

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4210058号  
(P4210058)

(45) 発行日 平成21年1月14日(2009.1.14)

(24) 登録日 平成20年10月31日(2008.10.31)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 5/30 (2006.01) G02B 5/30

G02B 1/02 (2006.01) G02B 1/02

H01L 21/027 (2006.01) H01L 21/30 515D

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-550056 (P2001-550056)  
 (86) (22) 出願日 平成12年12月21日 (2000.12.21)  
 (65) 公表番号 特表2003-519401 (P2003-519401A)  
 (43) 公表日 平成15年6月17日 (2003.6.17)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2000/034645  
 (87) 國際公開番号 WO2001/050161  
 (87) 國際公開日 平成13年7月12日 (2001.7.12)  
 審査請求日 平成17年8月2日 (2005.8.2)  
 (31) 優先権主張番号 09/471,484  
 (32) 優先日 平成11年12月23日 (1999.12.23)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 503195263  
 エーエスエムエル ホールディング エヌ  
 ブイ.  
 オランダ国 ヴェルトホーフェン 550  
 4 ディー アール, デ ラン 6501  
 (74) 代理人 100079108  
 弁理士 稲葉 良幸  
 (74) 代理人 100093861  
 弁理士 大賀 真司  
 (74) 代理人 100109346  
 弁理士 大貫 敏史  
 (72) 発明者 マーティン, ジーン ジャイ  
 アメリカ合衆国 コネチカット 0651  
 2, ニュー ヘイブン, マンション  
 ストリート 18

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】フッ化カルシウム(CaF<sub>2</sub>)ストレスプレートおよびそれを作製する方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

CaF<sub>2</sub>ストレスプレートを作製する方法であって、該ストレスプレートは、透過軸に沿って該ストレスプレートに入射する光学波面に対して規定遅延を有し、該方法は、以下：

(1) 第一セットの面および第二セットの面を有するCaF<sub>2</sub>プレートを用意する工程であって、該第一セットの面は、CaF<sub>2</sub>立方面に對して約45度回転され、そして該第二セットの面は、CaF<sub>2</sub>立方面にあり、該透過軸を規定する工程；および

(2) 該CaF<sub>2</sub>プレートの該第一セットの面に剪断力を加えて、それにより、該剪断力は、該透過軸に沿って移動している光学波面に対して該規定遅延を引き起こす工程、

10

を包含する、方法。

## 【請求項2】

さらに、

(3) 前記工程(1)の前に、未配向CaF<sub>2</sub>試料の立方面の配向を決定する工程；および

(4) 該立方面的配向に基づいて該CaF<sub>2</sub>試料を処理して、第一セットの面および第二セットの面を有するCaF<sub>2</sub>プレートを作製する工程であって、該第一セットの面は、CaF<sub>2</sub>立方面に對して約45度回転され、そして該第二セットの面は、CaF<sub>2</sub>立方面にある工程を包含する、請求項1に記載の方法。

## 【請求項3】

20

前記工程(4)が、

(a) 前記試料の前記立方面の配向に従って、前記試料から前記CaF<sub>2</sub>プレートを切断する工程；および

(b) 該CaF<sub>2</sub>プレートの前記表面を研磨する工程を包含する、請求項2に記載の方法。

#### 【請求項4】

第一フィールド要素および第二フィールド要素を有する光学波面を遅延する光学遅延装置であって、該光学遅延装置は、以下：

CaF<sub>2</sub>プレートであって、該CaF<sub>2</sub>プレートは、第一屈折率および第二屈折率を有し、該第一屈折率は、該第一フィールド要素を生じ、そして該第二屈折率は、該第二フィールド要素を生じ、それにより、該光学遅延は、該第一屈折率と該第二屈折率との差に比例している、CaF<sub>2</sub>プレートを備え、

前記第二屈折率が、前記CaF<sub>2</sub>プレートに加えられる剪断力により決定される、装置。

#### 【請求項5】

前記第一屈折率が、CaF<sub>2</sub>に特徴的な屈折率であり、そして前記第二屈折率が、該CaF<sub>2</sub>に特徴的な屈折率よりも高いかまたは低い、請求項4に記載の光学遅延装置。

#### 【請求項6】

前記第一屈折率が、前記CaF<sub>2</sub>に特徴的な屈折率よりも高く、そして前記第二屈折率が、該CaF<sub>2</sub>に特徴的な屈折率よりも低い、請求項4に記載の光学遅延装置。

