

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5844114号
(P5844114)

(45) 発行日 平成28年1月13日 (2016. 1. 13)

(24) 登録日 平成27年11月27日 (2015. 11. 27)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 B 7/28 (2006. 01)

G O 2 B 7/28 N

G O 2 B 7/36 (2006. 01)

G O 2 B 7/28 M

H O 1 L 21/66 (2006. 01)

G O 2 B 7/36

H O 1 L 21/66 J

請求項の数 6 外国語出願 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2011-230159 (P2011-230159)
 (22) 出願日 平成23年9月30日 (2011. 9. 30)
 (65) 公開番号 特開2012-108488 (P2012-108488A)
 (43) 公開日 平成24年6月7日 (2012. 6. 7)
 審査請求日 平成26年7月17日 (2014. 7. 17)
 (31) 優先権主張番号 61/391, 672
 (32) 優先日 平成22年10月10日 (2010. 10. 10)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 504144253
 アブライド マテリアルズ イスラエル
 リミテッド
 イスラエル, 76705 レホヴォト,
 パーク ラビン, オッペンハイマー
 ストリート 9
 (74) 代理人 100092093
 弁理士 辻居 幸一
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 禎男
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭
 (74) 代理人 100086771
 弁理士 西島 孝喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検査システム及び高速焦点変更方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の小面、第2の小面及び小入射面を含む複数の小面を有するコアであって、該コアの屈折率は、該コア上に印加される電場に対応しており、紫外線に耐久性のある材料で作製されている前記コアと、

前記コアの前記第1の小面に結合された第1の電極の組と、

前記コアの前記第2の小面に結合された第2の電極の組と、

を備え、前記第1の小面と前記第2の小面は、前記コアを挟んで反対側にあり、

前記第1の電極の組及び前記第2の電極の組に電氣的に接続され、前記第1の電極の組及び前記第2の電極の組に別個にバイアスをかけるように構成された電圧源装置を更に備え、

前記第1及び第2の電極の組が、前記コアに電場を生じさせるようにバイアスされた場合、前記コアが、前記小入射面を介して前記コアに入射する第1の光ビームの伝搬方向に沿って第1の焦点調節機能を適用し、前記小入射面は、前記第1及び第2の小面に垂直に延びており、

前記第1の電極の組は、前記伝搬方向に垂直に延びている面上に第1の放物形を有する第1の大きさの電場の第1の部分を生じさせるように構成されており、前記第1の放物形は前記第1の電極の組に対向し、前記第1の放物形の曲線が前記第1の電極の組に対して延びており、

前記第2の電極の組は、前記伝搬方向に垂直に延びている面上に第2の放物形を有する

10

20

第 2 の大きさの前記電場の第 2 の部分を生じさせるように構成されており、前記第 2 の放物形は前記第 2 の電極の組に対向し、前記第 2 の放物形の曲線が前記第 2 の電極の組に対して延びており、

前記第 1 の電極の組及び前記第 2 の電極の組の少なくとも一方のバイアスの変化によって生じた前記電場の高速変化により、前記第 1 の焦点調節機能が高速変更されるようになる、

ことを特徴とする焦点調節装置。

【請求項 2】

前記コアが、リン酸二重水素カリウム、 KH_2PO_4 、リン酸二水素アンモニウム及び二酸化シリコンのうちの 1 つで作製される、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の焦点調節装置。

【請求項 3】

前記第 1 の大きさは、前記コアの中心に近づくにつれ増加し、前記第 2 の大きさは、前記コアの中心に近づくにつれ増加する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の焦点調節装置。

【請求項 4】

前記電場は、前記コアを前記第 1 の電極の組から前記第 2 の電極の組へ延びる第 1 の方向に沿って正レンズとして機能させると共に前記第 1 の方向及び前記伝搬方向に直交する方向に延びる第 3 の方向に沿って負レンズとして機能させる、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の焦点調節装置。

【請求項 5】

前記電場は、前記コアを前記第 1 の電極の組から前記第 2 の電極の組へ延びる前記第 1 の方向に沿って負レンズとして機能させると共に前記第 1 の方向及び前記伝搬方向に直交する方向に延びる第 3 の方向に沿って正レンズとして機能させる、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の焦点調節装置。

【請求項 6】

焦点変更方法であって、

紫外線に耐久性のある材料で作製されたコアの小入射面を介して第 1 の光ビームを受光するステップを含み、前記第 1 の光ビームは、伝搬方向に沿って前記コアを通して伝搬し、前記コアの屈折率が、前記コア上に印加される電場に対応し、

下記 i) 及び ii) により、前記伝搬方向に沿って与えられる第 1 の焦点調節機能を前記第 1 の光ビーム上に適用するステップを更に含み、

i) 前記コアの第 1 の小面に接続された第 1 の電極の組をバイアスすることにより、第 1 の放物形を有する第 1 の大きさの第 1 の電場を前記伝搬方向に垂直に延びている面上に生じさせ、第 1 の放物形は前記第 1 の電極の組に対向し、該第 1 の放物形の曲線が前記第 1 の電極の組に対して延びており、

ii) 前記コアの第 2 の小面に接続された第 2 の電極の組をバイアスすることにより、第 2 の放物形を有する第 2 の大きさの第 2 の電場を前記伝搬方向に垂直に延びている面上に生じさせ、第 2 の放物形は前記第 2 の電極の組に対向し、該第 2 の放物形の曲線が前記第 2 の電極の組に対して延びており、前記第 1 の小面は、前記第 2 の小面に対して前記コアの反対側にあり、前記小入射面は、前記第 1 及び第 2 の小面に垂直に延びており、

前記第 1 の電極の組及び前記第 2 の電極の組の少なくとも一方のバイアスを変化させることによって前記第 1 の電場及び前記第 2 の電場の高速変化を行うことにより、前記第 1 の焦点調節機能の高速変更を行うステップ

をさらに含むことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

〔関連出願との相互参照〕

本出願は、2010 年 10 月 10 日に出願された米国仮特許出願第 61 / 391、67

10

20

30

40

50

2号の非仮出願であり、前記仮特許出願の優先権を主張するとともにこれを組み入れる。

【0002】

本発明は、検査システム及び高速焦点変更方法に関する。

【背景技術】

【0003】

最新の製造工程では、ナノメートルの構造要素を有するオブジェクトを生成することができる。このような被検査オブジェクトは、半導体ウェハ、レチクル、太陽電池パネルなどの場合がある。このような被検査オブジェクトの被検査面は平坦でないため、焦点誤差が発生することがある。

【0004】

徐々に生じる焦点誤差は、被検査オブジェクトを上昇又は下降させることができる機械モジュールによって補正することができる。この補正は比較的速度が遅く、機械的制約により制限される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【非特許文献1】Gerald F. Marshall編集、「光走査」、11章(1991年、Marcel Dekker社により出版)、675~677頁

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

高速焦点誤差補正方法、及び高速焦点変更能力を有する検査システムを提供する必要性が高まっている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

検査システムを提供することができ、この検査システムは、センサと、被検査オブジェクトとセンサの間の距離を第1の速度よりも低い速度で変更するように構成された機械モジュールと、第1のビームを受光し、第1の方向に沿って第1の焦点調節機能を適用して第2のビームを供給するように構成されるとともに、第1の焦点調節機能を第1の速度を上回る速度で変更するように構成された第1の焦点調節装置と、各々が第2のビームの少なくとも一部を受光し、第2の方向に沿って第2の焦点調節機能を適用して複数の集束点を生成するように構成された複数の移動レンズを無線周波数信号に応答して生じるように構成されるとともに、第2の焦点調節機能を第1の速度を上回る速度で変更するように構成された移動レンズ音響光学装置と、複数の集束点を被検査オブジェクト上に導くとともに、被検査オブジェクトからの放射をセンサへ導くように構成された光学素子とを備える。

【0008】

焦点調節装置を提供することができ、この焦点調節装置は、複数の小面を有するコアと、コアの第1の小面に結合された第1の電極の組と、コアの第2の小面に結合された第2の電極の組とを含むことができ、コアの屈折率は、コア上に印加される電場に対応し、このコアは、紫外線に耐久性のある材料で作製され、電極が、略放物形を有する大きさの電場を第1の方向に沿って生じさせた場合、コアが、第1及び第2の小面と異なるコアの小入射面を介してコアに入射する第1の光ビーム上に、第1の光ビームの伝搬方向に配向された第1の方向に沿って第1の焦点調節機能を適用し、電場を高速変化させることにより、第1の焦点調節機能が高速変更されるようになる。

【0009】

焦点補正方法を提供することができる。この方法は、所望の焦点誤差補正量を受け取るステップと、第1の焦点調節機能及び第2の焦点調節機能の少なくとも一方の焦点調節機能を、第1の速度を上回る速度で、及び所望の焦点誤差補正量に応答して変更するステップとを含むことができ、第1の速度が、被検査オブジェクトとセンサとの間の距離を変更

10

20

30

40

50

するように構成された機械モジュールによって適用される距離変更の速度よりも速く、第1の焦点調節機能が、第1の焦点調節装置によって第1の方向に沿って適用され、第2の焦点調節機能が、無線周波数信号に応答して複数の移動レンズを生じるように構成された移動レンズ音響光学装置によって適用され、個々の移動レンズが、第2のビームの少なくとも一部を受光し、第2の方向に沿って第2の焦点調節機能を適用して複数の集束点を生成するように構成される。

【0010】

方法を提供することができる。この方法は、機械モジュールにより、機械モジュールによって被検査オブジェクトとセンサとの間の距離を第1の速度よりも低い速度で変更するステップと、第1の焦点調節モジュールによって第1のビームを受光し、第1の方向に沿って第1の焦点調節機能を適用して第2のビームを供給するステップと、移動レンズ音響光学装置により、無線周波数信号に応答して複数の移動レンズを生じさせるステップと、個々の移動レンズによって第2のビームの少なくとも一部を受光するステップと、個々の移動レンズにより、第2の方向に沿って第2の焦点調節機能を適用して複数の集束点を生成するステップと、複数の集束点を被検査オブジェクト上に導くステップと、被検査オブジェクトからの放射をセンサへ導くステップと、センサにぶつかる放射を感知するステップと、第1の焦点調節機能を、第1の速度を上回る速度で変更するステップと、第2の焦点調節機能を、第1の速度を上回る速度で変更するステップとを含むことができる。

