

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5414523号
(P5414523)

(45) 発行日 平成26年2月12日(2014.2.12)

(24) 登録日 平成25年11月22日(2013.11.22)

(51) Int.Cl.

G02B 27/28 (2006.01)

F 1

G O 2 B 27/28

Z

請求項の数 7 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2009-532913 (P2009-532913)
 (86) (22) 出願日 平成19年10月19日 (2007.10.19)
 (65) 公表番号 特表2010-507125 (P2010-507125A)
 (43) 公表日 平成22年3月4日 (2010.3.4)
 (86) 國際出願番号 PCT/IB2007/004201
 (87) 國際公開番号 WO2008/047245
 (87) 國際公開日 平成20年4月24日 (2008.4.24)
 審査請求日 平成22年10月13日 (2010.10.13)
 (31) 優先権主張番号 60/862,214
 (32) 優先日 平成18年10月20日 (2006.10.20)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 513092039
 バイオアキシアル エスエーワークス
 フランス国 F-75010, リュ テ
 パラディ 40
 (74) 代理人 100180781
 弁理士 安達 友和
 (72) 発明者 シラート, ガブリエル, ワイ.
 イスラエル国 レホボット 76472,
 ベンツィオン 27
 審査官 吉田 英一

(56) 参考文献 國際公開第2007/013648 (WO, A1)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内部円錐回折に基づく光学装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の円偏光を提供するように構成された円偏光子と；
 前記円偏光子の後に配置された2軸結晶と；
 前記2軸結晶の後に配置された円検光子であって、前記第1の円偏光によって提供される偏光特性とは逆の偏光特性を有する第2の円偏光を提供するように構成された円検光子と；を具える光学装置であって、

幾何学的な軸が、前記円偏光子、前記2軸結晶および前記円検光子を通って横切るとともに、前記2軸結晶の光学軸が前記幾何学的な軸に沿って存在することを特徴とする光学装置。

10

【請求項2】

投影すべき対象物からの光を受け取るように構成された映写レンズと；
 前記映写レンズからの光を受け取るように構成された結像レンズと；
 前記結像レンズにより結像された光を受け取るように構成された光学検波器と；
 前記結像レンズと前記光学検波器との間に設けられた、請求項1に記載の光学装置と；
 を具えることを特徴とする光学システム。

【請求項3】

請求項1または2に記載の光学システムにおいて、前記2軸結晶が、KTP、KTA、LBO、MDT、YCOB、LiInS₂、LiInSe₂、有機POM、または有機NPPのいずれか一つであることを特徴とする光学システム。

20

【請求項 4】

未知の対象物の少なくとも一の特徴を画像化する方法において：

 入力光に第1の円偏光を提供するように構成した円偏光子を提供する工程と；

 前記円偏光子の後に2軸結晶を提供する工程と；

 前記円偏光子と前記2軸結晶を通って未知の対象物から未偏光の、部分的にコヒーレントな光を入力する工程と；

 前記2軸結晶の後に円検光子を提供し、当該円検光子が前記第1の偏光によって提供される偏光特性とは逆の偏光特性を有する第2の円偏光を提供するように構成された円検光子を提供する工程と；

 を具え、

10

 幾何学的な軸が前記2軸結晶および前記円検光子を通って横切り、

 前記2軸結晶の光学軸が前記幾何学的軸に沿って存在し、

 初期配光が検出器上に光学システムによって結像され、

 前記2軸結晶内へ入力する前に、前記2軸結晶が2軸結晶の平均インデックスとほぼ同じインデックスを有する等方性の材料によって置き換えられたとしたら、画像が前記検出器に位置しているようにし、

 前記検出器を有する前記円検光子の後の平面における光の強度分布を検知し、

 前記平面が前記幾何学的軸とほぼ直交しており、

 前記少なくとも一の検知した強度分布から未知の対象物の特徴を画像化する工程と；

 前記未知の対象物の画像化した特徴を出力する工程と；

 を具えることを特徴とする方法。

20

【請求項 5】

方位角方向に偏光した、又は放射方向に偏光した光学アプリケーション用照明源を作る方法において：

 第1の偏光ビームスプリッタを提供する工程と；

 前記第1のビームスプリッタの後に第1の1/4波長板を提供する工程と；

 前記第1の1/4波長板の後に2軸結晶を提供する工程と；

 前記2軸結晶の後に第2の1/4波長板を提供する工程と；

 前記第2の1/4波長板の後に第2の偏光ビームスプリッタを提供する工程と；を具え、

30

 幾何学的な軸が前記第1の1/4波長板、前記2軸結晶、及び前記第2の1/4波長板を通って横切っており；

 前記2軸結晶の光学軸が前記幾何学的軸に沿って存在しており、

 前記第1の偏光ビームスプリッタを通る点からの光を導く工程と；

 前記第1の偏光ビームスプリッタで、前記光を2本の平行ビームに分割する工程と；

 前記2本の平行ビームが、前記第1の1/4波長板、前記2軸結晶、前記第2の1/4波長板、及び前記第2の偏光ビームスプリッタを横切っており、

 前記2本の分割した平行ビームからの渦波を前記第2のビームスプリッタで第1の方向に伝播する一本のビームに結合する工程と；

 必要に応じて、波長板あるいは回転子エレメントを附加して、方位角方向の偏光を放射方向の偏光に、あるいはその逆に変換する工程と；

 前記2本に分割された平行ビームからの基本波を、前記結合した渦波が伝播する第1の方向と直交する第2の方向に伝播する別のビームに結合する工程と；

 前記結合された渦波から来る光を前記光学アプリケーションの方位角方向に又は放射方向に偏光した照明光源として使用する工程であって、前記光学アプリケーションがリソグラフィ照明、切断用高出力レーザ、ドリル、機械加工、及び光学ストレージアプリケーションから選択される工程と；

 を具えることを特徴とする方法。

40

【請求項 6】

角度測定方法において：

50

第1の円偏光を与えるように構成された円偏光子を提供する工程と；

前記円偏光子の後に2軸結晶を提供する工程と；

前記2軸結晶の後に、前記第1の偏光とは逆の偏光特性を有する第2の円偏光を提供するように構成された円検光子を提供する工程と；を具え、

幾何学的な軸が前記円偏光子、前記2軸結晶、及び前記円検光子を通って横切っており、

前記2軸結晶の光学軸が前記幾何学的な軸に沿って存在し、

前記円偏光子、前記2軸結晶、及び前記円検光子を通る点、あるいは一連の点からの光を導く工程と；

前記点、または一連の点の配光の中央軸が前記幾何学的な軸に対して部分的にミスアライメントしており、

前記円検光子の後のある面における前記光の強度分布を検出し、当該面が前記幾何学的な軸に直交している、工程と；

前記配光の中央軸のミスアライメントに起因するリング構造からのずれを前記点についてあるいは前記一連の点の各点について個別に計算する工程と；

前記点についてあるいは前記一連の点の各点について個別に測定した角度ミスアライメントを出力する工程と；

を具えることを特徴とする方法。

【請求項7】

請求項6に記載の方法が更に：

20

対象物に対して光の点を、当該対象物と当該光の点の軸との間に所定の角度関係を持って、固定する工程と；

前記光の点を固定した点において前記対象物の傾きと偏擺れを評価する工程と；

前記配光のセントロイドを計算することによって、前記ポイントの横の位置を評価する工程と；

を具えることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、一般的に、光学装置及びそのような装置を使用する方法に関し、特に、内部円錐回折に基づく光学装置及び画像化においてそのような装置を使用する方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

光学装置は、多くの科学的、技術的および産業的な活動や数え切れないアプリケーションにおいて使用される。これらの光学装置のすべてに対し、ごくわずかの基本概念が存在する。これらの概念の基本として使用される現行の物理的メカニズムは、ごくわずかの純粋な物理的メカニズムに基づく。現存の光学装置の特性のほとんどは、それらが、材料の相互作用により、幾何学的な光学や偏光または結晶光学の線型特性、あるいは、非線型光学特性のいずれかに基づいている。ごくわずかの光学装置は、単一の光学系の特性を使用している。

40

【発明の概要】

【0003】

現在、先行するシステムとして存在する公知のタイプの光学装置に内在する不利益及び制限の観点で、本発明のある実施例は、内部円錐回折構造に基づく新しい光学装置を提供し、この光学装置は、現存する方法およびアプリケーションを改善するために、および/または、内部円錐回折の特性の特性に基づく新しい光学システム、セットアップ、方法及びアプリケーションを発展させるために用いられる。

【0004】

50

これらの点で、従来の概念及び設計とは実質的に異なる本発明のある実施例に従う内部円錐回折に基づく光学装置は、内部円錐回折の特定の特性に基づく新しい光学装置を発展させる目的で開発された装置を提供する。

【0005】

これを達成するために、本発明のある実施例は、一般的に、2軸結晶、1つ以上の偏光素子及び光学素子を備えている。2軸結晶は、例えば、三方晶系、斜方晶系または单斜晶系に属する光学結晶である。好適な2軸結晶は、例えば、KTP、KTA、LBO、MDT、YCOB、LiInS₂、及びLiInSe₂または、POMあるいはNPPとしての有機2軸結晶を含んでいる。偏光素子は、入射または出射ビームの偏光を修正または調整できる光学素子である。この光学素子は、入射または出射ビームの空間的あるいは一時的な光の分布を修正し、または、調整することができるいかなる光学素子でも良い。10

【0006】

本発明のある例は、従来装置の問題点を解消する内部円錐回折に基づく光学装置を提供して、内部円錐回折のセットアップにおける光の挙動の特性を使用する新しい光学的な関数を提供することにある。

【0007】

この発明の実施例は、円錐渦画像化 (CVI : Conical Vortex Imaging) 及び偏光円錐画像化 (PCI : Polarization Conical Imaging) の両者を含む。CVIは、コヒーレントあるいは部分的にコヒーレントな入射光が渦円錐回折セットアップを通過する技術である。CVIは、コントラストの強調、光場の微分、相対象物の画像化、サブレイリー解像度及び周波数の重畠を提供する。偏光円錐画像化：PCIは、コヒーレント、部分的にコヒーレントまたは完全に非コヒーレントな光の中で働く。PCIは、コヒーレントまたは非コヒーレントな入射光が渦円錐回折のセットアップ及び直線偏光ビームスプリッタを通過する技術である。PCIは、コントラストの強調、1次元光の微分、相対象物の画像化及びサブレイリー解像度を提供する。20

【0008】

CVI及びPCIの両者とも、光超解像技術 (OST : Optical Superresolution Technique) を提供する。CVI及びPCIの両者とも、対象物から発生する入射光分布を光学的に修正し、出力光分布を生成するためにこの入射光分布を修正する方法を提供する。光検出器上に記憶され数的に処理された時、その結果としての光分布は、対象物についての、付加的な情報または与えられた情報に対する付加的な正確さを提供する。30

【0009】

基準マークの位置を正確に測定するために、他の実施例は、オーバーレイ計測、すなわち、対象物上の基準マークの位置を検索する方法を提供する。他の実施例は、シーン中の小粒子、あるいは、ウェハまたは対象物上的小マークまたは欠陥の検知、測定または検証ために提供される。他の実施例は、光学記憶装置用に提供され、より高い解像度で、ディスク上のピット部またはランド部の存在および/または位置を認識する能力を提供する。

【0010】

他の態様は、古典的なポッゲンドルフ光学セットアップを提供し、このセットアップに基づいて他の機能性及び方法を構築する。他の態様は、渦円錐回折セットアップと呼ばれる光学セットアップを提供し、このセットアップに基づいて他の機能性及び方法を構築する。他の態様は、放射円錐回折セットアップと呼ばれる新しい光学セットアップを提供し、このセットアップに基づいて新しい機能性及び方法を構築する。他の態様は、再構築円錐回折セットアップと呼ばれる光学セットアップを提供し、このセットアップに基づいて新しい機能性及び方法を構築する。40

