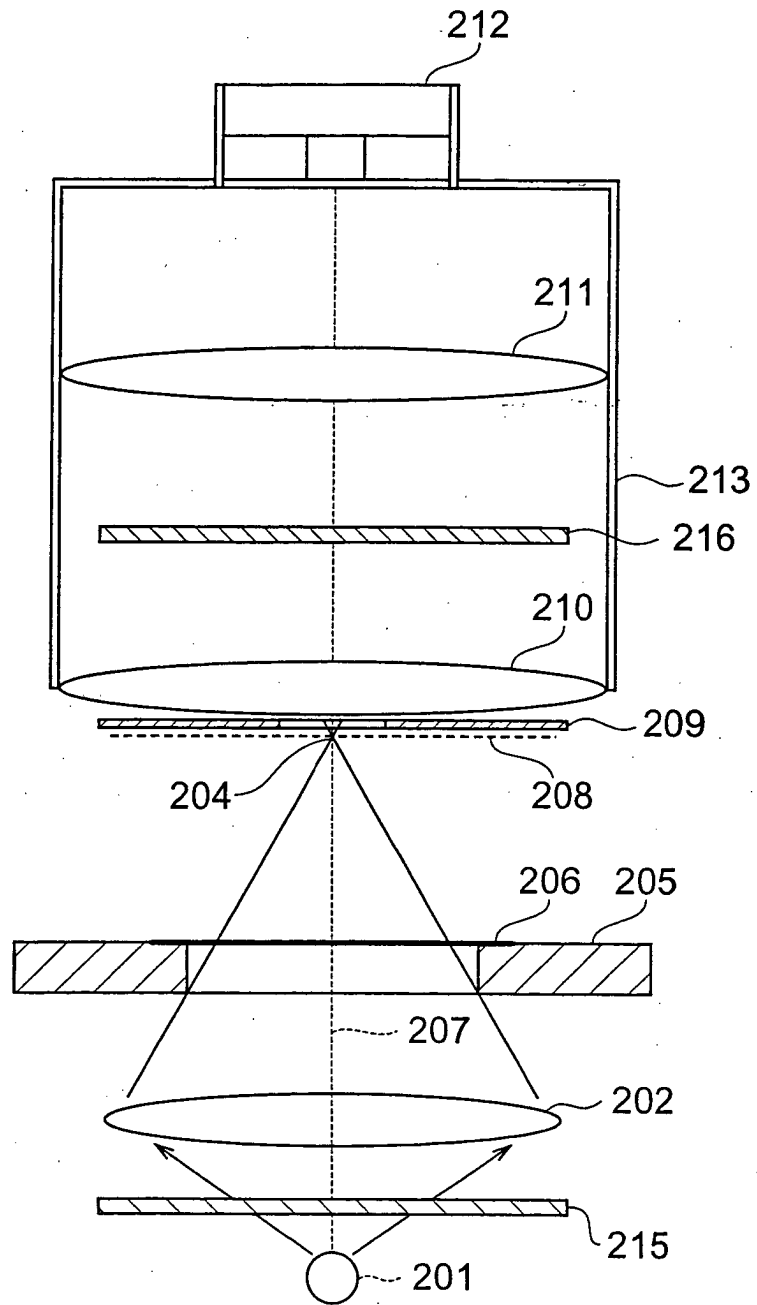


Fig.45

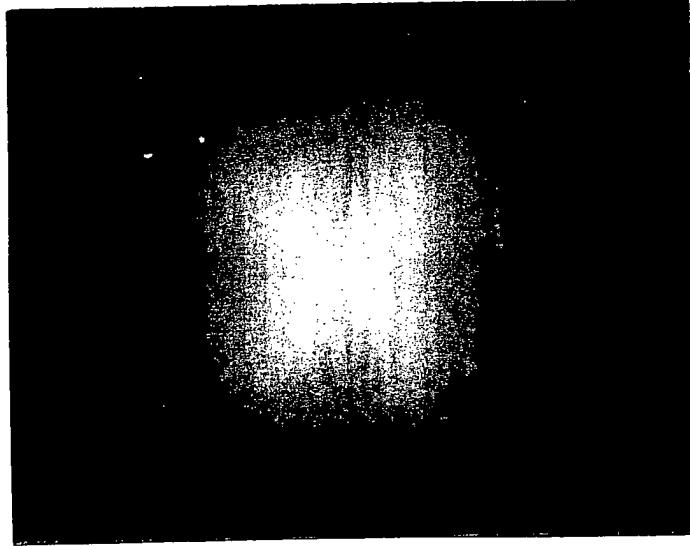


Fig.46

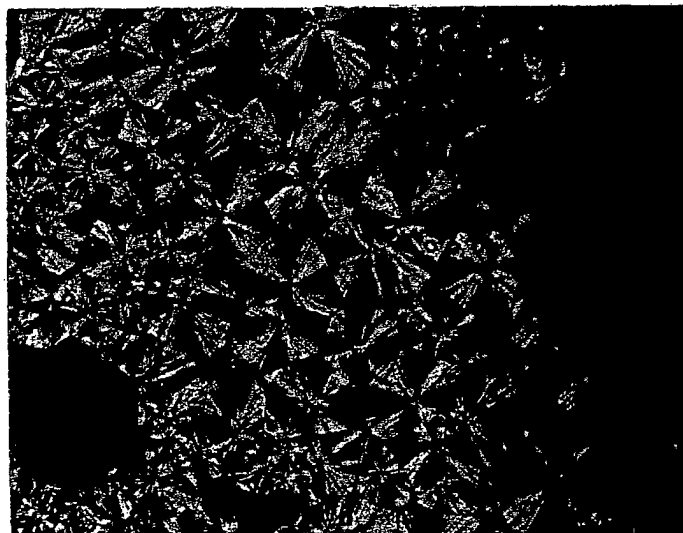