【0011】

焦点変更方法を提供することができる。この方法は、紫外線に耐久性のある材料で作製されたコアの小入射面を介して第1の光ビームを受光するステップを含み、コアの屈折率はコア上に印加される電場に対応し、小入射面とは異なるコアの第1の小面に接続された第1の電極の組により、略放物形を有する大きさの電場を第1の方向に沿って生じさせ、これによりコアが第1の光ビーム上に、第1の光ビームの伝搬方向に配向された第1の方向に沿って第1の焦点調節機能を適用するようにするステップと、第1の電極の組によって生じた電場の高速変化を行うことにより、第1の焦点調節機能の高速変更を行うステップとをさらに含むことができる。

【0012】

本発明のさらなる詳細、態様及び実施形態を、図面を参照しながらほんの一例として説明する。図面では、同じ又は機能的に類似する要素を識別するために同じ参照番号を使用する。図中の要素は、簡潔さ及び明瞭さを目的として示すものであり、必ずしも尺度通りに描いたものではない。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施形態による検査システムを示す図である。

【図2】本発明の実施形態による検査システムを示す図である。

【図3】本発明の実施形態による検査システムを示す図である。

【図4】本発明の実施形態による第1の焦点調節装置を示す図である。

【図5】本発明の実施形態による、第1の焦点調節装置のコアの横断面にわたって発生した電場を示す図である。

【図6】本発明の実施形態による、第1の焦点調節装置のコアの横断面にわたって発生した電場を示す図である。

【図7】本発明の実施形態による、第1の焦点調節装置のコアにわたって発生した遅延を示す図である。

【図8】本発明の実施形態による、第1の焦点調節装置のコアの横断面にわたって発生した電場を示す図である。

【図9】本発明の実施形態による、第1の焦点調節装置のコアの横断面にわたって発生した電場を示す図である。

【図10】本発明の実施形態による、第1の焦点調節装置のコアの横断面にわたって発生した電場を示す図である。

【図１１】本発明の実施形態による、第１の焦点調節装置から出射する第２のビームの波面を示す図である。

【図１２】本発明の実施形態による、楕円横断面を有する第１のビーム及び第１の焦点調節装置のコアの横断面にわたって発生した電場を示す図である。

【図１３】本発明の実施形態による第１の焦点調節装置を示す図である。

【図１４】本発明の実施形態による方法を示すフロー図である。

【図１５】本発明の実施形態による方法を示すフロー図である。

【図１６】本発明の実施形態による方法を示すフロー図である。

【図１７】本発明の実施形態による第１の焦点調節装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

【００１４】

発明と見なされる主題については、本明細書の結論部分において具体的に示し、明確に特許請求する。しかしながら、添付図面とともに以下の詳細な説明を参照することにより、本発明を、その目的、特徴、及び利点とともに機構及び動作方法の両方に関して最も良く理解することができる。

【００１５】

説明図を簡潔かつ明確にするために、図に示す要素は必ずしも縮尺通りに描いていない。例えば、明確にするために要素の一部の寸法を他の要素に対して誇張している場合がある。さらに、適当であると考えられる場合、図中で参照番号を繰り返して、対応する又は類似する要素を示している場合がある。

20

【００１６】

以下の詳細な説明では、本発明の完全な理解をもたらすために数多くの具体的な詳細を記載する。しかしながら、当業者であれば、これらの具体的な詳細を伴わずに本発明を実施できることが理解されよう。その他の場合、本発明を曖昧にしないために、周知の方法、手順、及び構成要素については詳細に説明していない。

【００１７】

以下の詳細な説明は、本発明の例示的な実施形態についてのものであるが、当業者には明らかであろうように、本発明には修正及び補足構造を加えることができるので、本発明はこれらの例示的な実施形態に限定されるものではない。具体的には、ただし限定的な意味ではなく、例示的な実施形態は、被検査オブジェクトの共通の側に配置された光源及び検出装置を使用して反射光を検出すること（「反射システム」）による被検査オブジェクト面の検査に関して開示することができるが、当業者には、被検査オブジェクトを挟んで光源と反対側にある検出装置で透過光を検出すること（「透過システム」）による被検査オブジェクトの検査にも本教示を容易に適用できることがすぐに明らかになるであろう。反射システム及び透過システムは、例えば透過システムにはビームスプリッタが存在しない点で異なるが、本発明の原理は両方の種類のシステムに適用可能である。当業者であれば理解するであろうが、本発明によれば、被検査オブジェクトの検査において両方の種類のシステムを別個に又はともに利用することができる。

30

【００１８】

以下の例では、座標及び方向の組を定義する。これらの定義は、説明を簡潔にするためにのみ行うものである。方向については、互いに垂直であり、X、Y及びZ軸に平行であるように示している。これは必ずしもそうではない。図１～図４に記載する例では、光がZ軸に沿って伝搬し、移動レンズがX軸に沿って移動し、焦点誤差補正は焦点面を上昇又は下降させることを目的としており、第１の方向はY軸に平行であり、第２及び第３の方向はX軸に平行である。

40

【００１９】

図１は、本発明の実施形態による検査システム１０及び被検査オブジェクト２００を示す図である。

【００２０】

限定ではなくほんの一例として、被検査オブジェクト２００は、いくつかの製造段階の

50

いずれかにおける、上部に複数の半導体デバイスを有する８インチ又は１２インチウェハなどのいずれかの半導体製品、又は製造工程で使用されるマスク、レチクルなどとして行うことができ、このような被検査オブジェクトを、欠陥、異物、又はパターン精度を目的に検査することができる。このようなシステムでは、被検査オブジェクト面に見られる構造、欠陥又はオブジェクトのサイズ、位置及び種類を、高い精度及び信頼性を持って識別することが望ましい。検査及び品質保証段階に充てられる製造工程の遅延を最小限に抑えるために、このような識別を高速で行うことも望ましい。

【００２１】

システム１０は、初期ビーム２９を生成する連続（又はパルス）レーザ２０などの明るい光源に依拠することができる。この初期ビーム２９が、従来の設計を有するビームシェイパ３０に印加され、このビームシェイパ３０が、当業で公知の方法でビーム２９を拡張及び平行化して均一な強度のビームプロファイルを有する第１のビーム３９を形成する。ウェハ検査では、レーザが、安定した出力電力（又は安定したパルスエネルギー及びパルス繰り返し数）、安定した横モード及び安定したビーム指向で高い解像度を生じるために、例えば２４８ｎｍ又は１９３ｎｍなどの短い波長で動作することが好ましい。

【００２２】

本発明の実施形態によれば、ビームシェイパ３０が、所望の横断面を実現するために、焦点調節、焦点ずらし、フィルタ処理、又はその他の周知の技術を使用することにより、第１のビーム３９の横断面を成形することができる。例えば、図１２に示すように、第１のビーム３９は楕円形を有することができ、図中、第１のビーム３９の横断面１６０１は、第１の軸線に沿った長軸と、第３の軸線に沿ったはるかに小さな短軸とを有する狭い楕円形を有する。

【００２３】

第１のビーム３９は、第１の焦点調節装置４０に供給される。第１の焦点調節装置４０は、第２のビーム４９を出射する。

【００２４】

第２のビーム４９は、第２のビーム４９を複数のビーム５９に変換する移動レンズ音響光学装置５０上に照射される。便宜上、図１には一例として３本のビーム５９を示しているが、ビーム数はこれより多くてもよく、例示的な実施形態では１０本又はそれ以上の同時走査ビームとすることができる。

【００２５】

移動レンズ音響光学装置５０は、無線周波数発生器５１、無線周波数入力部５２及び結晶５３を含む。無線周波数（ＲＦ）発生器５１は、チャープしたＲＦパルス５６を生成してＲＦ入力部５２へ送り、この場合単一のＲＦパルスによって単レンズ５４が生成され、一連のパルスによって移動レンズ音響光学装置５０の結晶５３内に複数の直列レンズが形成される。

【００２６】

個々のレンズ５４は、第２のビーム４９又はその一部を受光して出射部において合焦させることにより所望の数のビームを形成する。ＲＦパルス５６が結晶５３を通過して移動すると、関連するレンズが移動して、これらのビームの各々が走査の性質を持って移動するようになる。

【００２７】

音響光学セルの基本的理論、構造及び材料は、Gerald F. Marshall 編集、「光走査」、１１章（１９９１年、Marcel Dekker 社により出版）に記載されている。６７５～６７７頁に説明があるように、単一ビームの周波数チャープ走査は、線形周波数掃引（「チャープ」）が適用される音響光学ブラッグセルを伴う。セルの光学的開口にわたって生じる周波数勾配が、チャーププレートに基づく焦点距離を有する円柱レンズとして機能する。線形掃引音響周波数により回折された光は収束又は分岐していることがあり、これを相補的光学レンズによって補正することができる。

【００２８】

結晶 53 は、UV 光源に適合する、好ましくは溶融石英、GaAs 又は TeO₂ ガラスで作製された音響光学媒体を有する材料で作製することができるが、UV 光との適合性があるその他の公知の材料を使用してもよい。結晶 53 は、両側を 0.5% 未満に定格された反射防止コーティングを個々の主要面に有することができる。装置は、130 MHz の帯域幅で、266 nm の波長及び 200 MHz の中心周波数の縦音響モードで動作する。RF 電力は、3.0 ワット未満とすることができる。1 つの例示的な実施形態では、装置のアクティブアパーチャを 1.0 mm「H」× 60 mm「L」とすることができる。