【0011】

他の態様は、光の分布を均一にするための、新しい光学セットアップ、方法、装置及びアプリケーションを提供する。他の態様は、有色及び無色の光学的な渦、ドーナツ形状のビーム及びそれらのアレイを生成するセットアップを提供する。他の態様は、無色の光学装置及び内部円錐回折に基づく光学的なアプリケーションを提供する。他の態様は、2次50

元的に角度を正確に測定する新しいセットアップを提供する。他の態様は、光分布を処理するためのコーディング／デコーディング・スキームを提供する。

【0012】

本発明の他の態様は、円錐回折に基づく光学装置に基づく光学的記憶装置のための解法を提供する。

【0013】

本発明の一実施例は、光学装置を提供する。この光学装置は、第1の円偏光を提供するように構成された円偏光子と；円偏光子の後に配置された2軸結晶と；2軸結晶の後に配置された円検光子であって、第1の円偏光と反対の偏光特性の第2の円偏光を提供する円検光子と；を具える光学装置であって、幾何学的な軸が、円偏光子、2軸結晶および円検光子を通じて横切るとともに、2軸結晶の光学軸が幾何学的な軸に沿って存在することを特徴とする、光学装置である。この光学装置はシステムの一部であり、この光学システムは、投影すべき対象物からの光を受け取るように構成された映写レンズと；映写レンズからの光を受け取るように構成された結像レンズと；結像レンズにより結像された光を受け取るように構成された光学検波器と；結像レンズと光学検波器との間に設けた光学装置と；を具えることを特徴とする、光学システムである。10

【0014】

本発明の他の実施例は、光学装置を提供する。この光学装置は、2軸結晶と；2軸結晶の後に配置された偏光ビームスプリッタと；を具える光学装置であって、幾何学的な軸が、2軸結晶およびビームスプリッタを通じて横切るとともに、2軸結晶の光学軸が幾何学的な軸に沿って存在することを特徴とする、光学装置である。20

【0015】

光学装置はシステムの一部であり、この光学システムは、投影すべき対象物からの光を受け取るように構成された映写レンズと；映写レンズからの光を受け取るように構成された結像レンズと；結像レンズにより結像された光を受け取るように構成された、それぞれがビームスプリッタの各チャンネルに対する2つの光学検波器と；結像レンズと光学検波器との間に設けられた光学装置と；を具えることを特徴とする、光学システムである。

【0016】

本発明の他の実施例は、光学装置を提供する。この光学装置は、第1の円偏光を提供するように構成された第1の円偏光子と；円偏光子の後に配置された2軸結晶と；2軸結晶の後に配置された第2の円偏光子であって、第2の円偏光を提供するように構成された第2の円偏光子と；を具える光学装置であって、幾何学的な軸が、第1の円偏光子、2軸結晶および第2の円偏光子を通じて横切るとともに、2軸結晶の光学軸が幾何学的な軸に沿って存在することを特徴とする、光学装置である。30

【0017】

本発明の他の実施例は、光学システムを提供する。この光学システムは、光学ディスク上のスポットに光を供給するとともにスポットから反射された光を導くように構成された画像化モジュールと；スポットから反射されるとともに円偏光子に導かれた光を受け取るように構成された円偏光子と；円偏光子の後に配置された2軸結晶と；2軸結晶の後に配置された円検光子であって、円偏光子によって提供される偏光特性とは逆の偏光特性の円偏光を提供するように構成された円検光子と；円検光子から受け取られた光を検知するために円検光子の後に設けられた光検出器と；を具える光学システムであって、幾何学的な軸が、円偏光子、2軸結晶および円検光子を通じて横切るとともに、2軸結晶の光学軸が幾何学的な軸に沿って存在することを特徴とする、光学システムである。画像化モジュールは、光を供する光源と；光源からの光を受け取るように構成されたビームスプリッタと；ビームスプリッタからの光をスポットへ焦点を合わせるように、および、スポットから反射された光を受け取るとともにスポットから受け取られた光をビームスプリッタに導くように構成された合焦光学系と；を備えている。40

【0018】

本発明の他の実施例は、光学システムを提供する。この光学システムは、光学ディスク50

上のスポットに光を供給するとともにスポットから反射された光を導くように構成された画像化モジュールと；スポットから反射されるとともに円偏光子に導かれた光を受け取るように構成された円偏ビームスプリッタと；円偏光子の後に配置された2軸結晶と；2軸結晶の後に配置された円検光子であって、円偏光ビームスプリッタによって提供される偏光特性とは逆の偏光特性の円偏光を提供するように構成された円検光子と；円検光子から受け取られた光を検知するために円検光子の後に設けられた光検出器と；を具える光学システムであって、幾何学的な軸が、円偏光ビームスプリッタ、2軸結晶および円検光子を通って横切り、2軸結晶の光学軸が幾何学的軸に沿って存在し、光検出器が、同時に使用される2つの分離した検知モジュールを具えることを特徴とする、光学システムである。

【0019】

10

本発明の他の実施例は、方法を提供する。この方法は、2軸結晶を提供する工程と；2軸結晶を介して未知の対象物から円偏光の入力光を有するコピーレント光を部分的に入力する工程と；2軸結晶の後に円検光子を設け、円検光子が、偏光の入力光の偏光特性と反対の偏光特性の第2の円偏光を提供するために設けられている工程あって、幾何学的な軸が2軸結晶および円検光子を通って横切り、2軸結晶の光学軸が幾何学的軸に沿って存在し、初期配光が検出器上に光学システムによって画像化され、2軸結晶が2軸結晶の平均インデックスとほぼ同じインデックスを有する等方性の材料によって置き換えられた場合、2軸結晶内への入力の前に画像が検出器に位置し、検出器を有する円検光子の後の平面における光の強度分布を検知し、平面が幾何学的軸と垂直である工程と；検知した強度分布から未知の対象物の特徴を画像化する工程と；未知の対象物の画像化した特徴を出力する工程と；を具えることを特徴とする、方法である。

【0020】

20

本実施例によれば、この方法は、未知の対象物の画像化した特徴を記録する工程をさらに具える。

本実施例によれば、検知された光の強度分布が初期配光の微分値と比例する。

本実施例によれば、強度分布を検知するステップが：円検光子の後に幾何学的な軸に沿って第2の2軸結晶を設ける工程と；第2の2軸結晶の後に幾何学的な軸に沿って回転子を設ける工程と；回転子の後に幾何学的な軸に沿って第3の2軸結晶を設ける工程と；検出器を有する第3の2軸結晶の後の平面において光の強度分布を検知する工程と；を具える。

【0021】

30

本発明の他の実施例は、この方法を提供する。方法は、入力光上に第1の円偏光を与えるように構成された円偏光子を配置する工程と；円偏光子の後に2軸結晶を配置する工程と；円偏光子および2軸結晶を通して未知の対象物から非偏光で部分的にコピーレントな光を入力する工程と；2軸結晶の後に円検光子を設け、円検光子が、第1の偏光と反対の偏光特性の第2の円偏光を提供するために設けられている工程あって、幾何学的な軸が、円偏光子、2軸結晶および円検光子を通って横切り、2軸結晶の光学軸が幾何学的軸に沿って存在し、非偏光で部分的にコピーレントな光が円偏光子上に画像化され、初期配光が検出器上に光学システムによって画像化され、2軸結晶が2軸結晶の平均インデックスとほぼ同じインデックスを有する等方性の材料によって置き換えられた場合、2軸結晶内への入力の前に画像が検出器に位置し、検出器を有する円検光子の後の平面における光の強度分布を検知し、平面が幾何学的軸と垂直である工程と；検知した強度分布から未知の対象物の特徴を画像化する工程と；未知の対象物の画像化した特徴を出力する工程と；を具えることを特徴とする、方法である。

【0022】

40

本実施例によれば、方法は、未知の対象物の画像化された特徴を記録する工程をさらに具える。

本実施例によれば、検知された光の強度分布が初期配光の微分値に比例する。

本実施例によれば、入力光が点の集合から与えられ、画像化が光検光子の後で体積の光強度を投影する工程を備え、体積が幾何学的な軸に垂直であり、方法が、光トラッピング

50

の概念を使用して粒子をトラップするために光強度を使用する工程をさらに見える。

本実施例によれば、複数の波長を具える入力光が点の集合から与えられ、画像化が光検光子の後で塊状の光強度を投影する工程を備え、塊状物が幾何学的な軸に垂直であり、方法が、光トラッピングの概念を使用して粒子をトラップするために光強度を使用する工程をさらに見える。

本実施例によれば、入力された非偏光で部分的にコヒーレントな光が幾何学的な軸に対しある角度をなす伝播方向を有し、方法が、検知された光強度の分布から角度を計算する工程をさらに見える。

本実施例によれば、未知の対象物が位相物体である。

本実施例によれば、未知の対象物が光学ディスクの表面にピット部とランド部とを備え、方法が、ピット部とランド部に記憶された情報を読み取る工程をさらに見える。 10

本実施例によれば、強度の分布を検知するステップが：円検光子の後に幾何学的な軸に沿って第2の2軸結晶を設ける工程と；第2の2軸結晶の後に幾何学的な軸に沿って回転子を設ける工程と；回転子の後に幾何学的な軸に沿って第3の2軸結晶を設ける工程と；検出器を有する第3の2軸結晶の後の平面において光の強度分布を検知する工程と；を具える。

【0023】

本発明の他の実施例は、方法を提供する。この方法は、第1の偏光ビームスプリッタを設ける工程と；第1の偏光ビームスプリッタの後に第1の4分の1波長板を設ける工程と；第1の4分の1波長板の後に2軸結晶を設ける工程と；2軸結晶の後に第2の4分の1波長板を設ける工程と；第2の4分の1波長板の後に第2の偏光ビームスプリッタを設ける工程あって、幾何学的な軸が、第1の4分の1波長板、2軸結晶および第2の4分の1波長板を通って横切り、2軸結晶の光学軸が幾何学的な軸に沿って存在する工程と；第1の偏光ビームスプリッタを通る点からの光を導く工程と；第1の偏光ビームスプリッタで光を2つの平行ビームに分割する工程であって、2つの平行ビームが、第1の4分の1波長板、2軸結晶、第2の4分の1波長板および第2の偏光ビームスプリッタを横切る工程と；2つの分割された平行ビームからの渦波を第2のビームスプリッタで第1の方向に伝播する1つのビームに結合する工程と；必要に応じて、方位角方向の偏光から放射方向の偏光へまたはその逆に変換するために、波長板または回転要素を付加する工程と；2つの分割された平行ビームからの基本波を、結合した渦波が伝播する第1の方向と垂直な第2の方向に伝播する他のビームに結合する工程と；リソグラフィの照明としてのレーザ応用のための、および／または、切断加工、ドリル加工および機械加工用の高出力レーザのための、または、光学記憶装置の応用のための、方位角方向または放射方向に偏光した照明光源として、結合された渦波から来る光を使用する工程と；を具えることを特徴とする、方法である。 20

【0024】

本実施例によれば、方法は、半導体ウェハ上に装置構造を製造するために、結合された渦波からの光でリソグラフィーを実施する工程をさらに見える。

本実施例によれば、方法は、結合された渦波からの光で材料を機械加工する工程をさらに見える。 40

本実施例によれば、方法は、結合された渦波からの光で光学記憶ディスクに情報を記録する工程をさらに見える。

【0025】

本発明の他の実施例は、方法を提供する。この方法は、2軸結晶を設ける工程と；2軸結晶を通って未知の対象物から非偏光のあるいは円偏光のいずれかの光を入力する工程と；2軸結晶の後に直線偏光ビームスプリッタを設ける工程であって、幾何学的な軸が、2軸結晶を通って横切り、偏光ビームスプリッタの後で2つの副軸に分割され、2軸結晶の光学軸が幾何学的な軸に沿って存在し、初期配光が光学システムにより検出器上に画像化され、2軸結晶が2軸結晶の平均インデックスとほぼ同じインデックスを有する等方性の 50