Fig.47

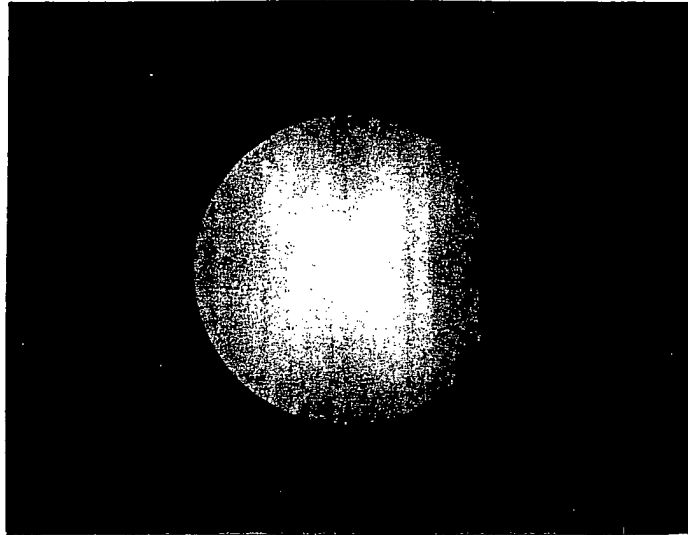


Fig.48

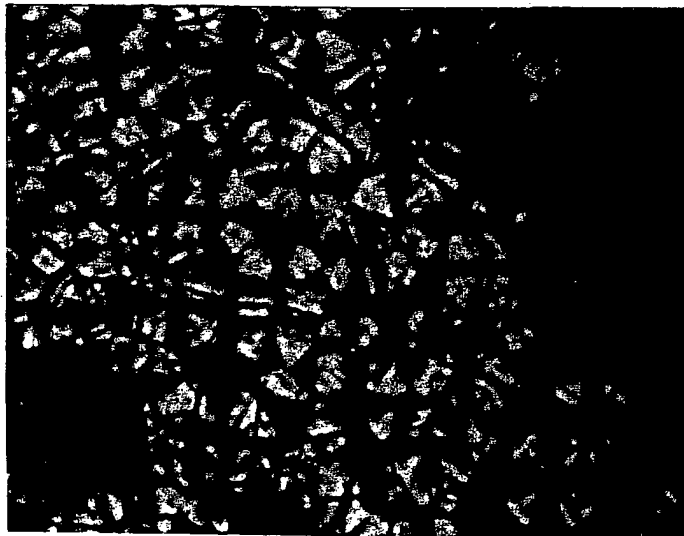


Fig.49