【0029】

RF 発生器 51 は、一連の「チャープ」又はパルス RF 波形 56 を提供することができるが、例示的な実施形態ではこれらの持続時間及び振幅が最適に全く同じであるが、移動レンズの所望の光学効果によれば、RF 入力ポート 52 とは異なる場合がある。RF 入力ポート 52 は、光の経路に対して横向きとなるように位置決めされ、RF 波形が結晶 53 の縁部に注入されて、例示的な実施形態では 5.96 mm / マイクロ秒又はほぼ音速の速さで結晶 53 の長さを横切る圧力波を構築できるようにする。結晶媒体の中を伝搬する圧力波は、結晶 53 の上面に入射して結晶 53 の下面から出射する第 2 の光ビーム 49 のための直列焦点調節レンズ 54 を提供するように位置合わせされる。

【0030】

結晶 53 (音響光学装置 50 のアクティブ領域) 内に複数の直列レンズ 54 が形成される効果により、これらの形成されたレンズごとに、移動レンズ音響光学装置 50 の焦点面に飛点 59 を有するビームレット 58 を生成できるようになる。飛点 59 を光学素子 120 によって被検査オブジェクト 200 上に結像して、被検査オブジェクト 200 の上面上に複数の点を形成することができる。

【0031】

被検査オブジェクト 200 から反射された光は、光学素子 120 の少なくとも一部を再び通過してセンサ 70 へ導かれる。

【0032】

センサ 70 は、センサにぶつかる光に応答して検出信号を生成する。これらの検出信号を、プロセッサ 110 によって処理することができる。

【0033】

プロセッサ 110 は、焦点誤差を計算又は別様に検出して、第 1 の焦点調節装置 40、移動レンズ音響光学装置 50、又はこれらの両方の焦点調節特性を制御することができる。従って、飛点の焦点面を (被検査オブジェクト 200 の方に向かって伝播軸に沿って測定した場合) より高い点又はより低い点に定めることができるとともに、第 1 の焦点調節装置 40 の焦点面もより高い点又はより低い点に定めることができる。

【0034】

基本的に、点の焦点を距離 J だけ上昇させることによって焦点誤差を修正した場合、第 1 の焦点調節装置 40 及び移動レンズ音響光学装置 50 の各々に、それぞれの焦点面を K だけ変更するように指示することができるが、この場合、光学素子 120 の伝達関数により、これらの 2 つの構成要素 (40 及び 50) による K の焦点面の変化を被検査オブジェクト 200 の面に近い J の焦点面変化に「変換」することができるので、K は J 及びこの伝達関数に対応する。

【0035】

なお、焦点補正では、別個の光路、別個のセンサ及び別個の焦点誤差計算機のいずれか 1 つを使用することができるが、説明を簡潔にするためにこのような別個の構成要素は図示していない。

【0036】

図 2 は、本発明の実施形態による検査システム 11 及び被検査オブジェクト 200 を示す図である。

【0037】

検査システム 10 の光学素子 120 は、検査システム 11 のコリメーティングレンズ 6

10

20

30

40

50

2、円柱レンズ60、ビームスプリッタ65、望遠鏡80、及び対物レンズ90に置き換えられている。

【0038】

円柱レンズ60は、第1の方向又は第2の方向に沿った固定焦点調節機能を実行することができる。

【0039】

円柱レンズ60の次に、ビームレット58を平行にして平行ビームを供給するコリメーティングレンズ62を設置することができる。これらの(個々の移動レンズの)平行ビームはビームスプリッタ59へ送られ、このビームスプリッタ59が、これらのビームを望遠鏡80及び対物レンズ90の方へ通過させて被検査オブジェクト200の表面上に一連の飛点を形成する。被検査オブジェクト200からの光は、対物レンズ90及び望遠鏡80を通じて導かれ、ビームスプリッタ65にぶつかり、このビームスプリッタ65が光をセンサ70の方へ導く。

10

【0040】

図3は、本発明の実施形態による検査システム12及び被検査オブジェクト200を示す図である。

【0041】

検査システム12は、(i)第1の焦点調節装置40の手前の、第1の焦点調節装置40が非平行光を受光するように入射ビームの焦点を調節するための焦点調節レンズ31と、(b)第1の焦点調節装置40の後に位置する、移動レンズ音響光学装置50に到達する前に第1の光ビーム39を平行にするためのコリメーティングレンズ32とを有することにより検査システム11とは異なる。

20

【0042】

焦点調節レンズ31は、第1のビーム39を第1の焦点調節装置のコアの小入射面49上に合焦させ、或いは第1のビーム39を、小入射面29が位置する面A131の前又は後の他のいずれかの面上に合焦させることができる。

【0043】

第1のビーム39を合焦させること、又は第1のビームの横断面の幅を第3の方向に沿って別様に狭めることにより、第1の焦点調節装置40により(第3の方向に沿って)加えられる望ましくない焦点ずれを低減することができる。なお、第1のビーム39の成形をビームシェイパ30によって(少なくとも部分的に)実行することもできる。

30

【0044】

図4は、本発明の実施形態による第1の焦点調節装置40を示す図である。第1の焦点調節装置40は、多重電極に接続されたコア43を含む。電極は、1組からそれ以上の電極の組の形で構成することができる。

【0045】

コア43は、対称芯を欠いた結晶で作製することができ、すなわち結晶の原子構造が対称芯を有していない。コアの屈折率は、コア上に印加される電場に対応することができる。

【0046】

コア43は、耐久性のある紫外線材料(及び特に耐久性がある深紫外線(DUV)材料)で作製すべきであり、これらの材料は、(ほとんどの放射が透過できる)良好な光学特性及び大きなEO係数も有すべきである。非限定的な例として、リン酸二重水素カリウム(KD*P)、KH₂PO₄(KDP)、リン酸二水素アンモニウム(ADP)及び二酸化シリコン(SiO₂)が挙げられる。

40

対称	(/ (0	屈折率	$n_{or}(10 \sim 12 \text{ V} / \text{m})$	EO (10 ~ 12 V / m)	材料
4 2 m	((c=20 (c=45	$n_o=1.51$ $n_e=1.47$	29 34	$R_{41}=8.6$ $R_{63}=10.6$	KDP
4 2 m	$\varepsilon \parallel c=50$ $\varepsilon \perp c=47$	$n_o=1.49$ $n_e=1.45$	80	$R_{41}=8.8$ $R_{63}=23.6$	KD*P
4 2 m	$\varepsilon \parallel c=12$ $\varepsilon \perp c=55$	$n_o=1.52$ $n_e=1.48$	95 27	$R_{41}=28$ $R_{63}=8.5$	ADP
3 2	$\varepsilon \parallel c=4.3$ $\varepsilon \perp c=3.3$	$n_o=1.54$ $n_e=1.55$	0.7 3.4	$R_{41}=0.2$ $R_{63}=0.93$	SiO ₂

10

【0047】

コア43は、KD*Pで作製したものである。KD*Pは水溶性であるため、電極は水のない処理で蒸着すべきであり、従って化学処理を使用することはできない。コア43は、上部小面46及び下部小面45上の均一な金属層によって気化することができる。その後、集束赤外線レーザービームを使用して金にスクライビングし、コア43の表面にわたって線を焼き付けることができる。スクライビング処理中に生じたくずは、空気圧によって回収することができる。

【0048】

20

電極の境界面を保護し、コア43を湿気に触れることから保護するために、個々の電極を、端子線に半田付けされた金の先端に接続することができる。端子線は、電圧源44に接続される。他の代替の解決策を適用してもよい。

【0049】

図4には、第1の電極の組41及び第2の電極の組42を示している。これらの2つの電極の組は、電圧源装置44から電圧を受け取る。個々の電極が異なる電圧レベルを受け取って、コア43が1又はそれ以上の焦点調節機能を適用するようにすることもできる。

【0050】

図4には、(図5及び図6に46及び45で示す)2つの対向する小面に接続された2つの電極の組41及び42を示している。なお、コアの2つよりも多くの小面に電極を接続してもよく、コア43を異なる方法で成形してもよい。例えば、コア43を、図16に示すような等電位形状に基づいて成形することもできる。

30

【0051】

図4には、互いに平行な電極を示しており、個々の電極はZ軸に沿って延びることができる。なお、電極を異なる方法で位置決めし、異なる形状を有するようにすることができる。例えば、電極を格子として形成してもよく、或いはZ軸に沿って異なる電圧値を実現できるように別様に形成してもよい。

【0052】

さらに、組ごとの電極数は、(図5及び図6に示すような)9個又は(図4に示すような)6個とは異なってもよい。

40

【0053】

コア43は、第1の方向にほぼ垂直な第3の方向に沿って第3の焦点調節機能を適用することもできる。このことを、例えば図15に示す。第1の焦点調節機能が、第1のビームを第1の方向に沿って合焦させる場合、第3の焦点調節機能が、第1のビームの焦点を第3の方向に沿ってずらす。

【0054】

本発明の実施形態によれば、1つの電極の組42が、コアの中心に近づくにつれて増加する大きさの電場を第1の方向に沿って生じさせるように構成される。第2の電極の組41は、コアの中心に近づくにつれて減少する大きさの電場を第1の方向に沿って生じさせるように構成することができる。

50

【 0 0 5 5 】

これらの電極は、コア 4 3 を第 1 の方向に沿って正レンズとして機能させ、第 3 の方向に沿って負レンズとして機能させる電場を生じさせるように構成される。これらの電極には、コア 4 3 を第 1 の方向に沿って正レンズとして機能させ、第 3 の方向に沿って負レンズとして機能させることができる異なる電圧を供給することができる。

【 0 0 5 6 】

図 5 は、本発明の実施形態による、第 1 の焦点調節装置のコアの横断面にわたって発生した電場を示す図である。この横断面は、面 A 1 3 1 及び B 1 3 2 の間に位置する面 X - Y に沿って切り取ったものである。