#### 【請求項7】

第一屈折率ベクトルおよび第二屈折率ベクトルを有するCaF<sub>2</sub>プレートを含む光学遅延装置であって、該第一屈折率ベクトルは、該CaF<sub>2</sub>プレートに関連した第一セットの立方面に垂直であり、そして該第二屈折率ベクトルは、該CaF<sub>2</sub>プレートに関連した第二セットの立方面に垂直であり、ここで、該第一および第二屈折率ベクトルは、該CaF<sub>2</sub>プレートに関連した透過軸に垂直であり、それにより、該透過軸に沿って該CaF<sub>2</sub>プレートを通って移動している光学波面は、該第一屈折率ベクトルと該第二屈折率ベクトルとの間の差に比例した量だけ遅延される、

前記第二屈折率ベクトルが、前記CaF<sub>2</sub>プレートに加えられる剪断力により決定される、

光学遅延装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

(発明の背景)

(発明の分野)

本発明は、一般に、光学波面を遅延するのに使用する光学ストレスプレートおよびそれを作製する方法に関する。

##### 【0002】

(関連技術)

多くの半導体製作システムは、半導体ウエハを製作する際に、写真平版技術を利用している。製作中において、1層またはそれ以上の層の回路パターンが半導体ウエハ上に積み重ねられる。これは、レチクルを光で照射することにより達成され、この場合、このレチクルは、所望の回路パターンを含む。得られたレチクル画像は、次いで、この半導体ウエハを覆う感光性レジスト上に投射される。一連の露光および引き続いた加工の後、所望の回路パターンを含む半導体ウエハが製造される。

##### 【0003】

この半導体ウエハ上で製作できる最小の特徴がその照射システムで使用される光の光学波長に限定されることとは、周知である。回路のクロック速度の上限が半導体特徴のサイズとは逆に変わることもまた、周知である。従って、さらに速いクロック速度が要求されていることで、半導体は、より小さい回路特徴を有することが必要となっている。0.25 μ

10

20

30

40

50

m(マイクロメーター)の回路特徴は、193nm(ナノメーター)の光波長を使用する写真平版システムを使って、達成される。0.25μmより小さい形状を得るために、さらに小さい波長(例えば、157nm)を使用しなければならない。

#### 【0004】

写真平版法で使用される照射システムは、種々の光学要素を含み、これらは、この半導体ウエハ上でレチクル画像を投射するように光を操作する。この照射システムにある1つの一般的な要素は、光学遅延プレート(これはまた、ストレスプレートとも呼ばれている)である。ストレスプレートは、光波面を規定量だけ遅延するのに使用できる。ストレスプレートはまた、光の偏光を1つの偏光から他の偏光へと変換するのに使用できる。例えば、その入射光に対して45度回転される1/4(クォーター)波ストレスプレートは、直線偏光を円偏光に変換し、逆もまた同様である。他の例では、1/4波ストレスプレートおよびミラーを使用することにより、水平偏光が垂直偏光へと変換される。これは、この1/4波ストレスプレートを通じて水平偏光を伝達して円偏光(CP)を発生させることにより、行われる。このCP光は、次いで、このミラーから反射されて、そのCP偏光を逆にする。最後に、反射したCP光は、この1/4波ストレスプレートを通じて戻されて、垂直偏光を発生させる。

10

#### 【0005】

ストレスプレートが望ましいように機能するためには、それは、対象波長で十分な光を透過する材料から製作しなければならない。従来のストレスプレートは、溶融シリカまたは人造石英から作製されている。これらの従来の材料は、193nmより低い波長では、光を十分に透過しない。上で述べたように、この半導体ウエハ上で製作できる最小の特徴は、そのシステムで使用される光の光学波長に限定される。そういうものとして、従来のストレスプレートを利用する写真平版システムは、約0.25μmより小さい特徴を製造できない。従って、0.25μmより小さい回路特徴を有する半導体ウエハの製作を支援するために、193nmより低い光学波長(157nmを含めて)で機能するストレスプレートが必要とされている。

20

#### 【0006】

##### (発明の要旨)

本発明は、フッ化カルシウム(CaF<sub>2</sub>)光学ストレスプレートおよびそれを作製する方法に関する。このCaF<sub>2</sub>ストレスプレートは、CaF<sub>2</sub>立方平面(cubic plane)にある表面を有し、そして透過軸に沿って1セットの立方平面に入射する光学波面を遅延する。所望の遅延を実行するために、このCaF<sub>2</sub>ストレスプレートは、第一屈折率(これは、この光学波面の第一フィールド要素で見える)および第二屈折率(これは、この光学波面の第二フィールド要素で見える)を有する。このストレスプレートの光学遅延は、2つの屈折率間の差に比例している。1実施態様では、第一屈折率は、このCaF<sub>2</sub>材料に特徴的な屈折率であり、そして第二屈折率は、この特徴的な屈折率よりも高いかまたは低い。代替実施態様では、第一屈折率は、この特徴的な屈折率よりも高く、そして第二屈折率は、この特徴的な屈折率よりも低い。