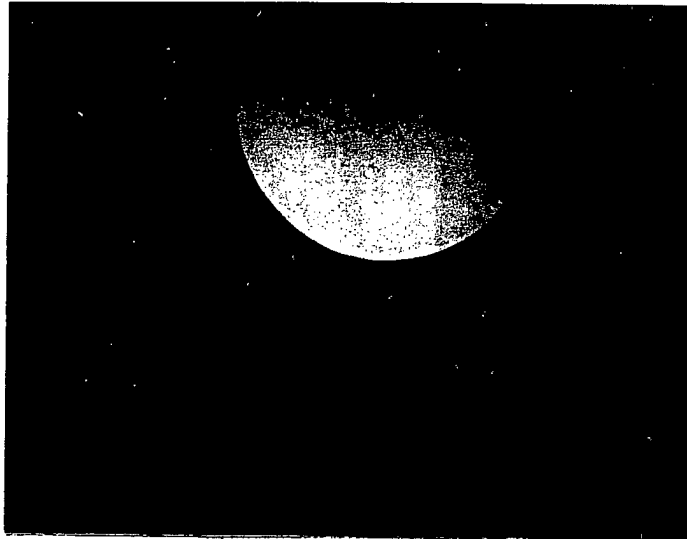


Fig.50

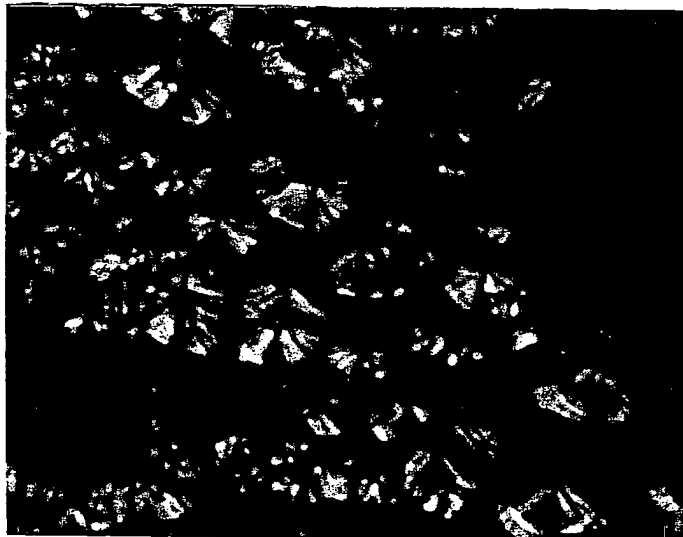


Fig.51

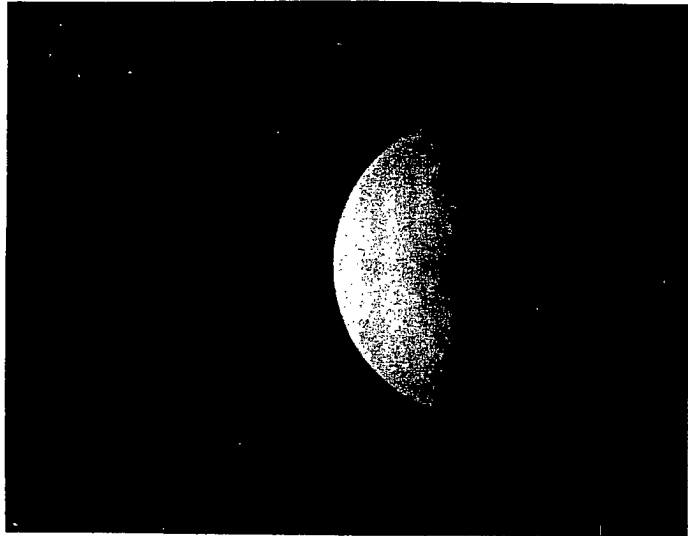