【 0 0 5 7 】

曲線 3 0 2 は、第 1 の方向に沿って略逆放物形を有する、電極の組 4 2 によって生じた大きさの電場を示している。

【 0 0 5 8 】

曲線 3 0 1 は、第 1 の方向に沿って略放物形を有する、電極の組 4 1 によって生じた大きさの電場を示している。

【 0 0 5 9 】

図 6 は、本発明の実施形態による第 1 の焦点調節装置のコアの横断面にわたって発生した電場を示す図である。

【 0 0 6 0 】

実際には、有限数の離散ステップによって、放物形の電場を大まかに近似させることができる。この大まかな近似は、電場に不連続部が生じないようにコア 4 3 の中心へ向けて円滑化され、従って中心付近で次第にかつ円滑に変化すると予想される。不連続部は、無限の電荷密度が存在する場合にのみ生じる可能性があり、発明者らのモデルでは結晶内部に（巨視的）電荷は存在しない。一方で、シミュレーションから分かるように、電極近くでは、電場の大きさに急激な「ジャンプ」が生じるようになる。

【 0 0 6 1 】

曲線 3 0 4 は、電極の組 4 2 により第 1 の方向に沿って生じた逆放物形の大まかな近似である大きさの電場を示している。

【 0 0 6 2 】

曲線 3 0 3 は、電極の組 4 1 により第 1 の方向に沿って生じた放物形の大まかな近似である大きさの電場を示している。

【 0 0 6 3 】

図 7 は、光が結晶（コア）を通過することにより生じる位相遅延（遅延）を、結晶の長さ及び結晶の屈折率を考慮することによって電場の理想的な E y 成分から計算される位置の関数として示す図である。

【 0 0 6 4 】

図 8 は、コア内の X - Y 面に沿った等電位線を示す図である。

【 0 0 6 5 】

図 9 は電場の E x 成分を示す図であるのに対し、図 1 0 は電場の E y 成分を示す図である。

【 0 0 6 6 】

図 1 1 は、本発明の実施形態による、第 1 の焦点調節装置 4 0 から出射する第 2 のビームの波面を示す図である。波面 1 5 0 1 は、第 1 の方向に沿って放物形を、及び第 3 の方向に沿って逆放物形（鞍状）を有する。

【 0 0 6 7 】

図 1 3 は、本発明の別の実施形態による第 1 の焦点調節装置 4 0 を示す図である。

【 0 0 6 8 】

第 1 の焦点調節装置 4 0 は、第 1 の焦点調節装置 4 0 内を伝搬する第 1 のビーム 3 9 の光路長を変化させることにより焦点面を変化させる。

【 0 0 6 9 】

10

20

30

40

50

第2の鏡142は、ビームスプリッタ145と第2の鏡142の間の距離D149を変化させ、従って光路長を変化させるように（モータ143により）X軸に沿って移動可能である。第2の鏡142は小型かつ軽量であり、比較的すばやく移動することができる。

【0070】

第1のビーム39は、第1の焦点調節装置40にZ軸と平行に入射する。このビーム39は、ビームスプリッタ145により第2の鏡142の方へ反射される。第2の鏡142は、ビームスプリッタ145を通過する光を第1の鏡141にぶつかるまで反射する。第1の鏡141は、このビームを反射して、垂直に伝搬する第2のビーム49を供給する。

【0071】

図14は、本発明の実施形態による方法1800を示す図である。

10

【0072】

方法1800は、所望の焦点誤差補正量を受け取るステップ1810から開始する。所望の焦点誤差補正量は、いずれかの従来の手段により計算することができる。

【0073】

ステップ1810の後、ステップ1820において、第1の焦点調節機能及び第2の焦点調節機能の少なくとも一方の焦点調節機能を（第1の速度を上回る速度で、及び所望の焦点誤差補正量に応じて）変更する。

【0074】

第1の速度は、被検査オブジェクトとセンサの間の距離を変更するように構成された機械モジュールにより適用される距離変更の速度よりも速い。

20

【0075】

第1の焦点調節機能は、第1の焦点調節装置により第1の方向に沿って適用される。

【0076】

第2の焦点調節機能は、無線周波数信号に応答して複数の移動レンズを生じるように構成された移動レンズ音響光学装置により適用される。個々の移動レンズは、第2のビームの少なくとも一部を受光し、第2の方向に沿って第2の焦点調節機能を適用して複数の集束点を生成するように構成される。

【0077】

図15は、本発明の実施形態による方法1900を示す図である。

【0078】

30

方法1900は、第1の焦点調節モジュールによって第1のビームを受光し、第1の方向に沿って第1の焦点調節機能を適用して第2のビームを供給するステップ1920から開始する。

【0079】

ステップ1920の後、ステップ1930において、移動レンズ音響光学装置により、無線周波数信号に応答して複数の移動レンズを生じさせる。

【0080】

ステップ1930の後、ステップ1940において、個々の移動レンズによって第2のビームの少なくとも一部を受光する。

【0081】

40

ステップ1940の後、ステップ1950において、個々の移動レンズにより、第2の方向に沿って第2の焦点調節機能を適用して複数の集束点を生成する。

【0082】

ステップ1950の後、ステップ1960において、複数の集束点を被検査オブジェクト上に導く。

【0083】

ステップ1960の後、ステップ1970において、被検査オブジェクトからの放射をセンサへ導く。

【0084】

ステップ1970の後、ステップ1980において、センサにぶつかる放射を感知する

50

。

【 0 0 8 5 】

方法 1 9 0 0 では、焦点誤差補正を行うステップ 1 9 9 0 によって示すように、ステップ 1 9 2 0 ~ 1 9 8 0 の実行中に焦点誤差補正も行う。

【 0 0 8 6 】

ステップ 1 9 9 0 は、ステップ 1 9 9 2、1 9 9 3 及び 1 9 9 4 のいずれか 1 つを含むことができる。

【 0 0 8 7 】

ステップ 1 9 9 2 は、機械モジュールにより、被検査オブジェクトとセンサの間の距離を第 1 の速度よりも低い速度で変更するステップを含む。

10

【 0 0 8 8 】

ステップ 1 9 9 3 は、第 1 の焦点調節機能を第 1 の速度を上回る速度で変更するステップを含む。

【 0 0 8 9 】

ステップ 1 9 9 4 は、第 2 の焦点調節機能を第 1 の速度を上回る速度で変更するステップを含む。

【 0 0 9 0 】

図 1 6 は、本発明の実施形態による方法 2 0 0 0 を示す図である。

【 0 0 9 1 】

方法 2 0 0 0 は、ステップ 2 0 1 0 及び 2 0 2 0 により開始する。

20

【 0 0 9 2 】

ステップ 2 0 1 0 は、紫外線に耐久性のある材料で作製されたコアの小入射面を介して第 1 の光ビームを受光するステップを含み、コアの屈折率は、コア上に印加される電場に対応する。

【 0 0 9 3 】

ステップ 2 0 2 0 は、小入射面とは異なるコアの第 1 の小面に接続された第 1 の電極の組により、第 1 の光ビームの伝搬方向に沿って配向された第 1 の方向に沿って略放物形を有する大きさの電場を生じさせることにより、コアに第 1 の光ビームに対して第 1 の方向に沿って第 1 の焦点調節機能を適用させるステップを含む。

30

【 0 0 9 4 】

ステップ 2 0 1 0 及び 2 0 2 0 は、複数回繰り返すことができる。

【 0 0 9 5 】

これらのステップを実行することに平行して、方法 2 0 0 0 は、第 1 の電極の組によって生じた電場を高速変化させることにより第 1 の焦点調節機能の高速変更を行うステップ 2 0 3 0 によって示すように、焦点誤差補正処理を行うステップを含むこともできる。この変更が高速となる理由は、被検査オブジェクト、光学素子などを移動（上昇又は下降）させることを必要とする焦点の変更よりも高速（及びはるかに高速）なためである。

【 0 0 9 6 】

図 1 7 は、本発明の別の実施形態による第 1 の焦点調節装置 4 0 を示す図である。

【 0 0 9 7 】

第 1 の焦点調節装置 4 0 は、コア 4 3、回転光学素子 1 7 0 1 及び追加のコア 4 3' を含む。コア 4 3 は、コア 4 3 に対して（Z 軸を中心に）約 9 0 ° 回転している。例えば、電極の組 4 1 及び 4 2 が、図 1 7 を含むページの面と平行に存在する場合、追加のコア 4 3' の電極の組 4 1' 及び 4 2' は、図 1 7 を含むページの面と垂直になる。

40

【 0 0 9 8 】

第 1 のビームは、コア 4 3 上にぶつかった場合、Y 軸に平行な長軸を有する狭い楕円形の横断面 1 7 1 0 を有し、従って第 3 の方向に沿った望ましくない合焦又は焦点ずれの影響が最小限に抑えられる。

【 0 0 9 9 】

コア 4 3 から出射するビームは、（プリズムの組などのいずれかの公知の回転光学素子

50

を含むことができる) 光学素子 1701 を回転させることにより約 90° 回転し、追加のコア 43' にぶつかったときに、横断面が、X 軸に平行な長軸を有する狭い楕円形となる。

【0100】

この構成により、第 1 及び第 3 の方向に沿った焦点調節を制御できるようになり、移動レンズ音響光学装置 50 によって適用される焦点調節機能を変更することに加え、或いはこれの代わりにこの構成を適用することができる。

【0101】

計算、理論

以下の計算により、コア 43 などの光電気レンズ(電位によって電力を制御できるレンズ)上に印加する電場の例が得られる。生じるレンズはグレーデッドインデックス型である。このレンズは放物線状の屈折率を有し、焦点調節レンズとして機能するので、非ゼロの電気光学係数を有する材料を採用して振幅が x^2 の関数として変化する電場をレンズ内に生じさせることによりレンズが形成される。電気光学テンソルを使用することにより、新たな屈折力の楕円体を計算し、レンズ性能を評価して最適化することができる。