30

#### 【0007】

CaF<sub>2</sub>から光学遅延を作ることの利点は、CaF<sub>2</sub>が、伝統的な光学材料(例えば、溶融シリカまたは人造石英)と比較したとき、殆ど減衰なしに、193nmより低い波長(157nmの波長を含めて)を有する光を透過できることにある。従って、CaF<sub>2</sub>ストレスプレートによれば、半導体製作システムは、157nm以下の光波長を使用して、0.25μm以下の回路特徴を作製できるようになる。

40

#### 【0008】

本発明はまた、CaF<sub>2</sub>の試料から規定光学遅延を有するCaF<sub>2</sub>ストレスプレートを製作する方法を含む。この方法は、このCaF<sub>2</sub>試料が典型的には開裂平面に沿って配向されるので、この試料に対する立方平面の配向を決定する工程を包含する。次ぎに、この試料は、その表面がCaF<sub>2</sub>立方平面で配向されたCaF<sub>2</sub>プレートを作製するように、加工される。これは、その確認された立方平面に沿って、このCaF<sub>2</sub>試料からCaF<sub>2</sub>プ

50

レートを切断することに次いで、この試料を商用仕上げまで研磨することにより、行うことができる。次ぎに、この立方平面の表面の少なくとも一対に垂直で、入射光学波面に対する透過軸に垂直に、圧縮力または張力が加えられる。この圧縮力または張力は、その力ベクトルの方向に沿って配向された電磁場に対して特徴的な屈折率を変更する効果を有する。その後、この $\text{CaF}_2$ ストレスプレートは、効果的に、2つの屈折率を有し、この場合、その光学遅延量は、それらの屈折率の間の差に比例している。次ぎに、測定した遅延が規定遅延に十分に近いかどうかを決定するために、この光学遅延の量が測定される。もし、そうでないなら、所望の遅延が達成されるまで、さらに高い圧縮力または応力を加えることができる。本発明の実施態様では、300 psi (1平方インチあたりのポンド数) ~ 500 psi の力を加えると、その入射光学波面に対して、90度の光学遅延が起る。

10

#### 【0009】

代替実施態様では、圧縮力または張力の代わりに、この $\text{CaF}_2$ プレートには、剪断力が加えられる。これらの剪断力は、この $\text{CaF}_2$ プレートの立方平面に対して45度回転された機構面に沿って、加えられる。この圧縮力または張力と同様に、この剪断力は、結果として生じる力ベクトルの方向で、この $\text{CaF}_2$ プレートの屈折力を変えるように働く。

#### 【0010】

本発明のさらに他の特徴および利点は、本発明の種々の実施態様の構造および操作と同様に、添付の図面を参照して、詳細に記述されている。1要素が最初に現れる図面は、典型的には、対応する参照番号において、最も左の文字および/または数字で示される。

20

#### 【0011】

##### (好ましい実施形態の詳細な説明)

###### 1. 実施例環境

本発明を詳細に説明する前に、本発明の実施例環境を説明するのが有用である。この実施例環境の説明は、便宜上のためにのみ行われ、いずれの様式でも、本発明を限定するとは解釈されない。事実、本発明の説明を読んだ後、本明細書中で記述した環境よりもむしろ代替環境でいかにして本発明を実行するかは、当業者に明らかとなる。

#### 【0012】

図1は、ウエハ127上で光を集中する照射システム100を含む実施例環境を図示している。照射システム100は、ウエハ127上で所望の回路パターンを製造する食刻システムの一部であり得る。照射システム100は、以下の部分を含む：光源103；ミラー106；ストレスプレート109；ビームスプリッタキューブ121（これは、セクション112および118およびコーティング115を有する）；および焦点モジュール124。

30

#### 【0013】

照射システム100は、以下のようにして作動する。光源103は、特定の波長および偏光を有する光波104（これは、ビームスプリッタキューブ121上で入射する）を提供する。論述の目的上、光波104は、垂直に偏光されるが、他の偏光も使用できる。

#### 【0014】

光波104は、キューブ121のセクション112を通り、コーティング115上で入射する。コーティング115は、その入射光の偏光に依存して変わる光学透過特性を有する。この入射光が垂直に偏光されるとき、コーティング115は、光を反射する。この入射光が水平に偏光されるとき、コーティング115は、光を透過である。光波104は、垂直に偏光されるので、コーティング115によって、ストレスプレート109へと上方に反射される。