Fig.52

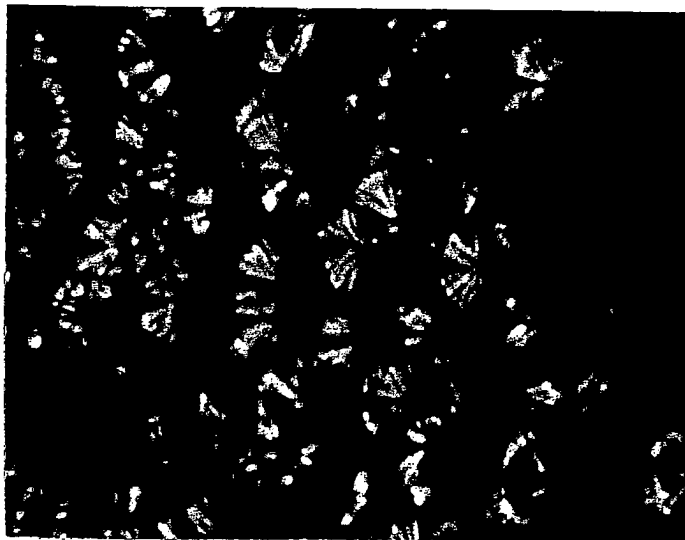


Fig.53

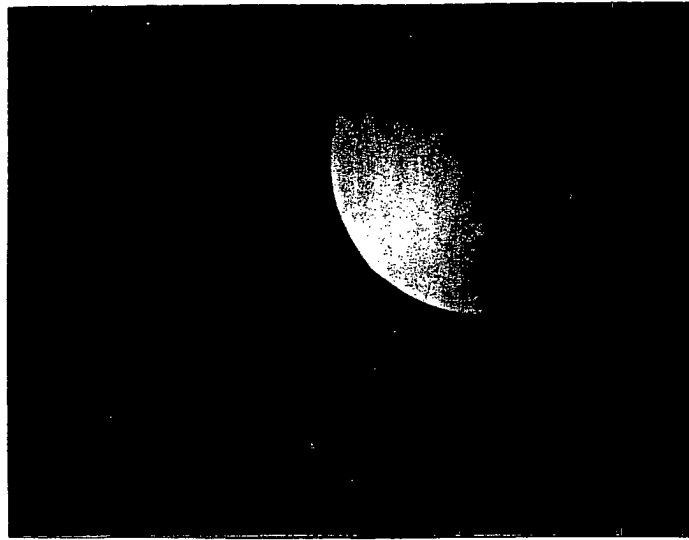


Fig.54