材料によって置き換えられた場合、2軸結晶内への入力の前に画像が検出器に位置する工程と；検出器上のビームスプリッタによって造られる2つの幾何学的な軸に対して垂直な平面において、偏光ビームスプリッタから新たに生起する両光学チャンネル内の光強度分布を検知する工程と；検知した強度分布の数学的な結合から未知の対象物の特徴を画像化する工程と；未知の対象物の画像化した特徴を出力する工程と；を具えることを特徴とする、方法である。

【0026】

本実施例によれば、検出器が2つの領域を備え、光学チャンネルの一方から生起する光が検出器の一方の領域に入射し、他の光学チャンネルから生起する光が検出器の他の領域に入射する。10

本実施例によれば、検出器が2つの検出器を備え、各光学チャンネルから生起する光が各検出器に入射する。

本実施例によれば、方法は、未知の対象物の出力され画像化された特徴を記録する工程をさらに具える。

本実施例によれば、未知の対象物が測定マークであり、方法が、検知された強度分布の数学的な計算から測定マークの位置を計算する工程をさらに具える。

本実施例によれば、未知の対象物が光学ディスクの表面にピット部とランド部とを備え、方法が、ピット部とランド部に記憶された情報を読み取る工程をさらに具える。

【0027】

本発明の他の実施例は、方法を提供する。方法は、2軸結晶を設ける工程と；2軸結晶を通って未知の対象物から非偏光のあるいは円偏光のいずれかの光を入力する工程と；2軸結晶の後に直線偏光ビームスプリッタを設ける工程であって、幾何学的な軸が、2軸結晶を通って横切り、偏光ビームスプリッタの後で2つの副軸に分割され、2軸結晶の光学軸が幾何学的な軸に沿って存在し、初期配光が光学システムにより検出器上に画像化され、2軸結晶内への入力の前に、2軸結晶が2軸結晶の平均インデックスとほぼ同じインデックスを有する等方性の材料によって置き換えられたとしたら、画像が検出器に位置するようにする、工程と；検出器上のビームスプリッタによって造られる2つの幾何学的な軸に対して垂直な平面において、偏光ビームスプリッタから新たに生起する両光学チャンネル内の光強度分布を検知する工程と；未知の対象物の特徴を画像化する工程と；未知の対象物の特徴を出力する工程と；を具えることを特徴とする、方法である。30

【0028】

本実施例によれば、検出器が2つの領域を備え、光学チャンネルの一方から生起する光が検出器の一方の領域に入射し、他の光学チャンネルから生起する光が検出器の他の領域に入射する。

本実施例によれば、検出器が2つの検出器を備え、各光学チャンネルから生起する光が各検出器に入射する。

本実施例によれば、方法は、未知の対象物の出力され画像化された特徴を記録する工程をさらに具える。

本実施例によれば、光の検知された分布が初期配光の1つの軸における微分値に比例する。40

本実施例によれば、未知の対象物が光学ディスクの表面にピット部とランド部とを備え、方法が、ピット部とランド部に記憶された情報を読み取る工程をさらに具える。

本実施例によれば、強度の分布を検知するステップが：円検光子の後に幾何学的な軸に沿って第2の2軸結晶を設ける工程と；第2の2軸結晶の後に幾何学的な軸に沿って回転子を設ける工程と；回転子の後に幾何学的な軸に沿って第3の2軸結晶を設ける工程と；検出器を有する第3の2軸結晶の後の平面において光の強度分布を検知する工程と；を具える。

【0029】

本発明の他の実施例は、方法を提供する。この方法は、2軸結晶を設ける工程と；2軸

10

20

30

40

50

結晶を通って未知の対象物から非偏光のあるいは円偏光のいずれかの光を入力する工程と；2軸結晶の後に直線偏光子およびコントロール可能な回転子を設ける工程であって、幾何学的な軸が、2軸結晶、偏光子および回転子を通って横切り、2軸結晶の光学軸が幾何学的な軸に沿って存在し、初期配光が光学システムにより検出器上に画像化され、2軸結晶内への入力の前に、2軸結晶が2軸結晶の平均インデックスとほぼ同じインデックスを有する等方性の材料によって置き換えられたとしたら、画像が検出器に位置するようにする工程と；幾何学的な軸に対して垂直な平面において、コントロール可能な回転子を駆動することによって2つあるいはそれ以上の偏光状態における光強度分布を検知する工程と；検知した強度分布の数学的な結合から未知の対象物の特徴を画像化する工程と；未知の対象物の画像化した特徴を出力する工程と；を具えることを特徴とする、方法である。

10

【0030】

本実施例では、方法は、未知の対象物の出力され画像化された特徴を記録する工程をさらに具える。

本実施例では、光の検知された分布が初期配光の1つの軸における微分値に比例する。

本実施例では、未知の対象物が光学ディスクの表面にピット部とランド部とを備え、方法が、ピット部とランド部に記憶された情報を読み取る工程をさらに具える。

【0031】

本発明の他の目的及び効果は読者にとって明らかになり、それらの目的及び効果は本発明の範囲内であることを意図している。

上述した及び関連する目的を達成するために、本発明は、図面を用いて記載された形状に具現化されるが、図面は説明のためのみに使用され、図示された特定の構成を変更できること、に注意のこと。

20

本発明の種々の他の目的、特徴及びそれに伴う効果は、複数の図面を通して同一または類似する部材に近似する符号を付することで、図面と併せて検討したとき、より良く理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】図1は、2軸結晶の定義を記載する図であり、(a)は光学フレーム及び光軸を記載し、(b)は他の軸の定義を記載している。

【図2】図2は、内部円錐回折コーン及び2軸結晶に対しコーンを中心に配置した例を示す。

30

【図3】図3は、(a)、(b)及び(c)において画像化された点のポッケンドルフ・リングに対する基本波及び渦波の振幅及び強度を示すグラフである。

【図4】図4は、ビームパラメータの関数としての円錐渦セットアップにおいて画像化された点に対する強度透過率を示すグラフである。

【図5】図5は、本発明の実施例に係る、円偏光子及び光学軸の一つに沿って切断した2軸結晶を有する円錐渦セットアップであるCVI装置に従う光学装置を示す図である。

【図6】図6は、本発明の実施例に係る、放射状に偏光されたドーナツ形状の光分布セットアップであるPCI装置に従う光学装置を示す図である。

【図7】図7は、再構成セットアップに従う光学装置を示す図である。

40

【図8】図8は、幾何学的な軸に垂直な平面における2つの点からの強度の3次元表示を(a)において示し、平面における2つの点からの強度のグレイスケール表示を(b)において示し、1点、回折限界(DL)だけ離れた2つの点及び回折限界の0.75倍(0.75DL)だけ離れた2つの点に対する等強度パターンを(c)において示している。

【図9a】図9は、CVIにおける2つの点の解像度を示す。

【図9b】図9は、CVIにおける2つの点の解像度を示す。

【図9c】図9は、CVIにおける2つの点の解像度を示す。

【図9d】図9は、CVIにおける2つの点の解像度を示す。

【図10】図10は、図5または図6に示すような光学装置を組み込み、光学的な計測のアプリケーションのために使用される、本発明の実施例に従う光学システムを示す。

50

【図11】図11は、本発明の一実施例に係るPCIセットアップを示す。

【図12】図12(a)、(b)、(c)はPCIでの光学的微分のシミュレーションを示す。

【図13】図13(a)、(b)、(c)はCVIでの光学的微分のシミュレーションを示す。

【図14a】図14(a)は、PCIの解像度の改善を示す。

【図14b】図14(b)は、PCIの解像度の改善を示す。

【図14c】図14(c)は、PCIの解像度の改善を示す。

【図14d】図14(d)は、PCIの解像度の改善を示す。

【図14e】図14(e)は、PCIの解像度の改善を示す。

【図14f】図14(f)は、PCIの解像度の改善を示す。

【図15】図15は、光学記憶装置として用いる本発明の実施例による光学システムを示す。

【発明を実施するための形態】

【0033】

本発明の概念は、例えば、以下に示す例を含むいくつかのアプリケーションを有する。以下に記載する光学装置は、この書面において、画像化、光学記憶装置、光及び照明の形状化、無彩色光学渦、偏光ドーナツ形状、角度測定及びコーディングと再構成として分類された、いくつかの異なる機能性を実施することができる。

【0034】

画像化：

光学解像度は、電磁手段によって、物理的な細部を区別し、検知し、および／または、記録するシステムの能力を記載する。超解像技術と名付けられたいいくつかの技術は、画像化システムの光学解像度の典型的な解像度限度を超えるほど発展している。これらの技術は、現存の光学情報をより良く利用し、OSTを提供している。OSTは、最終強度の画像の光学的な解像度を増加させるために付加的な光学サブアセンブリが使用される技術を参照している。OSTの本質は、異なる光学手段を通しての光変換関数の修正に基づいている。3つの主要な関数：測定及び計測、検知及び計算、光学的な対象物の直接的画像化が、画像化システムによって実行される。測定システムは、所定時間内に既知の特徴の正確な位置を検知することを目的とする。特徴は、例えば、天文学における星、生物学における蛍光点、あるいは、オーバーレイ計測におけるAIM構造である。検知（計算）システムは、粒子の存在を検知することを指向している。粒子は、天文学における星、マシン・ビジョンにおける欠陥、または、生物学における蛍光点である。直接画像システムは、一般的な未知の光学対象物の忠実な表示を観察者に伝達することを目的とする。光学的な解像度を定量化するためのいくつかの評価指標は偏在するレイリー評価範囲の他に存在する；これは画像化システムによって実行される任務に依存する。異なる関数は、専用のアルゴリズムを使用して結果としての画像を処理することによって実行される。OST技術は、以下に一例を記載するように、任務のパフォーマンスの評価指標を向上させることができる。それらの技術は、それよりも前に認識されなかった粒子、欠陥を検知するため、あるいは、観察中の対象物のより良い画像を得るために、計測学におけるより良い正確さを可能とする。

【0035】

光学記憶装置：

そのような光学装置のための一つのアプリケーションが光学記憶装置である。光学記憶装置における実際の次世代は、赤色ダイオードレーザに代えて青色ダイオードレーザ技術の統合に基づく。一般公衆に対する第1のシステムの有用性により、研究者や業界のトップは、光学記憶装置の次世代のコンセプトの研究を始めている。さらに、現在の世代は、2つの対抗する、非互換性の基準である、HD-DVDおよびブルーレイに展開している。ユーザーが同じ読み取り装置で両方の基準を読めるようにすることは、両基準の各々の内在する複雑性のために、大変複雑で高価な光学システムを必要とする。以下に記載する

10

20

30

40

50

C V I 及び P C I の付加的な解像度は、少ない開口数及びより少ない複雑さで、O P U (光学処理ユニット : Optical Processing Unit) の構築を可能にする。これにより、H D - D V D 及びブルーレイの両者を適切なコストで認識することができる、ハイブリッド O P U を達成できる。

【 0 0 3 6 】

光及び照明の形状化 :

いくつかの機能性は、照明において、特に、レーザ光を高い品質の照明に変換するとき、必要である。光が均一でなければならず、ホットスポットは除かれなければならない。ある場合、環状のパターンなどの特定の形状が生成されなければならない。また、光の偏光及びコヒーレントの状態が制御されなければならない。

10

【 0 0 3 7 】

偏光計 :

多くの偏光計及び偏光解析器が文献に記載されている。それらのうちのいくつかは、いくつかのフレームの時間系列の取得を必要とし、高速に変化する現象にそれらの用途を限定している。他のものは偏光選択素子に基づいているが、楕円偏光のための完全な偏光状態の検索は面倒である。内部円錐回折は、パルス化された光か星の画像を取得することができる完全な偏光計用のシンプルなセットアップを提供することができる。

【 0 0 3 8 】

無彩色の光学渦 :

単色及び無彩色の渦のアプリケーションは、それらに限定されるものではないが、天文学及び光学トラップを含んでいる。

20

【 0 0 3 9 】

偏光されたドーナツ形状 :