【0102】

電場計算

放物線状の屈折率を得るために、電場を以下の形にすべきである。

$$E_y \propto \alpha x^2$$

【0103】

或いは、以下のより一般的な形にすべきである。

$$E_y = \alpha x^2 \cdot f(y) + g(y)$$

【0104】

電場は、マクスウェルの方程式に従わなければならない。

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 0; \Rightarrow \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} = 0$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0; \Rightarrow \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} = 0$$

【0105】

これらの 2 つの方程式により、以下の方程式が得られる。

$$\frac{\partial E_x}{\partial x} + \alpha x^2 f'(y) + g'(y) = 0$$

$$2\alpha x f(y) - \frac{\partial E_x}{\partial y} = 0$$

【0106】

これらの方程式を積分して以下の方程式を得ることができる。

$$E_x = -\frac{\alpha x^3}{3} f'(y) - g'(y)x + c(y)$$

$$\Rightarrow 2\alpha x f(y) + \frac{\alpha x^3}{3} f''(y) + g''(y)x + c'(y) = 0$$

【0107】

E_y は x 方向では 2 次式でなければならないので、この方程式により以下の制限が課される。

10

20

30

40

$$f''(y)=0;\Rightarrow f(y)=a_1y+b_1$$

$$2\alpha f(y)-g''(y)=0$$

$$c'(y)=0\Rightarrow c(y)=const=c$$

【 0 1 0 8 】

g (y) について解くと以下のようにになる。

$$g(y)=-2\alpha\left(a_1\frac{y^3}{6}+b_1\frac{y^2}{2}+c_1y+d_1\right)$$

【 0 1 0 9 】

g 及び f が得られたので、電場を計算することができる。

$$E_x=-\alpha\frac{x^3}{3}a_1-2\alpha\left(a_1\frac{y^2}{2}+b_1y+c_1\right)+c$$

$$E_y=\alpha x^2(a_1y+b_1)-2\alpha\left(a_1\frac{y^3}{6}+b_1\frac{y^2}{2}+c_1y+d_1\right)$$

【 0 1 1 0 】

これらの方程式から、電位を計算することができる。

$$\vec{E}=-\nabla\phi;$$

$$E_x=-\frac{\partial\phi}{\partial x}; \quad E_y=-\frac{\partial\phi}{\partial y}$$

【 0 1 1 1 】

また、直接積分によって以下のようにになる。

$$\phi(x,y)=-\alpha\frac{x^4}{12}a_1+\alpha x^2\left(a_1\frac{y^2}{2}+b_1y+c_1\right)+cx-2\alpha\left(a_1\frac{y^4}{24}+b_1\frac{y^3}{6}+c_1\frac{y^2}{2}+d_1y\right)$$

【 0 1 1 2 】

実際の見地から、 $(x, y) = (x, -y)$ となることが望ましい。

【 0 1 1 3 】

これにより対称的な供給電圧を使用できるようになる。

【 0 1 1 4 】

この条件は、 $a_1 = 0$ を意味する。C 及び d_1 は固定場にのみ寄与するので、最終結果は以下のようにになる。

$$\phi(x,y)=b_1x^2y-b_1\frac{y^3}{3};$$

$$-E_y=\frac{\partial\phi}{\partial y}=b_1(x^2-y^2)$$

$$-E_x=\frac{\partial\phi}{\partial x}=2b_1x\cdot y,$$

【 0 1 1 5 】

E_y は望んだように機能するが、 E_x はこの望ましい目標とは異なり、従って結晶に E O テンソルを結合するときにはこの電場成分について注意すべきであることが分かる。

【 0 1 1 6 】

E_y 電場は鞍点の形（逆放物形）を有するので、一方向では正レンズが提供され、直交方向では負レンズが提供されることが分かる。

【 0 1 1 7 】

リン酸二重水素カリウムは、以下の屈折率楕円体方程式を有する。

10

20

30

40

50

$$\frac{x^2}{n_o^2} + \frac{y^2}{n_o^2} + \frac{z^2}{n_e^2} + 2r_{41}E_x yz + 2r_{41}E_y xz + 2r_{63}E_z xy = 1$$

【 0 1 1 8 】

座標系は結晶系である。混乱を無くするために、結晶座標システムを、結晶の c 方向（異なる屈折率を有する方向）を t とする（x, y, z）（s, v, t）として示す。

【 0 1 1 9 】

E オレンズを得るために、E_y を t 方向に適用する。屈折率楕円体方程式は以下のようになる。

$$\frac{s^2}{n_o^2} + \frac{v^2}{n_o^2} + \frac{t^2}{n_e^2} + 2r_{63}E_y sv = 1$$

10

【 0 1 2 0 】

座標変形により、この方程式を対角化することができる。

定義：

$$s = s' \cos 45^\circ - v' \sin 45^\circ$$

$$v = s' \sin 45^\circ + v' \cos 45^\circ$$

【 0 1 2 1 】

すると、屈折率楕円体方程式は以下のようになる。

20

$$\left(\frac{1}{n_o^2} + r_{63}E_y \right) s'^2 + \left(\frac{1}{n_o^2} - r_{63}E_y \right) v'^2 + \frac{t^2}{n_e^2} = 1$$

【 0 1 2 2 】

電場の効果は屈折率を変更することであつたので、結晶方向に対して 45° の新しい光方向が作成された。屈折率の変化は以下のように計算することができる。

$$n_{s'} = n_o - \frac{n_o^3}{2} r_{63}E_y$$

$$n_{v'} = n_o + \frac{n_o^3}{2} r_{63}E_y$$

30

【 0 1 2 3 】

光が結晶の 1 1 0 方向に伝播し、偏向が 1 1 0 方向である場合、屈折率は、n_s となる。

【 0 1 2 4 】

電場内では方程式 E_x を排除できないので、これが屈折率に及ぼす影響を検討すべきである。E_x を有する屈折率楕円体は、以下の通りである。

$$\left(\frac{1}{n_o^2} + r_{63}E_y \right) s'^2 + \left(\frac{1}{n_o^2} - r_{63}E_y \right) v'^2 + \frac{t^2}{n_e^2} + 2r_{41}E_x \left(\frac{s'}{\sqrt{2}} + \frac{v'}{\sqrt{2}} \right) t = 1$$

40

【 0 1 2 5 】

いくつかの代数を使用すると以下のようになる。

$$\frac{s'^2}{n_{o1}^2} + \frac{v'^2}{n_{o2}^2} + \frac{t^2}{n_e^2} + \sqrt{2}r_{41}E_x s't + \sqrt{2}r_{41}E_y v't = 1$$

【 0 1 2 6 】

屈折率楕円体の新たな主方向を発見するために、二次形式行列の固有値及び固有ベクトルを求めるべきである。

$$\Delta = \begin{bmatrix} \frac{1}{n_{o1}^2} & 0 & \frac{r_{41}}{\sqrt{2}} E_x \\ 0 & \frac{1}{n_{o2}^2} & \frac{r_{41}}{\sqrt{2}} E_x \\ \frac{r_{41}}{\sqrt{2}} E_x & \frac{r_{41}}{\sqrt{2}} E_x & \frac{1}{n_e^2} \end{bmatrix}$$

【 0 1 2 7 】

行列式は以下になる。

10

$$\Delta = \left(\frac{1}{n_{o1}^2} - \lambda \right) \cdot \left(\frac{1}{n_{o2}^2} - \lambda \right) \cdot \left(\frac{1}{n_e^2} - \lambda \right) - \frac{r_{41}^2}{2} E_x^2 \cdot \left(\frac{1}{n_{o1}^2} + \frac{1}{n_{o1}^2} - 2\lambda \right)$$

【 0 1 2 8 】

$$\frac{r_{41}^2}{2} E_x^2$$

は非常に小さいので、ルート

$$\left(\frac{1}{n_{o1}^2}, \frac{1}{n_{o2}^2}, \frac{1}{n_e^2} \right)$$

20

の補正を求めるためにニュートンラフソン法を用いて、ルートの摂動として処理することができる。すなわち、

$$\lambda_{i+1} = \lambda_i - \frac{\Delta(\lambda_i)}{\Delta'(\lambda_i)}$$

【 0 1 2 9 】

このようにして、ルートの補正が得られる。

$$\delta \left(\frac{1}{n_{o1}^2} \right) = \frac{\frac{r_{41}^2}{2} E_x^2 \left(\frac{1}{n_{o2}^2} - \frac{1}{n_{o1}^2} \right)}{\frac{r_{41}^2}{2} E_x^2 - \left(\frac{1}{n_{o2}^2} - \frac{1}{n_{o1}^2} \right) \left(\frac{1}{n_e^2} - \frac{1}{n_{o1}^2} \right)} \cong \frac{\frac{r_{41}^2}{2} E_x^2}{\left(\frac{1}{n_e^2} - \frac{1}{n_{o1}^2} \right)}$$

30

$$\delta \left(\frac{1}{n_{o2}^2} \right) = \frac{\frac{r_{41}^2}{2} E_x^2 \left(\frac{1}{n_{o1}^2} - \frac{1}{n_{o2}^2} \right)}{\frac{r_{41}^2}{2} E_x^2 - \left(\frac{1}{n_{o1}^2} - \frac{1}{n_{o2}^2} \right) \left(\frac{1}{n_e^2} - \frac{1}{n_{o2}^2} \right)} \cong \frac{\frac{r_{41}^2}{2} E_x^2}{\left(\frac{1}{n_e^2} - \frac{1}{n_{o2}^2} \right)}$$

40

$$\delta \left(\frac{1}{n_e^2} \right) = \frac{\frac{r_{41}^2}{2} E_x^2 \left(\frac{1}{n_{o2}^2} + \frac{1}{n_{o1}^2} - \frac{2}{n_e^2} \right)}{\frac{r_{41}^2}{2} E_x^2 - \left(\frac{1}{n_{o1}^2} - \frac{1}{n_e^2} \right) \left(\frac{1}{n_{o2}^2} - \frac{1}{n_e^2} \right)}$$