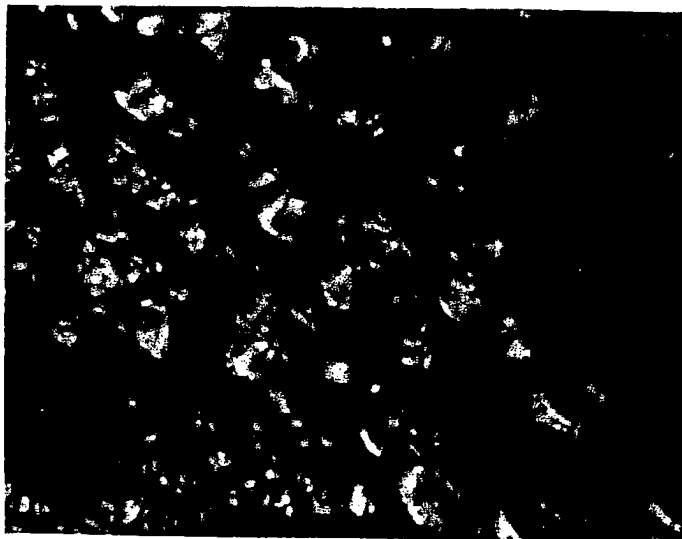


Fig.55

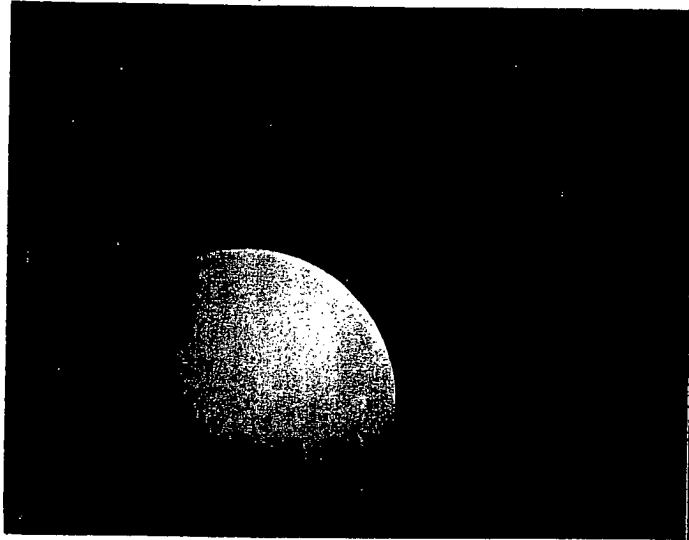


Fig.56

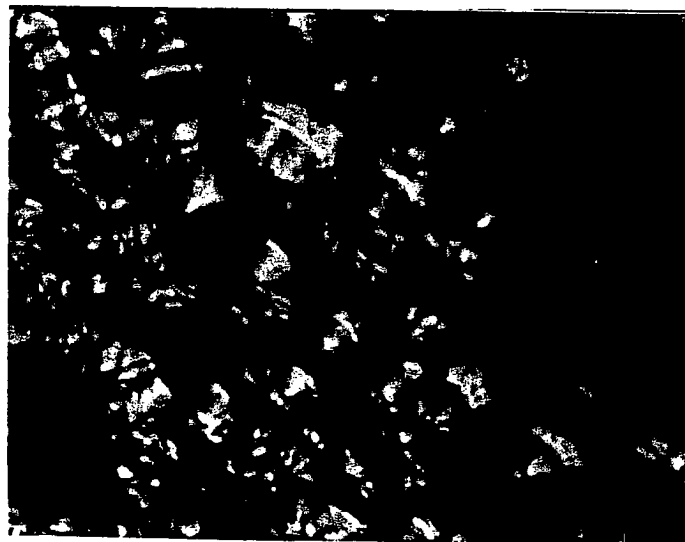