異なるセットアップを使用する、放射状に偏光されたドーナツ形状の光分布の生成は、小スポット生成との関連で、また、リソグラフィー用の照明のために記載されている。

【 0 0 4 0 】

角度測定 :

光学ドメインにおける評価能力となる中心対称性の光分布の軸の角度は、いくつかの実践装置への途を開く。今日、使用される主な解法はファブリーペロー (Fabry-Perot) に基づく装置であるが、これらの装置は、強い波長及び温度依存性に悩んでいる。

30

【 0 0 4 1 】

コーディング及び再構築 :

光を単一の光分布としてコーディングし、フーリエ変換処理などに再構築する能力は、いくつかの光学処理作業を、入力光の分布上で実行可能とする。

【 0 0 4 2 】

図面に関して説明すると、いくつかの画面を通じて同じ符号が同じ構成要素に付されており、これらの図面は、2軸結晶、1つあるいはそれ以上の偏光素子及び光学素子を備える、内部円錐回折に基づく光学装置を示している。

【 0 0 4 3 】

2軸結晶は、三方晶系、斜方晶系または单斜晶系に属する光学結晶である。

40

【 0 0 4 4 】

偏光素子は、入力ビームの偏光を修正することができる光学素子である。偏光素子は、当業者にとって知られている、偏光ビームスプリッタ、偏光子、波長板、回転子またはその他の偏光素子を備えていても良い。

【 0 0 4 5 】

光学素子は、入力ビームの空間的または一時的な光分布を修正することができるいかなる光学素子でも良い。光学素子は、レンズ、ミラー、プリズム、H O E (Holographic Optical Elements)、または、円錐セットアップの入力面における入力光の空間的及び角度的な形状化、あるいは、円錐回折セットアップの出力面における出力光の形状化、を満たすことができる格子を含んでいる。

50

【0046】

図1(a)、1(b)は2軸結晶を示す。図1(a)は光学フレームを規定し、図1(b)は2軸結晶の光学軸を定義する。「光学フレーム」は、2軸結晶の屈折率橍円体の主軸である、 x_1 、 x_2 及び x_3 を表す。3つの主となる誘電率 ϵ_i 及び3つの反射率 n_i は、以下の式(1)を満たす：

$$\epsilon_1 = n_1^2 < \epsilon_2 = n_2^2 < \epsilon_3 = n_3^2, \quad (1)$$

ここで、 n_2 は中間の屈折率である。これは結晶の等価等方回折の方法として以下の展開に従って使用されている。また、 θ_0 をz軸に対する光学軸の角度と定義する。同様に、Aは円錐のサブアングルとして定義され、R₀は新たなリングの半径として定義され、l₁は結晶長さとして定義され、wは入力ビームの幅として定義される。また、一般化された幅pをw/R₀の比として定義する。kは材料中の波長ベクトルを示す(2/n₂)。

【0047】

図1(b)において、光学軸に平行なz軸、 x_2 光学フレーム軸に平行なy軸、その両者に垂直なx軸を有する直交基準フレームを定義している。また、結晶中に、3つの軸、T軸、A軸及びB軸を定義するとともに、結晶外に、A'軸を定義している。

【0048】

図2は、内部円錐回折コーン及びコーンを中心とした配置を示している。結晶は、z=0の入り口面と共に配置され；zとして参照されるシステムの幾何学的な軸は、前述したように、光学軸の1つの方向である。我々は、略して、このセットアップを円錐回折セットアップと呼ぶ。使用される座標位置は、横断コーン中心座標[x, y, z] = [R, z]、円錐回折の等式の解を単純化するために定義されたad-hoc座標系がある。基準軸は、光学軸ではなく、結晶内部のA軸である。結晶の外部では、基準軸はA'軸である。

【0049】

図3(a-c)は、画像化された点のポッケンドルフ・リングに対する基本波及び渦波の振幅及び強度のシミュレーションを示す。図3(a)は振幅のプロファイルを表示する。図3(b)は、B₀に対する強度、B₁に対する基本波関数、渦波関数を示し、両関数はベリーによって定義された。図3(c)において、B₀またはB₁の強度の2次元分布が示されている。

【0050】

図4は、ビームパラメータwの関数として、円錐渦セットアップにおける画像化点に対する強度透過率のシミュレーションを示し、ビームパラメータは、セットアップの渦スポットの大きさであるp_vに標準化される。図4は、小さいp₀に対し、画像化された点に対する基本波及び渦波の振幅及び強度を示している。エネルギーの大部分は渦波に伝達される。p_vに対する画像面における画像化された点に対し、入力エネルギーの80%が渦波中に存在する。p_vに対する画像面におけるガウスビームに対し、入力エネルギーの64%が渦波中に存在する。

【0051】

図5は円錐渦波セットアップを示す。この実施例において、入力光501は、自然に、または、記載された円偏光子502のような適切な偏光子によって、円偏光されている。それは、少なくとも、光学軸の1つに沿って切断された2軸結晶503と及び入力光分布の特性と直交する特性を有する円検光子504とを備えている。入射光及び出射光の分布を適切な方法で調整することができる別の偏光子及び光学素子を具えることもできる。円錐渦波セットアップは、入力波によって生成された渦波505のみを許可する。それは、光が自然に偏光されない時は入力円偏光子、光学軸の1つに沿って切断された2軸結晶及び入力偏光子とは逆の特性を有する円検光子を含む。エネルギーの透過が最大となるスポットの大きさw_vは、セットアップの自然のスポットの大きさである。

【0052】

10

20

30

40

50

図 6 は、ドーナツ形状の光分布を生成するための、放射状に偏光されたドーナツ状渦波セットアップを示す。光学アイソレーターとして使用されるセットアップと多くの共通性を有するセットアップは、図 6 に表示されている。完全なセットアップは、モノリシック複合モジュールとして一体化されることもある。図示しない光源は、与えられたスポットの大きさを有する点を生成する。第 1 の偏光セパレーターは光を 2 つのビームに分離する。2 つのビームは、空間的に分離され、直交する線型偏光を有する。セパレーター 602 は、ウォラストンプリズムまたはロコンプリズムとしての光学設計、または、図示されているような薄膜技術に基づく偏光ビームスプリッタ、のいずれかを使用することができる。4 分の 1 波長板 603 は、直交線型偏光を有する 2 つのビームを、逆の特性の円偏光を有する 2 つのビームに変換する。2 軸結晶 604 は、2 つのビームのそれから基本波及び渦波を生成する。第 2 の 4 分の 1 波長板 605 は、ビームの 2 対を円偏光から直交偏光へ再び変換する。結合器としての第 2 の偏光セパレーター 606 は、2 つの渦波及び 2 つの基本波を別々に 2 つの空間的に分離した波として結合する。相対的な光学パス長さの微調整は、偏光セパレーターの 1 つの制御された平行移動によって行われる。右側の円偏光によって生成される渦波 607 と左側の円偏光によって生成される渦波 607 との結合は、ドーナツ形状で放射状に偏光された波を生成する。結果として基本波 608 が存在する。
10

【 0053 】

異なるセットアップを使用する放射状に偏光されたドーナツ状の光分布の発生は、小ス 20 ポットの発生のコンテキストにおいて及びリソグラフィー照明に対して記載されている。ポッケンドルフ・リングはすでに放射状に変化する偏光を有しているが、この偏光の依存性は、1 / 2 のオーダーであり、すなわち、互いに幾何学的に対向する 2 つの点における光の偏光が直交する。文献に記載されているシステムの多くは、オーダー 1 の偏光の変化を必要としており、すなわち、2 つの対向する点における偏光が互いに反対の相を有する平行となる。

【 0054 】

図 7 は、正確な再構成の第 1 実施例における再構成のセットアップを示しており、入射光 701 に必須条件はない。近似の再構成の第 2 実施例において、入射光 701 は、自然にあるいは適切な偏光子により、円偏光されている。再構成のセットアップは、入射及び出射の光分布を適切な方法で調整することができる付加的な偏光子及び光学素子を具えることができる。
30

【 0055 】

図 8 は、幾何学的な軸に垂直な平面における 2 つの点からの強度の 3 次元表示を (a) において示し、平面における 2 つの点からの強度のグレイスケール表示を (b) において示し、1 点、回折限界 (DL) だけ離れた 2 つの点及び回折限界の 0.75 倍 (0.75 DL) だけ離れた 2 つの点に対する等強度パターンを (c) において示している。

【 0056 】

図 9 は、CVI における 2 つの点の解像度の主要ポイントを示す。回折限界だけ離れた 2 つのコヒーレントな点に対する CVI によってできたパターンは、2 つの点のコヒーレントパターンとは大きく異なる。それは反対の相を有する 2 つの点のパターンにより近く、レイリー基準によって制限される多くのアプリケーションに対し新しい方向を提供する。
40

【 0057 】

1 近傍の p_0 の範囲も、また、重要であり、ガウスビームに対しフォルクによって記載されているように、光学渦の生成に対しシンプルな解法を可能にする。焦点における画像化された点に対し、円偏光に対する渦波の関数の振幅は、ベリーによって定義されているように、以下の (2) 式によって与えられる：

$$B_l(\rho, \rho_0, 0) = \frac{1}{k\omega^2} \int_0^1 dQ \sqrt{Q} \sin(\rho_0 Q) J_l(\rho Q) \quad (2)$$

【0058】

そして、以下の(3)式によって概算することができる：

$$B_1(\rho, \rho_0, 0) = \frac{\rho_0}{kw^2} \int_0^1 dQ Q^{3/2} J_1(\rho Q) \quad (3)$$

【0059】

また、右円偏光された光に対し (P 、 θ_P) によって表される振幅伝達関数 (ATF) は、以下の式(4)を介して、光分布の入力及び出力フーリエ変換に関連する：

$$a_M(P, \theta_P) = a(P, \theta_P) \kappa(P, \theta_P) \quad (4)$$

10

【0060】

そして、それは以下の(5)式によって与えられる：

$$\kappa(P, \theta_P) = \cos(kR_0 P) \mathbf{d}_R - i \exp(-i\theta_P) \sin(kR_0 P) \mathbf{d}_L \quad (5)$$

【0061】

この等式において、 P 及び θ_P は 2 次元波長ベクトルの放射状の表現であり、 \mathbf{d}_R 及び \mathbf{d}_L はそれぞれ右円偏光及び左円偏光の単位ベクトルである。上述した等式において、入力場と同じ特性を有するとともにコサインに依存する第 1 項は基本場であり、逆の特性を有し、方位に依存する項であるとともにサインに依存する第 2 項は渦場である。小さい R_0 に対し、上述した等式は以下の(6)式のように単純化される：

$$\kappa(P, \theta_P) = \mathbf{d}_R - i k R_0 P \exp(-i\theta_P) \mathbf{d}_L \quad (6)$$

20

【0062】

入力場と同じ基本場に対し、渦場は波長ベクトルドメインにおいて「P」の成分を含む。波長ベクトルドメインはフーリエ変換面であり、フーリエ変換ドメインにおける「P」成分は直接ドメインにおける微分と同等である。

【0063】

結晶は、円偏光された光学場を、基本場と渦場との 2 つの場に分割する。2 つの場は 2 つの直交円偏光モードで運ばれる。第 1 の光学場である基本場は入力場のアポダイズされたバージョンである。その偏光特性は入力場の特性と同じである。基本場は入力場に見える。

30

【0064】

渦場は入力場と以下の 3 つの異なる点で異なっている：

・高周波フィルタ：

光学情報は光学場の高周波数により運ばれる。多くの場合、低周波数成分は、ゆっくり変化するバックグラウンドのみを含むが、一方、光子ノイズを生成するとともに強度画像のコントラストを減少する大量のエネルギーを含むことがある。

・直交偏光及び方位偏光：

直交偏光への場の選択された部分の変換には、以下に示すように、CVI 及び PCI との間で区別できる 2 つの異なる方法を用いることができる。

40

- 相モードにおいて、基本場は偏光子に吸収され、渦場が使用される。それは、基本場に伝達される、入力場の低周波数成分及び DC 成分を除く。情報は相で構成され、最小限の空間的コヒーレンスがそれを最終的な強度画像中に表現するために必要である。