【 0 1 3 0 】

$$\delta \left(\frac{1}{n_{o1}^2} \right)$$

の補正である

$$\delta \left(\frac{1}{n_{o2}^2} \right)$$

は、

$$\frac{r_{41}^2}{2} E_x^2$$

10

に比例し、これは n_o の補正である $r_{63} E_y$ と比較して非常に小さく、従って E_x がレンズを阻害するはずがないことが分かる。

【 0 1 3 1 】

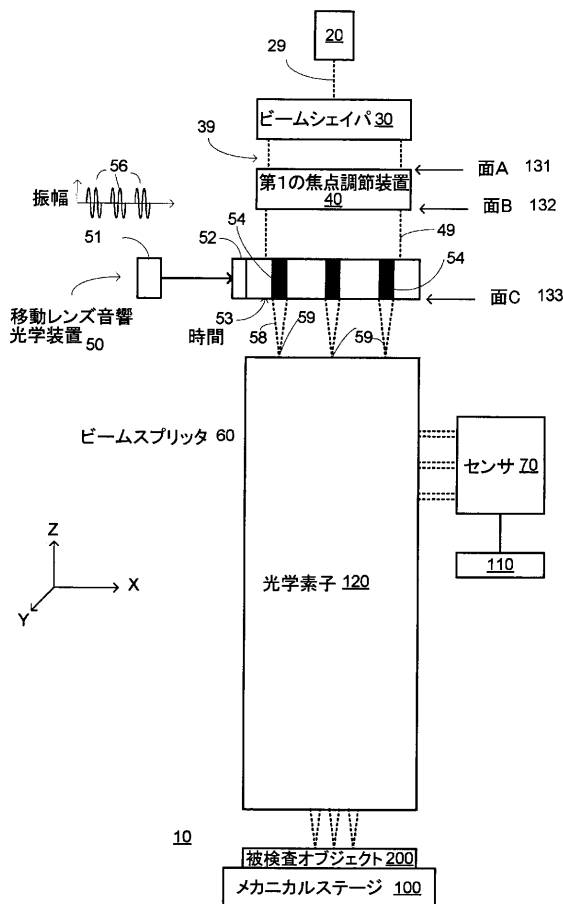
図 9 に、10 mm 長の結晶の図 12 に示す電位の位相遅延を示す。

【 0 1 3 2 】

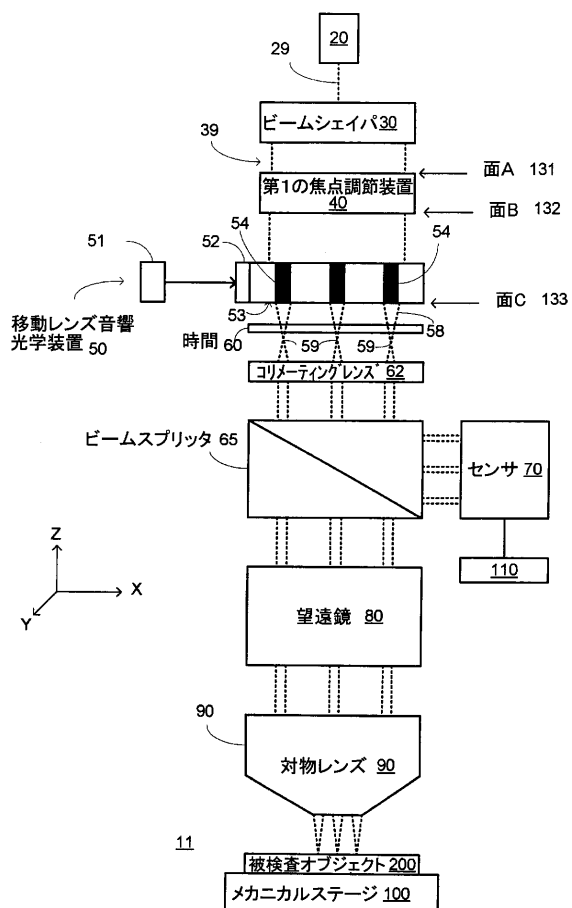
本明細書では、本発明のいくつかの特徴を示して説明したが、当業者には、多くの修正物、置換物、変更物及び同等物が思い浮かぶであろう。従って、添付の特許請求の範囲は、このような全ての修正物及び変更物を本発明の真の思想に含まれるものとして含むことが意図されていると理解されたい。