Fig.57

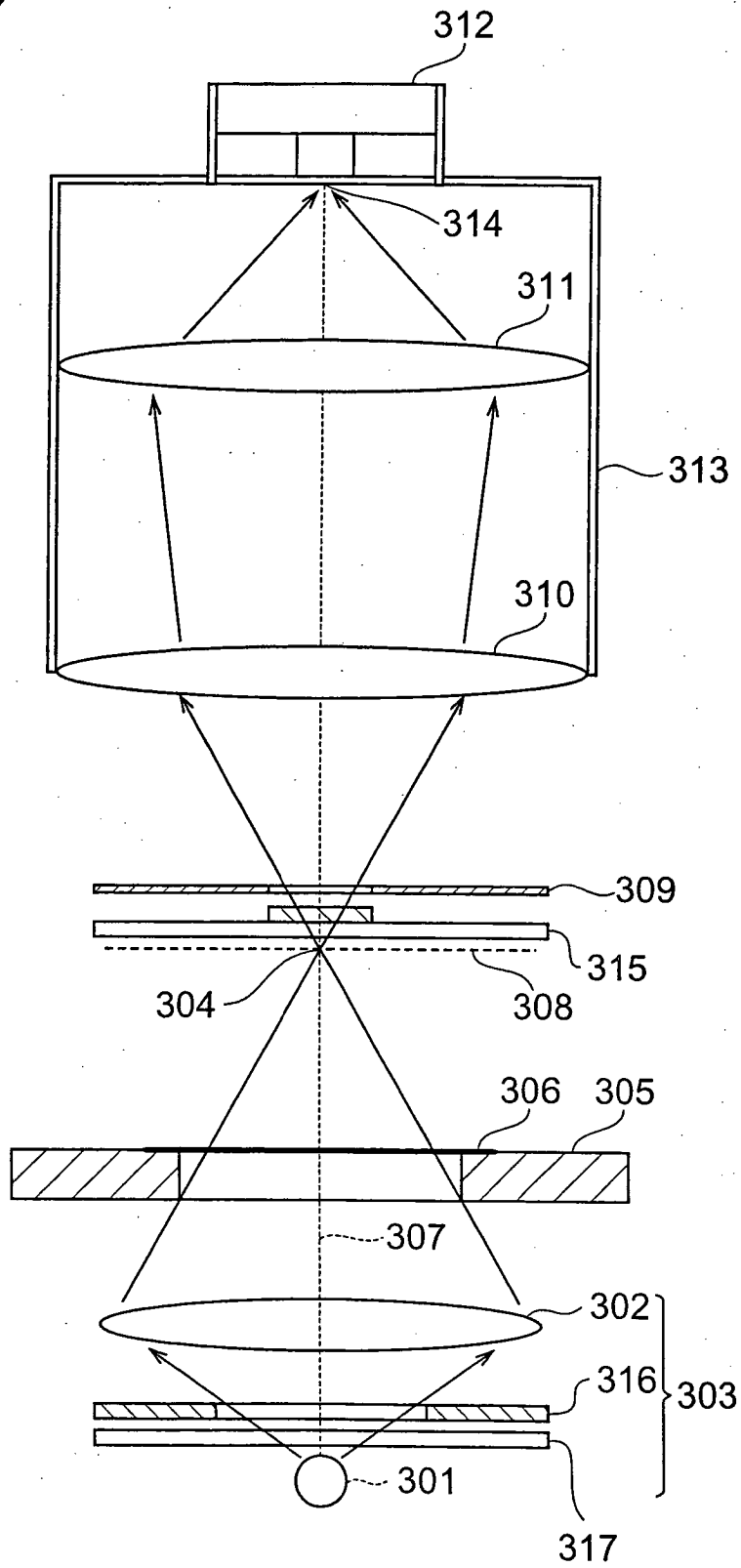


Fig.58

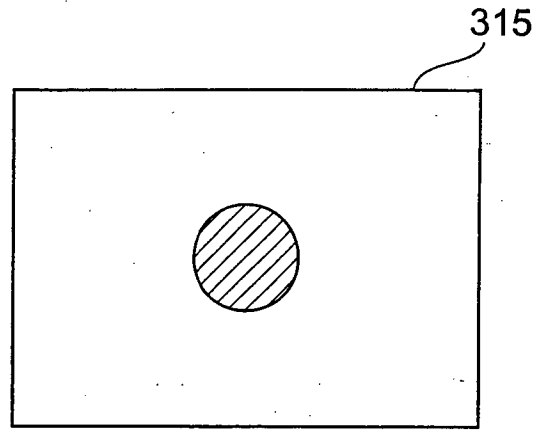


Fig.59