- 偏光モードにおいて、多くの場合無駄なエネルギーを除去するために弱められた基本場は、渦場と干渉する。それらは同じ入力光から引き出されるため、それらは完全に非コヒーレントな光において同等である。情報は、偏光情報として運ばれ、2 つの直交線型偏光を別々に記録し、2 つの画像を数値的に引き算することによって、検知される。

・渦相：

渦相の項は、周波数ドメインにおいて同じ k ベクトルと反対の相を有する対となる項の間の相を逆転する。それは、振幅変調を相変調に（あるいは逆に）変換する。その行動は

50

ラインパターンに対しより顕著となり、リソグラフィーにおける、相マスクによく似た周波数重畠（以下に記載する）及びそれらの解像度の強調を生成する。

【 0 0 6 5 】

これらの3つの効果は、選択的にあるいは組み合わせて使用され、入射する光学場によって運ばれた光学情報のコントラスト及び解像度を改善する。いくつかの異なるセットアップを、シンプルな光学部品や偏光部品を付加により、構築することができる。これらのコンセプトは、セットアップの偏光、相及び幾何学的光学部品を変更することによって、異なるアプリケーションに最適化された多くの異なる装置を可能にする途を提供する。

【 0 0 6 6 】

円錐回折要素は、大変手の込んだ方法で入力場を修正する。すなわち、それは入力場の振幅、相及び変更を同時に修正する。この点で、円錐回折要素は、光学設計者にとって使用可能な最も有力な光学要素である。 10

【 0 0 6 7 】

また、これらの全ての機能は、光学システムにおいて驚くほどシンプルに統合できる光学要素を使用することで、得ることができる。実践的な観点からすると、円錐回折要素はそれ自体、市販されておりすぐに購入できる2軸結晶のシンプルなピースとすることがができる。それは変わった仕様を必要としない。その均一性の要求は、そもそも、非線型光学系の要求よりも厳しくない。その研磨及び方向性の許容度は、標準的な光学製造の「最良実施要求」のみを必要とする。

【 0 0 6 8 】

上述したように、基本場は吸収されて渦場のみが透過する状態が、CVIセットアップに対して起き、基本場は保持されて渦場と干渉するようになる状態が、PCIセットアップに対して起きている。 20

CVIは、コヒーレント画像化、あるいは部分的コヒーレント画像化用の新しいOSTを提供する。CVIは、コントラストの強化、光場の導出、相対象物の画像化、サブ・レーリー解像度、及び周波数の重畠を提供する。

【 0 0 6 9 】

PCIは、コヒーレント光、部分的コヒーレント光または完全に非コヒーレント光中で動作できる新しいOSTを提供する。PCIは、コントラスト強調、1次元光学的微分、相対象画像化及びサブレイリー解像度を提供する。PCIのいくつかの別の特徴は以下に記載される。CVIにおいて、基本場は吸収され、出力場は渦場のみを含む。CVIセットアップは、例えば、入力円偏光子、2軸結晶及び偏光検光子をこの順に含み、偏光検光子は入力円偏光子に対し直交する特性を有する。そのようなセットアップの1つが図5に示されている。2軸結晶長は、所定のスポットの大きさ及び形状に対し、可能な限り、渦場における強度を提供するよう適応されている。 30

【 0 0 7 0 】

図13は、シミュレーションを使用して、CVIを使った光学的な微分のコンセプトを示している。同図は、また、コントラスト強調及び相対象画像化を示している。これら全ての特徴は、円錐回折要素の高周波フィルターの直接の結果である。図13において、(a)に示す図は対象物を示し、この図においては、小さい相欠陥が付加されているが、標準の画像化では見ることができない。図13(b)及び(c)は、円錐回折による、基本場及び渦場のそれぞれのシミュレーションを示す図である。図13において、2つの点は、渦頂によって発生する中心に対する相反転により、回折限界のもと、CVIを介して分解される。これにより、2つの点の中心の投影間に位置する領域において、2つの点から入射する光の振幅は逆転し、また、ゼロ交差を生成する。この特徴は、レイリー限界のもとでの点の解像度の向上及び小ささの特徴を可能とする。 40

【 0 0 7 1 】

CVIの他の重要な特徴は周波数の重畠である。計測学の異なる配列において使用される小さな相マークの密な配列に対し、マークの周波数は重畠される。この特徴は、ラインパターンにおいて、反対の相を有する2つのラインを有するライン重畠に変換される、渦

場の相項による。この特徴は、情報内容及びマークアレイの位置の正確な測定に重要な向上をもたらすことができる。

【0072】

P C Iにおいて、参照場として基本場は維持され、出力場は基本場と渦場との両者を含む。P C Iセットアップは、2軸結晶及び線型偏光ビームスプリッタのみを含むこともできる。2軸結晶長は、基本場及び渦場の間の所定のスポットの大きさ及び形状に対し、可能な限り、バランスがとれるように合わせられている。他の偏光に基づく画像化コンセプトとは異なり、入力偏光子は非偏光に対するシステムに必要とされない。この驚くべき特徴は、ロイドの法則の結果であり、以下詳細に説明される。ロイドの法則では、2軸結晶からの出射円錐にとって、円錐のいずれかの2つの光線の偏光面の間の角度は、光線自身及びその軸が通る面によって含まれる角度の半分である。10

【0073】

この説明に対するP C Iセットアップは、図11に示されており、2軸結晶1104、偏光ビームスプリッタ1106、及び、光検知器1110を含んでいる。出力側の偏光ビームスプリッタ1106は、互いに反対の偏光特性を有する2つの分離した画像を生成する。2つの画像は、陽画像1112及び陰画像1114として参照される。2つの画像は次いで、数的に加算され、一方から他方を減算する。

【0074】

図12(a)、(b)及び(c)は、シミュレーションを使用して、P C Iを使用する光学的な微分のコンセプトを示している。(a)において、第1の画像は対象物を示し、小さい相欠陥が付加されているが、標準の画像化では見ることができない。(b)の画像は、P C Iを使用して得た陽画像及び陰画像間の相違を表している。C V Iと同様に、それは微分画像を生成するが、C V Iとは、D I C顕微鏡に似た方法で一方の方向のみ微分する点で異なっている。この画像に、信号の絶対値を示している。(c)において、画像は、以下に説明する拡張されたロイドの法則に基づく相対象分離の概念を表している。同図12は、また、コントラスト強調及び相対象画像化(コヒーレント光及び部分的なコヒーレント光に対し)を示す。3つ全ての特徴は、円錐回折要素の高周波数フィルタリングの直接的な結果である。いつものように、黒色と白色との両極性画像を表すために良好な解法がないため、使用されている解法は、最も受け入れることができる、(b)の画像の絶対値を表すものである。2030

【0075】

2つの点は、それらの間に位置する領域において、直交偏光を有する光を生成する。この特性は、右側及び左側から点光源から入射する光の間に、2つの点光源に対する区別を与える。この物理的な特性は、異なる角度から入射する光の間のいかなる空間的な位置においても光学的に相違させることができる、付加的な分離メカニズムを生成する。このメカニズムは、偏光モード画像化処理を使用して、他の解法に変換され、ここにおいて2つの偏光画像は別々に記録される。偏光変数とは独立なP C Iは、完全な非コヒーレント光に対しても適切に実行することができる。

【0076】

図14はP C Iによる解法の改善を示している。標準画像化(a)-(c)はその正常な行動を示し、2つの点は、レイリー基準で公知の26%ディップによってかろうじて分離されるが、75%レイリー基準では分離しない。P C I(d)-(f)は、単一の点及びレイリー距離またはD Lの75%距離に位置する2つの点の間を、明確に区別する。他の処理が必要となるが、情報は図14に示すように明確に利用可能である。40

【0077】

P C Iは、入力偏光子を必要とせずに、非偏光の光に直接適用することができる。一方、非偏光の光に対する光学システムに基づく他の偏光では、入力光を偏光するために、付加的な入力偏光子を必要とする。エネルギーの半分の損失を防ぐために、多くのシステムは、入力偏光ビームスプリッタを使用し、2つの分離したチャンネルで光を運ぶが、システムを複雑化する結果となっている。50

【0078】

ロイドの法則は、2つの別のチャンネルに分離する必要はなく、全ての偏光光学システムに固有のエネルギーの半分を損失することを防止する。2軸結晶が、たとえその方位角度の変化が大変特別なものであったとしても、それ自身の偏光子となるものと考えられる。

【0079】

本発明は、理論及びシミュレーションの両方から、ロイドの法則が対象物の増幅のみに適用されることを見いだした。相対象に対し、右側に及び左側に円偏光された光は異なる。ロイドの拡張法則と呼ぶ、この新しい特徴は、P C Iとしてのみ我々の知識に存在し、小さい対象物の相及び振幅を異ならすための興味ある途を開いている。新しい光学的なセトアップが実現され、図12の(c)に示す振幅の変化から相対象物及び欠陥を分離することができる。セットアップは、シンプルに、2つのチャンネルで2つの入力円偏光を分離するP C Iセットアップとすることができます。

10

【0080】

3つの主要な関数が、光学的対象物の、測定及び計測、検知及び計数、画像化を含む画像化システムによって実行される。

【0081】

測定システムは、所定の時間で、既知の特徴の正確な位置を検知することを目的としている。この特徴は、例えば、天文学の星、生物学の蛍光点、または、オーバーレイ計測におけるA I M構造である。検知(計数)システムは、粒子の存在を検知することを目的としている。粒子は、例えば、天文学の星、マシン・ビジョンの欠陥、または、生物学の蛍光点である。画像化システムは、観察者にとって、一般的に未知の光学的な対象物の中寿綱表現を変換することを目的とする。

20

【0082】

システムのパフォーマンスを記載するパラメータは、その機能を考慮する必要があり、一般的な性質のみではない。視覚的な表現を改善するシステムは、粒子の位置決め能力または検知の正確さを増加しても良いし、しなくても良い。このため、レイリー基準のみが評価基準ではない。

【0083】

ターゲットまたは粒子のコントラストを、最適アライメントにおける、最小及び最大信号と検知器のダイナミックレンジとの差の比として定義する。測定に対し、適切な評価基準は計測学に対しセリグソンが定義したような「情報量」である。リンデグレンによって導入された同様のコンセプトである「固有の不正確さ」は、天文学において使用される。関数 $f(x)$ によって表現される1次元の光学的な特徴は、以下の(7)式として定義される：

30

$$E_0 = \int \left(\frac{df}{dx} \right)^2 dx \quad (7)$$

これは、最適アルゴリズムに対する特徴位置の間違の分散と同じである。

【0084】

40

検知システムは、所定の場において、粒子の存在または不存在を検知することを指向する。主となるアプリケーションの1つは、粒子の計測及び欠陥の検査である。使用される評価基準は、低いコントラストおよび/または小さいサイズで粒子を検知する能力である。それは、所定の大きさ、形状及び標準検知アルゴリズムを使用したコントラストにより、粒子/欠陥のヒット/ミスの数によって実験的に定量化される。システムは、ヒット/ミスの数が予め定められたしきい値を超えるれば、所定の大きさ及びコントラストの粒子を正確に検知する。画像化に対し、回折限度または拡張されたレイリー基準(D L)の基準が残る。しかし、多くの光学システムは、いくつかの画像及びデータのマージングの取得、または、強度データの後処理に対する強力なアルゴリズムを使用する。

【0085】

50

半導体リソグラフィーにおけるオーバーレイ計測学は、その目的が、2つの重畠された相の相対位置を測定すること、及び、一方に対する他方の相対位置が特定の尤度内であることを評価することである、システムを参照する。いくつかの技術が、スキャトロメトリ及びSEMを含むオーバーレイ計測学のために使用されている。