20

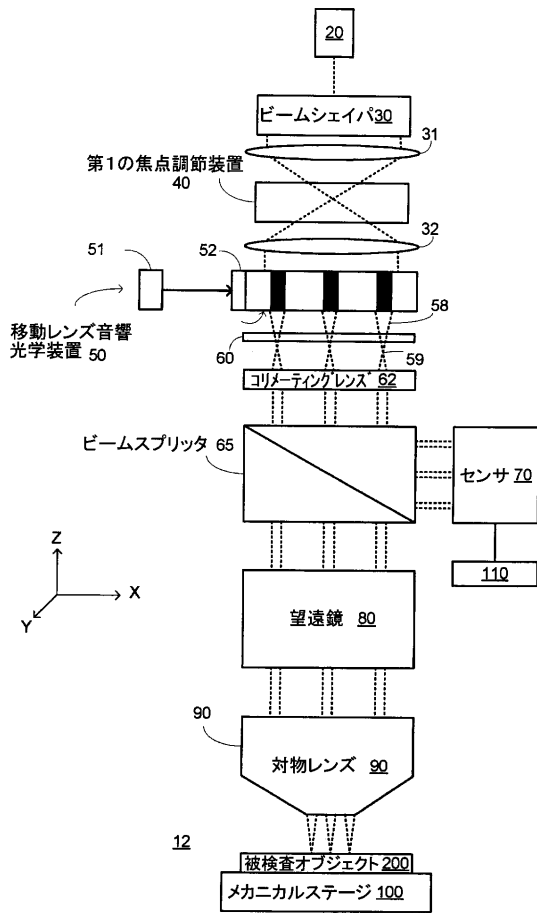
【 図 1 】



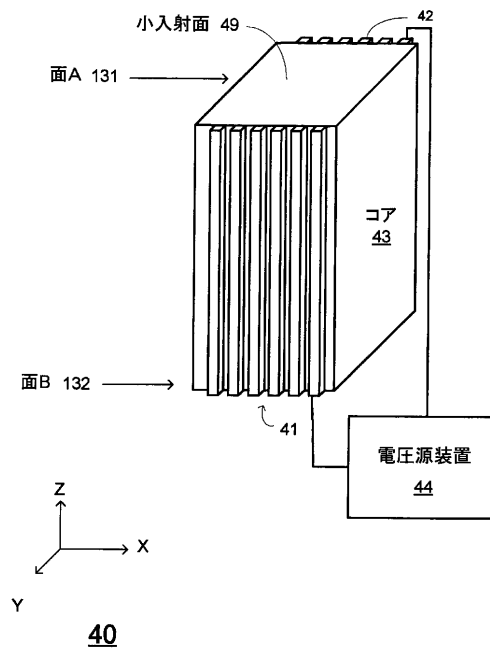
【 図 2 】



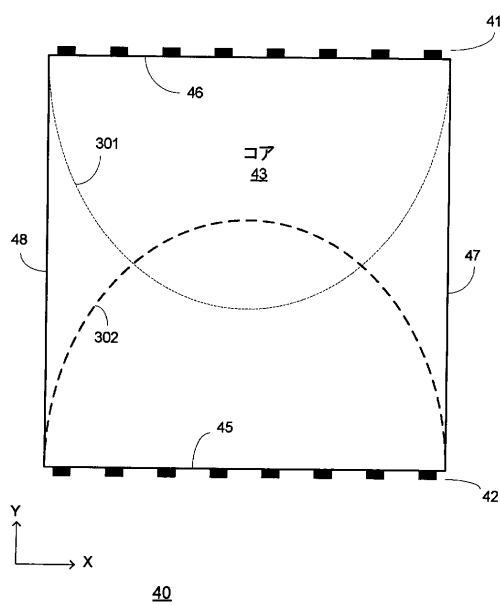
【図 3】



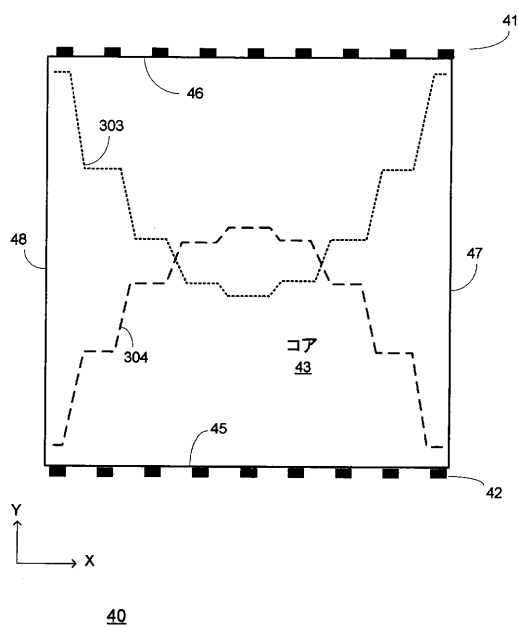
【図 4】



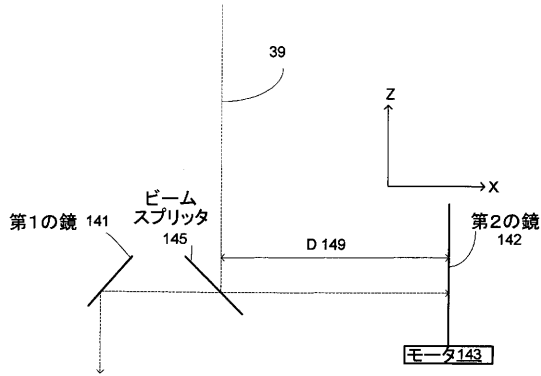
【図 5】



【図 6】

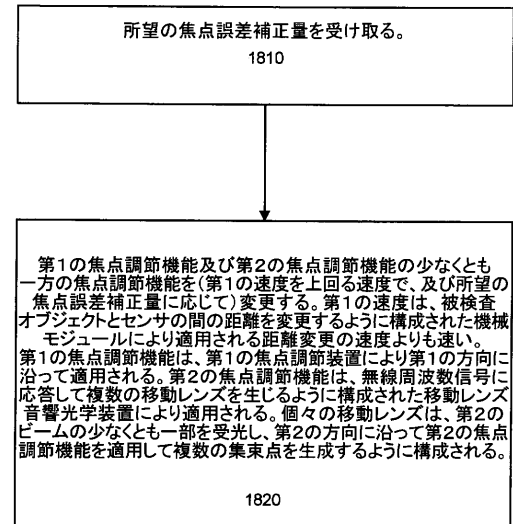


【図 13】



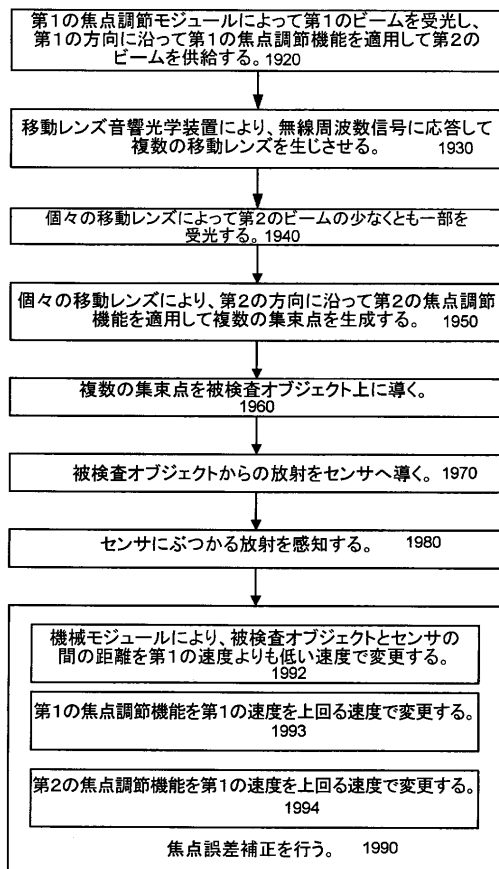
40

【図 14】



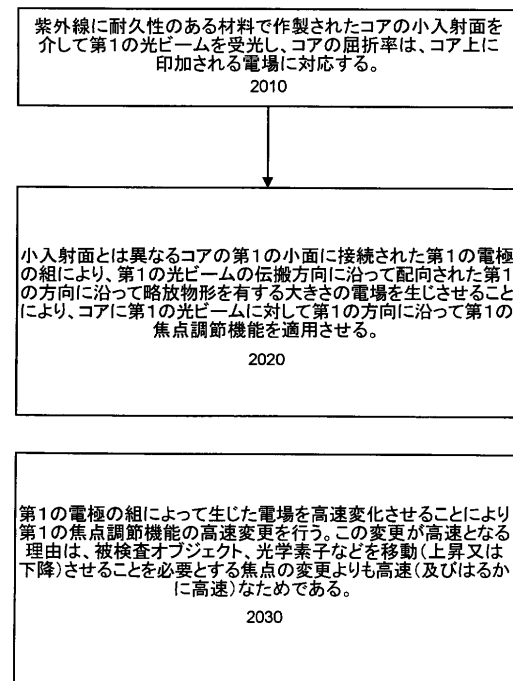
1800

【図 15】



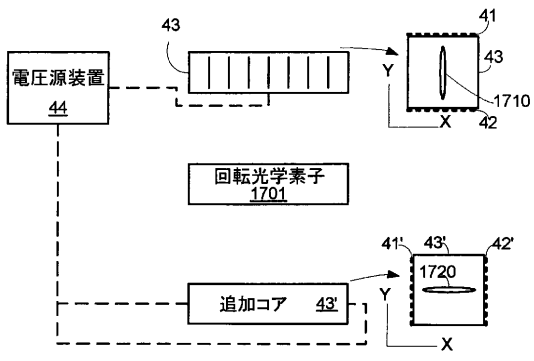
1900

【図 16】

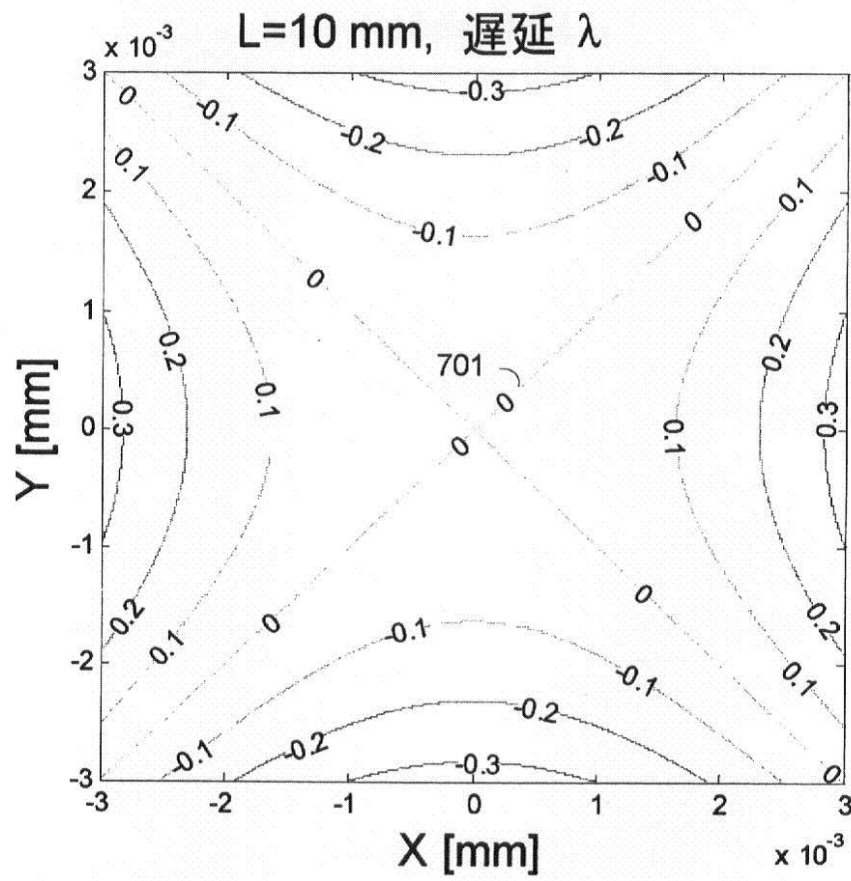


2000

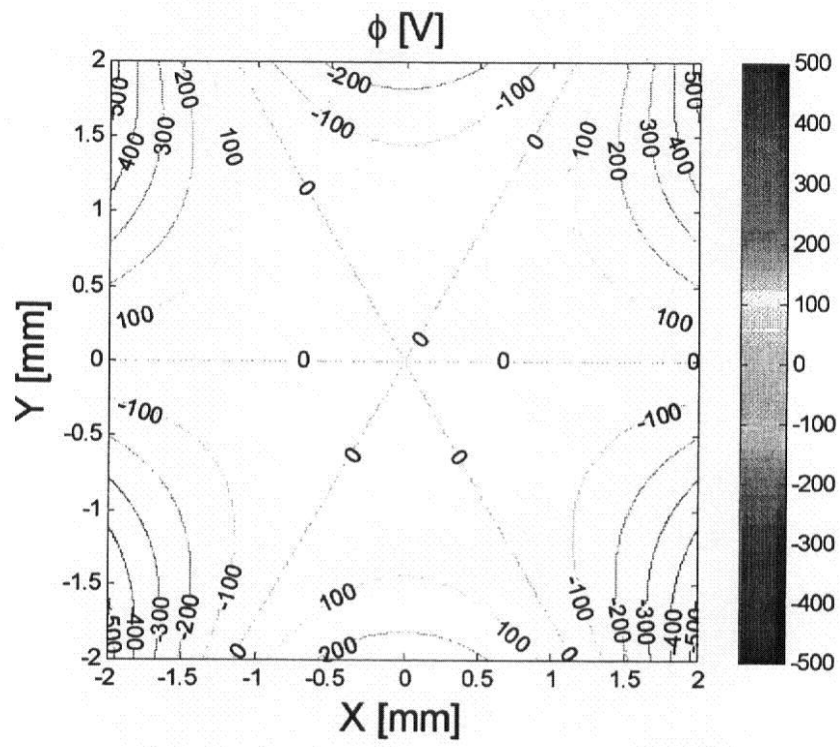
【図 17】



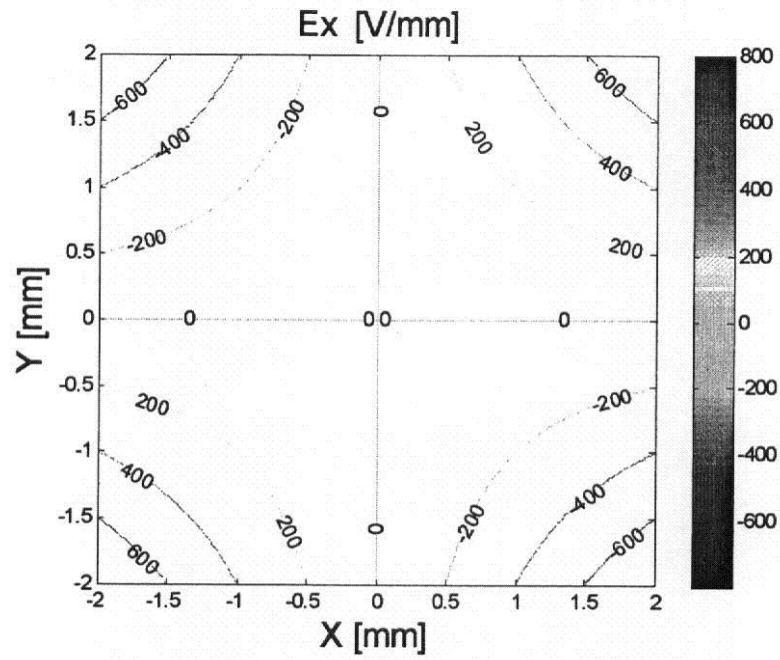