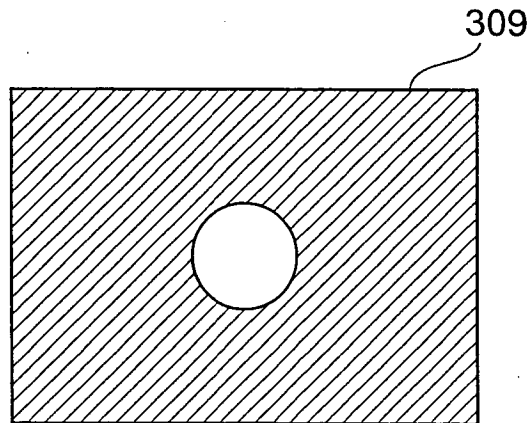


Fig.60

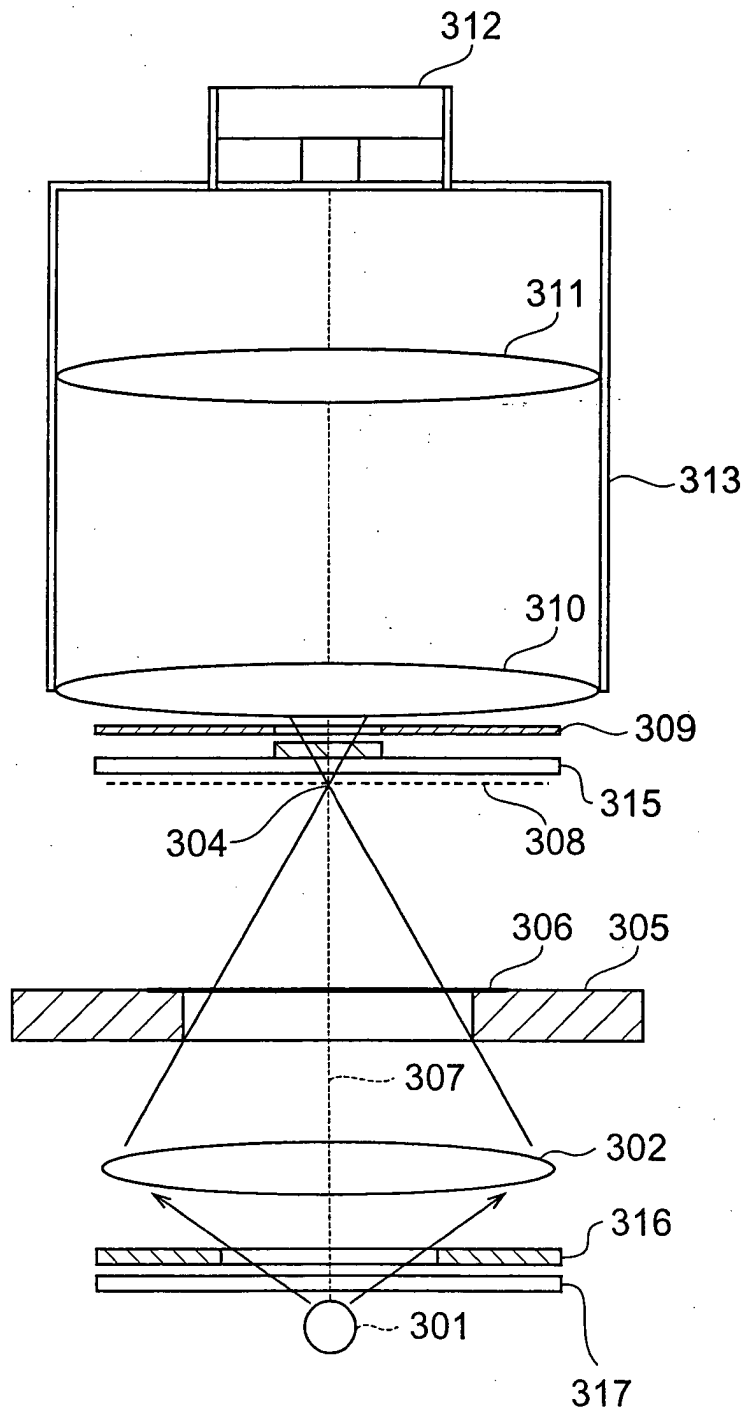


Fig.61

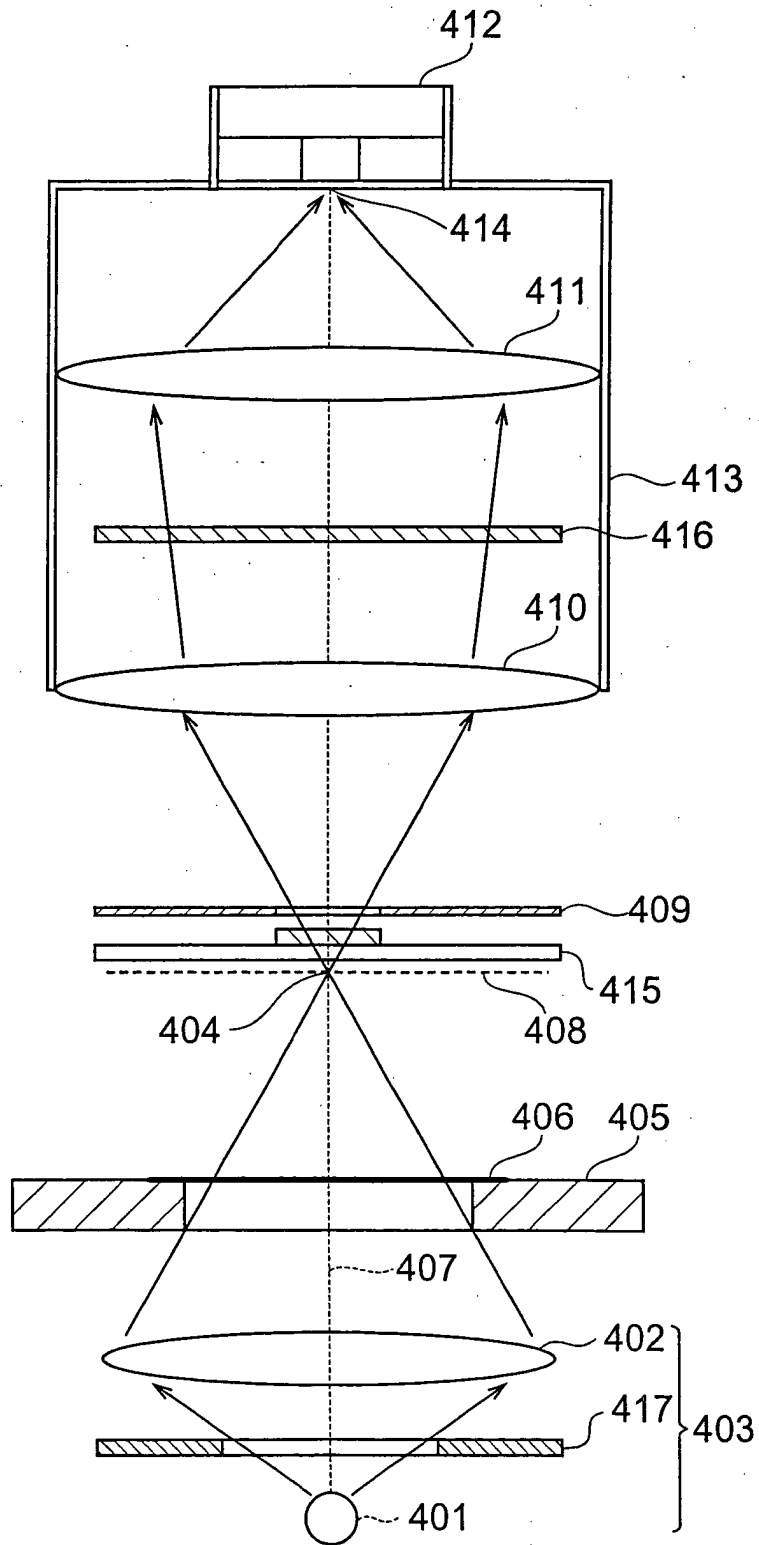