【0086】

オーバーレイ計測の主力製品は、画像オーバーレイ計測システムである。15年来、オーバーレイ基準マークを使用する画像化技術は、オーバーレイ計測学の必要性を満たしてきた。現在の45nmノードが32nmあるいはそれ以下に減少したため、画像化技術の将来は、光学的な回折限度に脅かされている。

【0087】

一般的に、画像オーバーレイシステムは、画像化システムと、層の各々に位置された画像化基準マークと、を備えている。最大で65nmのノードで使用する主となる基準マークは、新しいマークがAIMマークファミリーのようにより低いノードに対し導入されるかどうかにかかっている。

【0088】

従来の画像化オーバーレイ計測の一番の問題は、実際、光学的な回折限度によるものである。オーバーレイ計測学は、可視あるいはUV近傍の波長を使用できるため、回折限度は利用するモチーフサイズ上の限度を生成する。頭の良いアルゴリズムが、1nmの正確性に達する回折限度の一部分に形成された基準マークの位置を測定できるよう発展したとしても、これらのアルゴリズムは、ほとんど役にたたず、ほとんどロバスト性がなく、回折限度に対し要求される正確性のより大きな比に対する変動を処理がちである。

【0089】

これらの装置は45nm以上のノード及びたぶん32nmのノードに対し適切であるかもしれないが、それらの技術は、正確性のレベルが22nmのノードあるいはそれ以下を必要とする画像オーバーレイ計測を可能にするためには適切でない。また、ダブルパターンングの新しい技術は、より高いオーバーレイ要求を有する付加的なステップを生成するとともに、ハードコーティングとしてオーバーレイマーク画像のコントラストを大幅に減少することによって、オーバーレイ計測において付加的な要求を生成する。

【0090】

CVI及びPCIは、22nmノードに対して、大きな変更をすることなしに、オーバーレイ計測システムの拡張を可能にする付加的な正確性を提供する。

【0091】

標準的な画像化の代わりに、基準マーク上にCVIまたはPCIを使用することで、エッジだけでなく全表面が信号に寄与する状態を生成し、それが理論的に、TIS(Tool Induced Shift)及びWIS(Wafer Induced Shift)として参照される非対称のエラーをシステムに発生させる。また、基準マークは、それらの情報内容に悪影響を与えない程度の大変小さいサイズ(実際のムーアのノードと同じくらい低く)にすることができる。ターゲットのサイズを減少させることによって、オーバーレイ計測の大きなエラー源である、位置パターンエラー(PPF:Placement Pattern Error)が低下する。

【0092】

光学的に欠陥を検知して分類する光学的欠陥検査は、表面の欠陥が装置あるいはその部分の品質または機能を悪くするいかなる規律と同じように、フラットパネルディスプレイや、マシンビジョンや、製鉄及び紙産業と同様に、リソグラフィーにおいても大きな要求である。

【0093】

CVI及びPCIに含まれている付加的な検出能は、低いコントラストまたはサイズで欠陥を検知し、検出の可能性及び欠陥の分類の正確性を増加させる能力に変換される。

【0094】

CVI及びPCIは、ディスクが光学記録装置内に物理的な層である光学記録装置に対するアプリケーションを有している。光学記憶システムのパフォーマンスは、2つのピッ

10

20

30

40

50

トを最小の長さで分離する能力を用いている。最小のピットは、EMFコーディング／デコーディング体系を使用するDVD及びHD-DVDにおいて、「3T」マークであり、1.7pp体系を使用するブルーレイにおいて、それは「2T」マークである。CVI及びPCIは、ディスク基板上のピットまたはランドの実現化技術とは独立して、トラックピッチ及び最小ピッチ長を減少させることを可能とする。

【0095】

また、現在の世代は、2つの競合して互換性のないHD-DVDとブルーレイとで展開されている。単一のOPUで両基準を読み取ることができるハイブリッドOPUは、光学記録装置のユーザによって大変要求されている。同じ読み取り装置で両基準を読み取ることをユーザに可能とするためには、基準のそれぞれの固有の複雑性により、大変複雑で高価な光学システムを必要とする。ブルーレイは、リソグラフィーおよびハイエンドな顕微鏡においてのみ使用される、0.85の巨大な開口数を達成している。HD-DVDは、0.65の高級だが低い開口数を達成しているが、ブルーレイとは異なり、光学ディスクの厚さをオリジナルのまま維持し、システムはディスク表面の小さな傾きによって特別に生じるコマ収差に強く依存している。これらの2つの極端な要求は、相互に相容れないものであり、両者の基準を読み取ることのできるハイブリッドOPUは、実現はほとんど不可能であるか、あるいは、少なくとも大変難しい。

10

【0096】

このアプリケーションで記載されたCVI及びPCIの付加的な解法は、互いに接近するピット及びランドを読み取ることに、および、付加的な解法を生成する先行技術に変換される。また、それは、低い開口数のレンズ及びより低い複雑性を有する現存する光学ディスクを読み取るために使用することもできる。これは、リーズナブルな複雑性及びコストでHD-DVD及びブルーレイの両者を読み取ることができる、ハイブリッドOPUを達成することができる。より発展したバージョンでは、CVIまたはPCIは、いくつかの近接するピットを一度に検知し、より速い速度でグループにおいてより密なマークを読み取ることによって、光学記憶システムの容量及びスピードの両者を増加させる。

20

【0097】

微分干渉コントラスト(DIC)顕微鏡は、生の生物学的なセルを観察するために使用する強力な視覚化ツールであるが、その使用は定性的な観察に限られている。対象物の特性と画像強度との間に固有の非線型関係は、定量的な分析を難しくしている。また、DICの出力強度は、方向的な相の傾きに依存し、振幅及び相の傾きの混合である。CVI及びPCIの特別な特性、特に、等方性の微分を生成するCVIの能力、及び、拡張ロイド法を使用する相及び振幅の情報を分離するPCIの能力は、特に生物学において定性及び定量の測定の両者に対し、相対象画像化に対する新しい手段を開く。

30

【0098】

図10は、図5または図6の装置のような光学装置を組み合わせることのできる、本発明の実施例に係る光学システム1000を示す。システム1000は、例えば、計測学のアプリケーションを有する。システム1000は、基板1020上のウェハのような観察すべき対象物1018からの光を受け取るように構成された投影レンズ1016を含む。結像レンズ1014は投影レンズ1016からの光を受け取るために設けられている。電荷結合素子(CCD)のような光学検知器1010は、結像レンズ1014によって画像化された光を受け取るために設けられている。システムが図6のPCIシステムのような光学装置を組み合わせる場合、光学検知器1010は、ビームスプリッタの各チャンネルに対する2つの光学検知器をえることができる。光学検知器1010は、2つの画像がCCD検出器の2つの異なる領域または2つの分離したCCD検出器に位置する、単一のCCD検出器をえることができる。システムは、また、光学装置1012が改善された解法を提供する、結像レンズ1014と光学検出器1010との間に設けられた図5または6に対し記載されているような光学装置1012を含む。システム1000は、基準マークの位置を決定するためのよう、計測学に対するアプリケーションを有する。この場合、システムによって画像化されるべき対象物は例えば基準マークであり、光学検知器1010に

40

50

よって受け取られる光に基づいて検索されたデータは、基準マークの位置を提供する。

【0099】

相対象の定量的な測定が要求される付加的なドメインは、リソグラフィーに対するレチクル及びマスクの検査のドメインである。最も新しいノードにおいてものすごく成長するマスクの複雑性により、相マスクを使用する必要性、及び、それらを定量的に測定して特徴づける必要性が生じる。

【0100】

低_oの円錐回折は、無彩色の光学渦のアレイまたは体積物を生成するための大変にシンプルなメカニズムを提供する。それは発生プロセスを以下に示す2つの独立したステップに分離する：

- 点エミッタのアレイまたは体積物を生成するステップ、
- 各々の放射点が光学渦によって置き換えられる、円錐回折を使用するステップ。

【0101】

要するに、光点の体積物からなるいかなる光分布も、点の空間的な位置と渦中心との間で1対1の対応を有する渦の体積物を生成する。

【0102】

材料の適切な選択は無彩色の渦の実現を可能とする。実践的な観点から、ホログラフィーを基準とする現存するセットアップと比較して、光学渦を生成するための円錐回折セットアップの主要な効果は、コヒーレントさの要求を除外することである。そのようなセットアップは、小型のパッケージでとんでもないコストの数十ワットを提供する、高出力レーザダイオードを使用する。例えばディスプレイのアプリケーションのために発展した、いくつかの低コスト技術及び装置は、点光源のアレイ及び体積物を連続的または平行に生成するために使用できる。また、多くは散乱または反射としてのスプリアス光強度である、入力ビームに対し直交偏光された渦波は、セットアップから効率的に除去される。

【0103】

ドーナツ形状のビームは、以下の2つの違いで、渦と近似している：

- 使用されるセットアップが、図5の円錐渦セットアップの代わりに図6に記載されたドーナツ状ビームのセットアップであること、
- ドーナツ形状のビームにおける偏光変数が、渦波における相変数と同様に、同じ速度で方位角の周りを回転していること。

【0104】

円錐渦画像化及び偏光円錐画像化において、光は線型の光学形状から单一の形状へ変換される。優先的に、再構成プロセスにおいて、单一のビームは初期の光分布に再び変換される。この特性は、反転可能な中間処理ステップとして、光学システムの一部としての单一の光学系の統合を可能とする。

【0105】

再構成セットアップは図7に示され、第1の2軸結晶701は光学軸の1つと整列した幾何学的な光学軸で切断される。第1の結晶と同一の第2の結晶705は、第2の2軸結晶701の後に配置される。回転角度 $\pi/2$ の偏光回転子704は2つの結晶の間に挿入される。偏光回転子704の動作は、また、円偏光構成物の1つに対し ラジアンの付加的な相の付加として記載される。右回りの円入力の偏光の場合を記載する。完全なセットアップ_{REC}(P)の以下の(8)式に示されるベリーの等式から計算できるA T F(Amplitude Transfer Function)は、第1の結晶のA T F、回転ジョーンズマトリックス及び第2の結晶のA T Fの乗算によって与えられる：

$$\kappa_{REC}(P) = \kappa(P, \theta_P, R_0, Z) \begin{pmatrix} \cos \frac{\pi}{2} & \sin \frac{\pi}{2} \\ -\sin \frac{\pi}{2} & \cos \frac{\pi}{2} \end{pmatrix} \kappa(P, \theta_P, R_0, Z) \quad (8)$$

【0106】

10

20

30

40

50

異なる構成要素を認識してグルーピングすることで、以下の(9)式に導かれる：

$$\kappa_{REC}(P) = \exp\left(ikZP^2\right) \quad (9)$$

【0107】

変換関数は、両結晶の厚さと同じ厚さを有するインデックス n_2 の等方メディアに対応する長さに沿った伝播項から構成される。

【0108】

再構成セットアップの2つの変形例が使用される。第1の変形例において、基本及び渦波の両者が第1の円錐回折セットアップの後に保持される。これは前の等式において記載された場合である。再構成は共役像を含まない。それは光波の往復運動を数学的に実行し、このため、入射光の分布と同一である。多くの場合、波のうちの1つのみを保持し、多くの場合、渦波を保持する。再構成は共役像を含む。第1項は再構成の項であり、入射波と同じ特性を有する。クロス項である第3の項は、右回りの円偏光子を使用して除去される。第2の項はホログラフィーと同様の共役像であるが、ホログラフィーとは異なり、各点に対する共役像の光は、表面全体に広がる代わりに半径 $2R_0$ のリングに集中する。

【0109】

円錐回折、再構成、渦及び放射状の偏光子セットアップは、入力光の分布が、平面または体積において、光源の集合体として表現される。そのような光分布は、回折した点の集合体を生成し、各々が光源の共役点において横方向及び縦方向で中心となる。この特徴は、ポッケンドルフリングに、渦に、放射状に偏光された分布に適用可能である。