【図 7】

1100

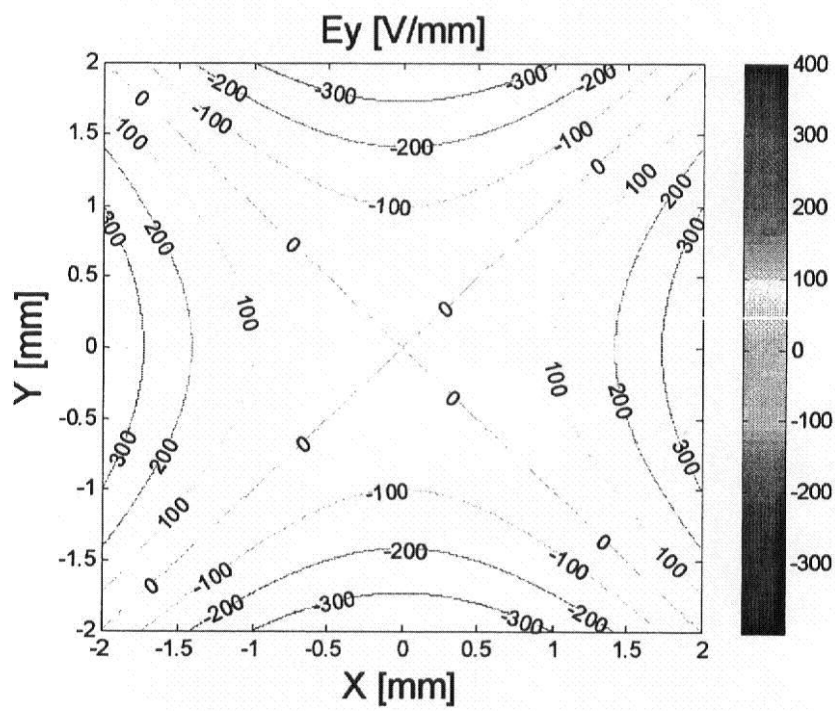
【図 8】

1200

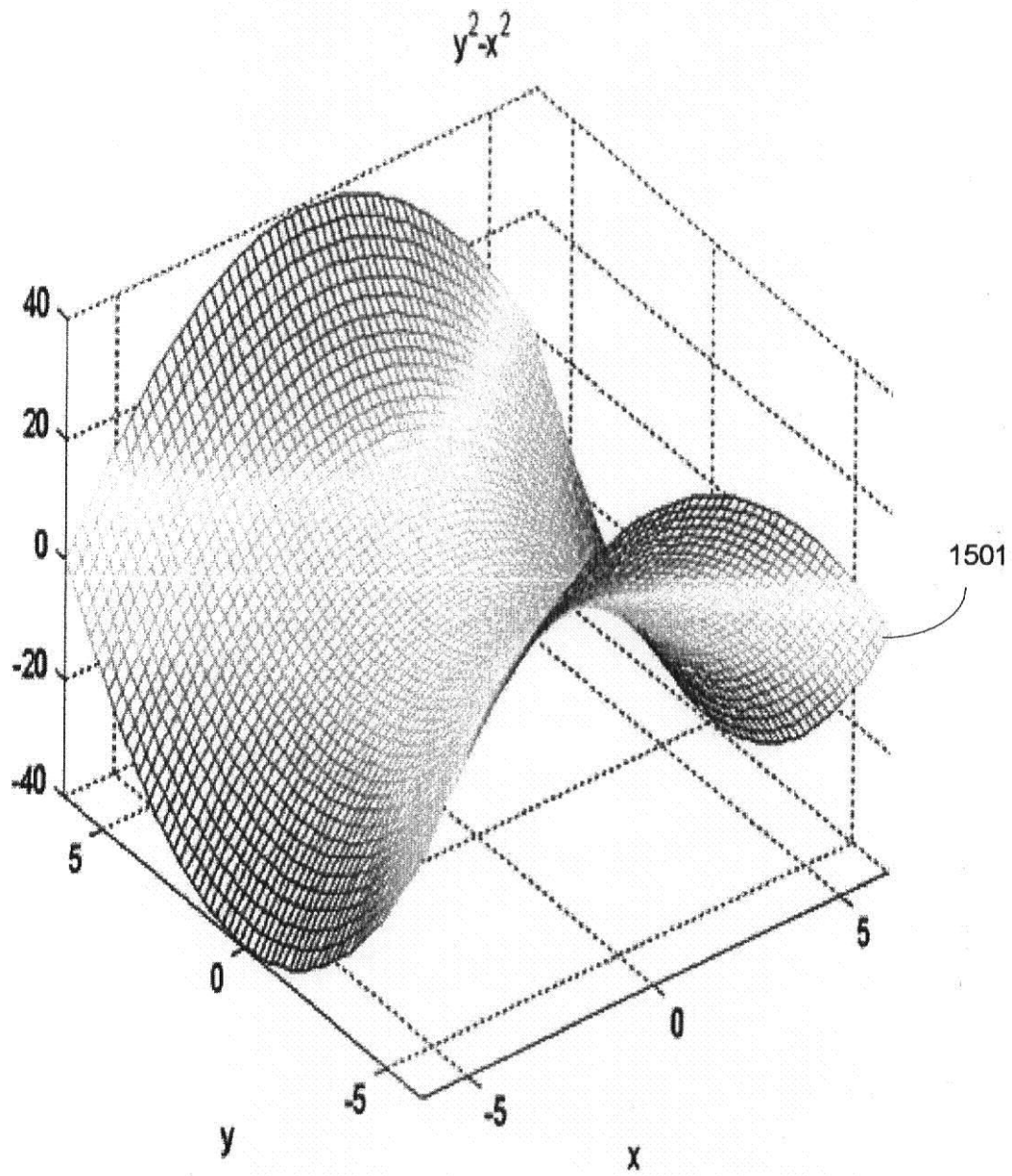
【図 9】

1300

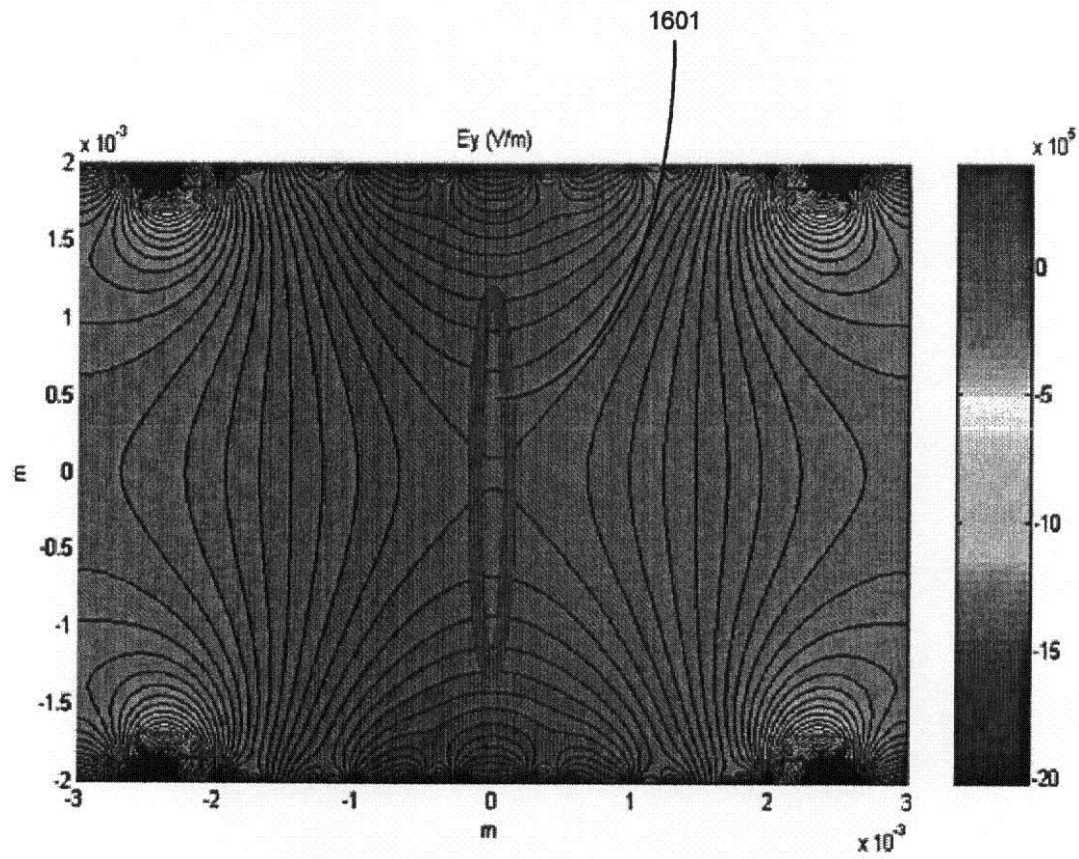
【図 10】

1400

【図 11】

1500

【図 12】



フロントページの続き

(74)代理人 100109070

弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(72)発明者 ハイム フェルドマン

イスラエル 99785 ノフ - アヤロン バラケット 2エイ

(72)発明者 ボリス モルゲンスタイン

イスラエル 63474 テル - アヴィヴ ヴィトキン ストリート 26 / 1

(72)発明者 アダム ペア

イスラエル 99735 クファル ユリヤ クファル ユリヤ 104

審査官 荒井 良子

(56)参考文献 特開2009 - 014793 (JP, A)

国際公開第2006 / 137408 (WO, A1)

特開平04 - 264420 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 7 / 28

G02B 7 / 36