Fig.62

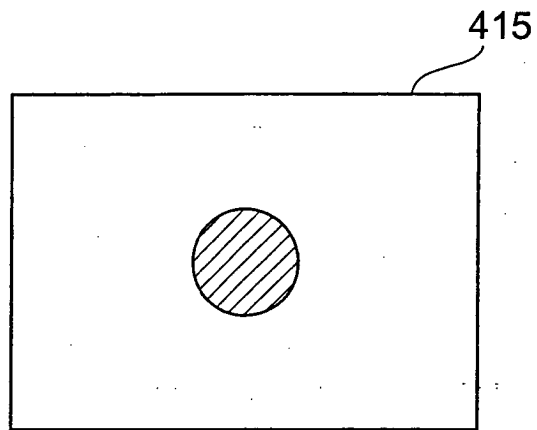


Fig.63

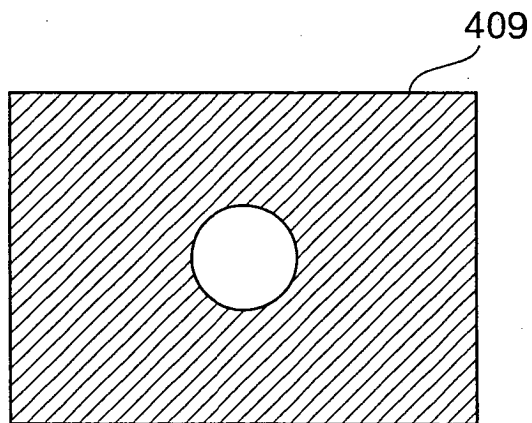


Fig.64