【0110】

強度は、方位依存性となるが、入射光の偏光状態に関する全ての情報を含んでいる。唯一のあいまいさは、 j_R または j_L がゼロの場合、すなわち、上述したように光の偏光の特性を区別することができない円偏光の場合、である。出力光分布の強度及び偏光は、非偏光において、2つの円偏光モードの強度と同一である。それは、非偏光がランダム相を有する左及び右円偏光の重ね合わせとして表されるため、前述の議論から推定される。

【0111】

内部円錐回折は、偏光の幾何学的なドメインへのマッピングを生成する。中心対称のビームに対して、偏光状態は、光分布の方位依存性を示さない。偏光された光分布の偏光状態上の全ての情報は、方位光分布から検索可能である。たとえそれが円偏光から分離されなくても、非偏光は線型偏光から区別可能である。

【0112】

内部円錐回折は、多くの従来の偏光計及びエリプソメーターと比較して、完全な偏光計に対するシンプルなセットアップを提供する。従来の偏光計及びエリプソメーターのいくつかは、いくつかのフレームの時間系列の取得を必要とし、それらの使用を高速変化現象に限定している。他は偏光選択要素に基づいているが、楕円形偏光された光に対する完全な偏光状態の検索は面倒である。内部円錐回折は、パルス光または星の画像を取得可能な完全な偏光計に対するシンプルなセットアップを提供する。

【0113】

アプリケーションの観点から、リソグラフィー、顕微鏡及びマシーンビジョンで広く使用されている、環状の照明に対し、円錐回折セットアップは3つの機能性を同時に実行し；それは、環状のパターン、均質化、光分布を生成し、損失なしに非偏光を偏光に変換する。しかし、偏光方向の軸は方位方向に沿って90度だけ回転しており；多くのアプリケーションにおいて、適切な付加的な偏光要素によって変換されなければならない。

【0114】

方位コヒーレントは、円錐回折セットアップを通過する非コヒーレントまたは部分的にコヒーレントな照明によって生成された新しいコヒーレント状態である。それは、顕微鏡、リソグラフィー、分光学、マシーンビジョンのドメインにおいて、特に、新しい光学機能性を生成することができる。フォンチタート - ツェルニケの定理に従うと、非偏光の光源は、光学システムに沿って伝播する、小コヒーレントな放射点の集合である、検知平面

10

20

30

40

50

での強度の非偏光の重なり合いによって表現される。同様の光分布コンセプトを使用すると、各小コヒーレントな放射点は、同様の光分布によって置き換えられる。この光分布はコヒーレントであり、大きな幾何学的な範囲を有する。それは、その伝播のレジメが大きく異なる、お互いに遠く離れた点を含む。ある構成において、さらに光を伝播させると、同等の光分布のある部分から生起する光は、光分布の他の部分から生起する光と同じ空間位置に達する。この場合は、もし光が格子またはマスク構成のような格子を照明すれば、特に意味がある。この場合、正しい幾何学的なパラメータの選択に依存して、格子の異なる順番は、最初からそれらが小放射点によって生成されたとしても、同等の光分布上の異なる幾何学的な位置から発生する光によって生成され、コヒーレントに干渉する。照明に対する方位コヒーレントのアプリケーションは、非コヒーレント光を使用してコヒーレントな干渉を可能とする。方位コヒーレンスは、リソグラフィーに特に有用である、空間的に調整されたコヒーレント状態の一例である。10

【0115】

円錐回折セットアップは大変効率的な角度フィルタであり；開口角は円弧の数分あるいはそれ以下のオーダーまで減少可能である。それは内部円錐回折の小角度限界の推論である。光学ドメインにおける評価能力として、中心対称の光分布の軸の角度はいくつかの実践的な装置への途を開く。それはよりロバスト性の解法であるファブリペローに基づく装置であり、ファブリペローの強い波長及び温度依存性に悩まされない。

【0116】

一例として、光学的制御に適合する可能性のある、大変シンプルな装置を記載する。ロボット工学及び自動化における多数のシステムは、「6軸」問題、すなわち、リジッドな対象物を任務を実行するために所定の空間的及び角度的な位置に運ぶ問題、に帰着する。多くのアプリケーションにおいて、任務を実行する前に対象物が空間的にも角度的にも正しい位置にあることが、評価のために必要とされる。リアルタイムで測定及び評価を同時にするために、空間的及び角度的変数として示される6つのパラメータは大変に複雑である。今日使用される解法は、いくつかのセンサを使用して情報をマージする方法に基づくか、または、自由度の数を減少するためにシステムの厳しい設計に基づいている。20

【0117】

例えば、エミッタが円対称ビームを生成し；制御のために対象物上に固定されているとする。このエミッタは、その位置により、また、放射されたビームの幾何学的な位置により、特徴づけられる。受信機は円錐回折セットアップを含む。円錐回折セットアップを通過した後に、光分布は、小さい画像検出器上に画像化し、適切なアルゴリズムによって解析される。光源が結晶の光学軸と正確に整列していれば、光は円錐回折し、ポックケンドルフリングを生成する。光点の代わりのポックケンドルフリングの存在は、対象物の傾き及び偏擺れが所定の角度範囲に存在すると評価する。光学制御において測定すべき最も見つけにくいパラメータであるロール変量は、光が線型に偏光されていれば、検索可能である。シンプルな解法は、エミッタの偏光の角度の測定である。ロール変量の方位分布への変換は、マシーンビジョンの一般的な手段を使用してロール変量を検索可能とする。角度情報を空間的な光分布にコーディングすることは、光学ドメインで実施される。このため、同じビームの空間情報は、破壊されず、装置の機能を完成するために測定される。2つの横方向の位置は重心から検索される。最後に、焦点状態は縦方向の位置を検索可能とする。より高い縦方向の正確性が必要な場合は、発展したセンサが縦方向の位置を測定するために使用される。リジッドな対象物の6自由度から、そのようなシンプルな装置は、3つの自由度 - ロール及び横方向の位置 - を測定し、評価は他の3つに対し所定の範囲内に存在するかどうかとなる。3040

【0118】

コヒーレント光の空間周波数上における渦波の依存性は、コヒーレントなバックグランドを除去するためにシンプルなメカニズムを生成する。以下において、小さい信号と大きいバックグランドからなる波に対し、バックグランド光の全てのエネルギーは基本波に変換され；信号のエネルギーはバックグランドと渦波に分割される。信号がコヒーレントか50

、部分的にコヒーレントか、あるいは、非コヒーレントかのこの効果は、コヒーレント及び部分的にコヒーレントなバックグラウンドにおいてのみ生じる。入射分布がバックグラウンドにおける小さい振幅または相対象物を示しているものとする。すると以下の(10)式によって与えられる：

$$\mathbf{D}_I(\mathbf{R}, 0) = C \mathbf{d}_B(\mathbf{R}, 0) + \varepsilon \mathbf{d}_S(\mathbf{R}, 0) \quad (10)$$

【0119】

振幅及び相対象物間の相違は変数 ε に含まれており、振幅の対象物に対しては実数であり、相の対象物に対しては虚数である。

【0120】

振幅 C のコヒーレントで均一な分布及び半径 V によって示されるバックグラウンドに対し、入射光のフーリエ変換は以下の(11)式によって与えられる：

$$a_B(P) = C \frac{kV}{P} J_1(kVP). \quad (11)$$

【0121】

基本及び渦波がバックグラウンドに対し以下の(12)式によって与えられる：

$$\begin{aligned} B_{0B}(R, R_0, Z) &= C k^2 V \int_0^\infty dP J_1(kVP) \exp\left\{-\frac{1}{2}kZP^2\right\} \cos(kR_0 P) J_0(kRP) \\ B_{1B}(R, R_0, Z) &= C k^2 V \int_0^\infty dP J_1(kVP) \exp\left\{-\frac{1}{2}kZP^2\right\} \sin(kR_0 P) J_1(kRP) \end{aligned} \quad (12)$$

10

20

【0122】

$R_0 \ll V$ の場合、コサインの項である $\cos(kR_0 P)$ は 1 に近似され、基本波は結晶なしで伝播する波から大きく異なっていない。停止の場合、バックグラウンドの半径の半分をカバーすることで、バックグラウンドのエネルギーは、渦波において完全な偏光子で $10^5 - 10^6$ 程度に減少される。

【0123】

均一化：

30

円錐回折セットアップは、それが方位方向に光を集めため、光分布を均一化する。

【0124】

CVI は、回折限度以下において、2つの点を検知し、お互いを近接させるための新しい可能性を開いている。古い2つの星の問題は、実際に、ほとんど全ての光学規律におけるアプリケーションを有する。CVI は、2~3例をあげると、天文学、リソグラフィー、マシーンビジョンまたは光学記憶装置におけるアプリケーションを有し、他の光学アプリケーションは2つの近接した光学ピークを分離する必要がある。

【0125】

均一な材料からなり、材料の境界が平らな平面からなる光学装置は、シフトが不变量で、けられの問題を無視できる。幾何学的な光学の観点から、そのような装置の変換関数は場の変数から独立であり、コマ、非点収差、または、ひずみのような、いかなるオーダーの全ての場に関連する収差を除去する。この特徴は、円錐回折セットアップを含む、全ての結晶に基づく装置の続く光学設計をよりシンプルにする。

40

【0126】

結晶の入り口面から Z_1 に位置する点に対し、その ATF は、以下の(13)式のように、 Z_1 の訂正した距離によって空間を伝播する ATF によって与えられる：

$$\kappa_Z(P, Z_1) = \exp\left\{-\frac{1}{2}ikZ_1 P^2\right\} \quad (13)$$

【0127】

50

結晶の前に伝播項を含ませるために、 Z を $Z' = Z + Z_1$ と置き換えることにより変形することができる。この場合、縦方向に訂正したパラメータのゼロは、入力分布の最初の位置に位置する。変形した等式は結晶の縦方向の位置から独立したシステムを示しており、システムの光学的で光機械的な設計をよりシンプルにする。円錐回折のシフト及び縦方向の不变性は光学設計及びシステムのエンジニアリングをよりシンプルにする。円錐回折の光学軸と関連する入射光の幾何学的な軸の角度的な整列は厳しい。具体的な例において、それは大変に小さく、アークの数分にまで達している。そうであっても、この尤度は、近代の光学技術及び部品の正確性により簡単に達成可能である。他のシステムにおいて、この制約はシステム設計の速い段階から取り扱わなければならない。

【0128】

10

KTP、KTA、LBO、MDT、YCOB、LiInS₂、及びLiInSe₂は、本発明の実施例の2軸結晶成分として好適な結晶の例である。大きな寸法、大変高い均一性($n \sim 10^{-6}$)良好な平行性、光学的平坦性及び表面の良好な品質を有するこれら全ての結晶は、市販されている。UVにおいて、特に深いUVにおいて、LBOは円錐回折に対する選択である。その透過窓は、少ない透過損失で、193nmまで広がる。400から1300nmの間の可視光及び近赤外において、大変大きな円錐効果が必要でない場合、YCOB、KTP、MDT及びLBOが使用される。YCOBは、完全に近軸性で光学軸方向に依存する大変小さい波長を有するという明瞭な効果を有している。約1550nmで、MDT及びKTPが使用される。これらの全ては、Sバンドの低い波長からLバンドの高い波長まで延びる、電気通信窓における無彩色を簡単に提供することができる。

【0129】

20

1000及び5000nmの間のSWIR及びMWIR波長範囲において、MDT、KTP及びKTA(KTPの同形体)が使用される。KTPは1000から3000nmの間のSWIR範囲に対し無彩色である。最大でも12μmまでのLWIR範囲の多くにおける波長以上では、LiInS、LiInSe₂及びSnR₂P₂S₆が利用可能である。

【0130】

30

また、大変大きな円錐角度を有するPOM、DAST、MBANPまたはNPPのような有機結晶も利用可能である。

【0131】

理論的な回折パラメータである θ 、 A (及び R_θ)は分散インデックスの相違に依存し、ある材料に対し無彩色に近づけることができる。多くの実践的なアプリケーションにおいて、光学軸の方向 θ の変動は重大であり、材料パラメータ

 \bar{A}

の割合に保持すべきである。幸運にも、光学軸の方向のある材料に対する変動は大変に小さい。540nmから700nmの間のMDTにおいて、方向は0.1度未満変化する。KTPの場合、角度は、1350nm及び2100nmの間で0.05度だけ変動し、1450nmから1650nmの電気通信窓において、0.02度未満である。YCOBは、400nmから1350nmの広い範囲において0.3度に近い角度だけ変動する。これに対し、 θ は、例えばMBANP等のある結晶において大変変動する。また、円錐回折セットアップの無彩色性は、幾何学的な光学系における色収差の補正の標準的な方法と本質的に相違していない。単一ウェッジ板またはダブルウェッジ板を使用するシンプルな有色解法は、ガラスの自然分散をに基づいて存在する。しかし、分散要素の付加は全体のシステム設計を考慮しなければならない。材料パラメータのわずかな変更は、また、大変簡単に許容される。渦のアプリケーションにおいて、変動は気がつかれず；大きな p_θ アプリケーションにあっても、円錐半径の分散を生成する。また、この変動はシステム全体の有色設計の部分として補正される。YCOB及びKTPのようなある結晶では、反射構成物の自然分散と比較して二次のものであってもよい。斜方晶系及び三斜晶系の結晶に対

40

50

し、光学フレームは結晶軸と一致する。単斜晶系の結晶に対し、軸の2つのセットは異なる。単斜晶系の結晶において、光学フレームと結晶軸の相対的な方向は、光学軸の分散を生成する波長に依存し、有色設計において考慮されなければならない。方法は、波長の関数として、 ϕ の変動と光学フレームの方向とを別々に測定するよう発展している。

【0132】

図15は、CVIセットアップを含む光学記憶装置として使用する光学システムを示す。システムは、光を供給するためのレーザダイオードなどの光源1601を含んでいる。光源1601からの光は、レンズ1602によって平行にされ、変更ビームスプリッタ1603に導かれる。変更ビームスプリッタ1603からの光は集束光学系1604に導かれ、光学ディスク1606上のスポット1605上に集束する。スポット1605から反射した光は、集束光学系1604を再び通過し、ビームスプリッタ1603によって、4分の1波長板1607を含むCVIセットアップに導かれ、4分の1波長板は、ビームスプリッタ1603、2軸結晶1608、及び、4分の1波長板などの円検光子1609をこの順番で連結して、円偏光子として働く。構成要素1601-1604は、一緒になつて、画像化モジュールを構成し、画像モジュールはスポット1605から第1の4分の1波長板1607へ画像化した光を提供するために設けられている。この光は、次に、集束レンズ1610によって集束され、ビームスプリッタ1611及び検出器1612を通過し、検出器は例えば單一または2つの検出器からなる。検出器1612は、單一の光検出器、セグメント化された光検出器、または、例えば構成要素のマトリックスを具える光検出器のいずれかである。図16のCVIセットアップと変えて、PCIセットアップも使用できる。

【0133】

本発明の使用及び操作方法の更に詳しい議論については、上述した記載から明らかであろう。従って、使用及び操作方法に関する更に詳しい議論はしない。

【0134】

上述した記載に対し、本発明の部品の最適な寸法の関係として、サイズ、材料、形状、型、機能及び操作方法、組み立て予備使用方法の変形を含ませることは、当業者にとって明瞭で自明のことであり、図面及び明細書に記載されたものと同等の関係の全ては本発明によって包含されることを意図している。

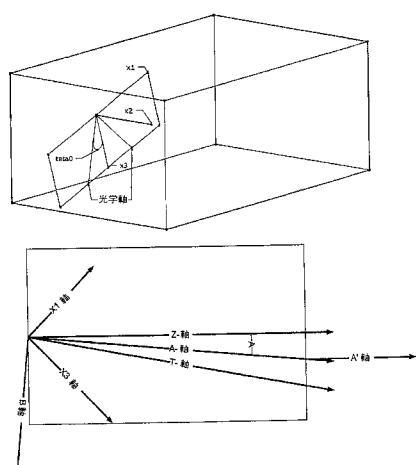
【0135】

本発明が、アプリケーションにおいて、明細書及び図面に記載された構成の詳細及び構成要素の配列に限定されることは理解されるであろう。本発明は、他の実施例に用いることができ、種々の方法で実践され実行される。また、ここで用いられた文章及び言葉は説明の目的のためであり、限定すべきでないことも理解されるであろう。

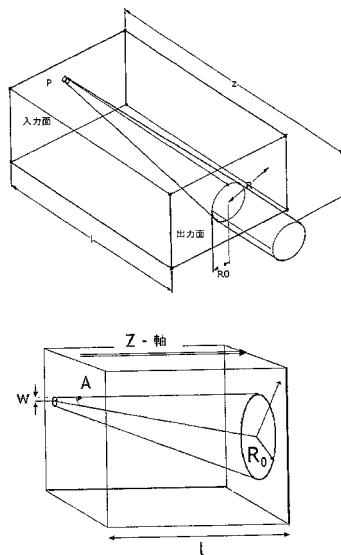
【0136】

そのため、上述した記載は本発明の原理の説明としてのみ考えるべきである。また、多くの変更及び変形を当業者であれば簡単にできるため、本発明を図面に示され明細書に記載された構造及び操作そのままに限定することを望まず、従って、全ての適切な変更及び同等物が用いられるが、本発明の範囲内である。

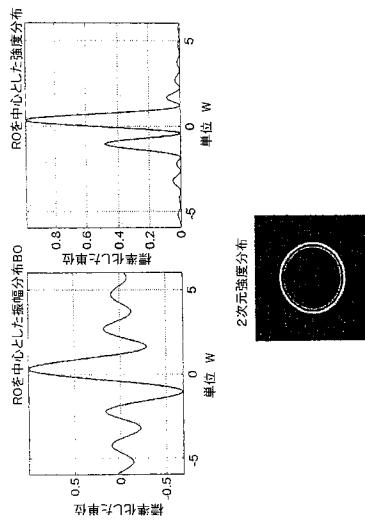
【図1】



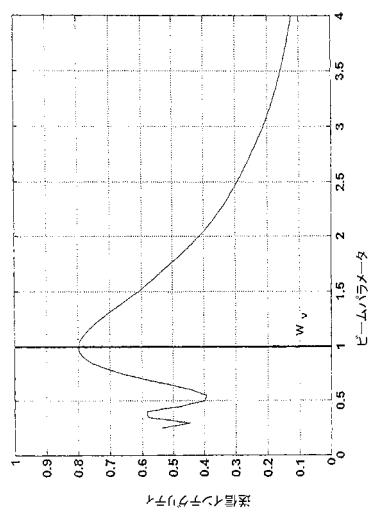
【図2】



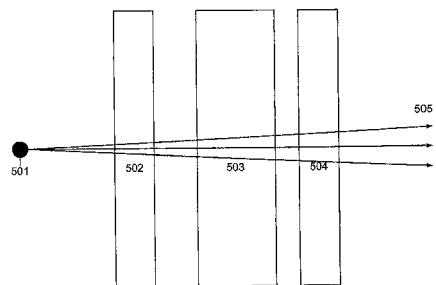
【図3】



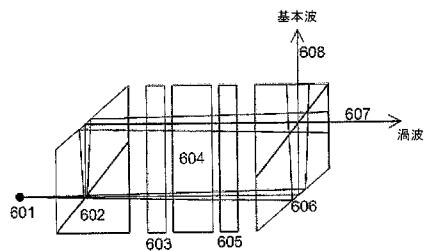
【図4】



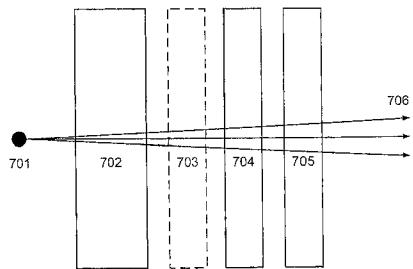
【図5】



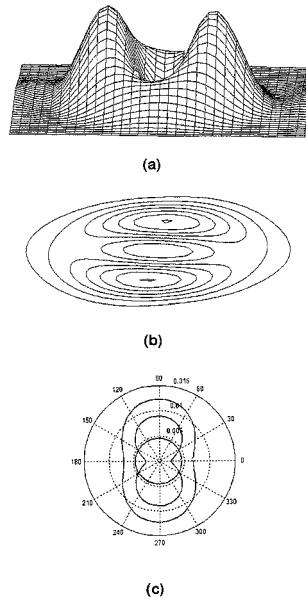
【図 6】



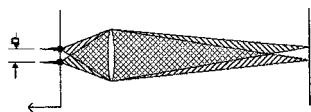
【図 7】



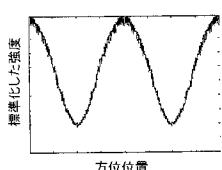
【図 8】



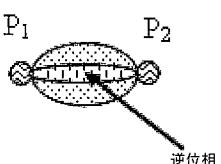
【図 9 a】



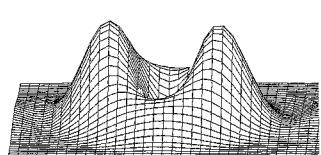
【図 9 b】



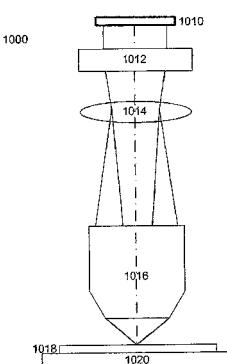
【図 9 c】



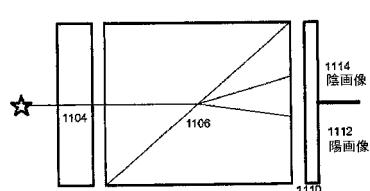
【図 9 d】



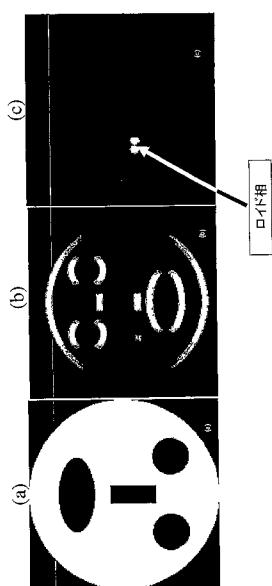
【図 10】



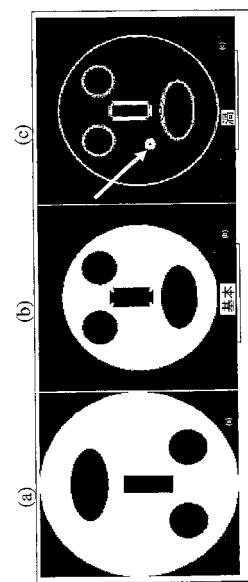
【図 11】



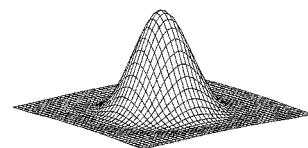
【図12】



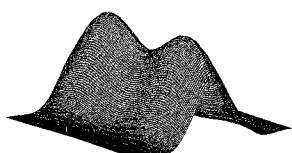
【図13】



【図14 a】



【図14 b】



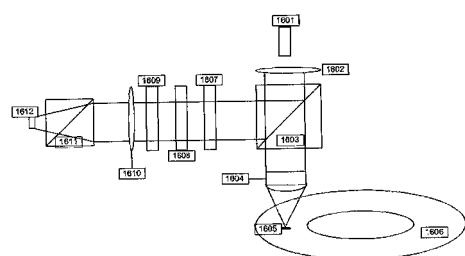
【図14 f】



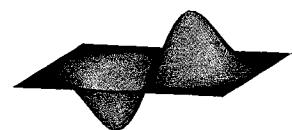
【図14 c】



【図15】



【図14 d】



【図14 e】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 27 / 28