40

#### 【0015】

ストレスプレート109は、対象波長で、約1/4波のストレスプレートであり、その入射波面に対する $z \times$ 平面で、45度だけ回転される。その結果、ストレスプレート109は、垂直偏光を円偏光(CP)107に変換し、これは、ミラー106上に入射する。

#### 【0016】

50

ミラー 106 は、CP 光 107 を反射し、その円偏光を逆にして、逆 CP 光 108 を発生させる。CP 光 108 は、ストレスプレート 109 を通って逆に伝播し、キューブ 121 上に入射する水平偏光 110 へと変換される。従って、ミラーを使用して直線偏光を 1/4 波のストレスプレートに 2 回通すことにより、その直線偏光は、維持されるが、その偏光は、90 度だけ回転される。

#### 【0017】

キューブ 121 は、水平偏光 110 を実質的に変えることなく焦点モジュール 124 に通す。これは、コーティング 115 が上述のように水平偏光を透過させてるので、起こる。

#### 【0018】

焦点モジュール 124 は、所望の回路パターンを有するレチクルを含む。焦点モジュール 124 は、このレチクルに入射光を通して、ウエハ 127 に集中するレチクル像 126 を発生させる。

#### 2. フッ化カルシウム (CaF<sub>2</sub>) ストレスプレート

図 2A は、本発明の実施形態に従って光学波面を遅延するストレスプレート 200 を図示している。ストレスプレート 200 は、化学記号 CaF<sub>2</sub> を有するフッ化カルシウム材料から作製される。CaF<sub>2</sub> は、面心立方である周知の結晶構造を有する。図 2B は、CaF<sub>2</sub> に対する面心立方構造を図示しており、これは、その立方体の 6 つの表面の各々の中心で追加の Ca イオンを有する立方体を規定する 8 個のカルシウム (Ca) イオンを含む。(これらのフッ素イオンは、説明を簡単にするために図示されていない)。この立方体の外表面は、立方面であり、その開裂平面は、点線で規定されている。開裂平面の一部は、Ca イオンである Ca<sub>1</sub>、Ca<sub>2</sub> および Ca<sub>3</sub> で規定され、斜めにハッチングされている。結晶性材料を最も切断または破断し易い平面は、その開裂平面に沿っており、その立方面ではない。

#### 【0019】

CaF<sub>2</sub> から光学遅延を作製することの利点は、CaF<sub>2</sub> が伝統的な光学材料（例えば、溶融シリカまたは人造石英）と比較したとき、殆ど減衰なしに、193 nm より低い波長 (157 nm の波長を含めて) を有する電磁波を透過できることにある。従って、CaF<sub>2</sub> ストレスプレートによれば、0.25 μm より小さい回路形状を備えた半導体を製作する製造工程が可能となる。

#### 【0020】

ストレスプレート 200 は、電磁 (EM) 場配向に依存して、EM 場で見える 2 つの異なる屈折率を有する。第一屈折率は、n<sub>1</sub> であり、ベクトル 203 で配向する EM 場で見える。第二屈折率は、n<sub>2</sub> であり、ベクトル 206 で配向する EM 場で見える。理解できるように、ある材料に対する屈折率は、空き領域での位相速度に対して、その材料を通って移動している電磁波に対する位相速度を規定する。

#### 【0021】

本発明の実施形態では、n<sub>1</sub> は、乱されていない (undisturbed) CaF<sub>2</sub> に特徴的な屈折率であり、そして n<sub>2</sub> は、それより高いまたは低い屈折率であって、これは、ベクトル 206 と一直線になった圧縮力または張力で引き起こされる。圧縮力および/または張力を使用して CaF<sub>2</sub> に特徴的な屈折率をえることは、以下の節でさらに論述する。あるいは、n<sub>1</sub> および n<sub>2</sub> の両方は、乱されていない CaF<sub>2</sub> の屈折率とは異なり、この場合、その一方 (n<sub>1</sub> または n<sub>2</sub>) は、乱されていない CaF<sub>2</sub> の屈折率よりも高い屈折率を有し、他方は、乱されていない CaF<sub>2</sub> の屈折率よりも低い屈折率を有する。(以下、ベクトル 203 は、屈折率ベクトル 203 と呼び、その付随した屈折率 n<sub>1</sub> を含むと仮定する。同様に、ベクトル 206 は、屈折率ベクトル 206 と呼び、その付随した屈折率 n<sub>2</sub> を含むと仮定する)。

#### 【0022】

図 2A で示すように、両方の屈折率ベクトル 203 および 206 は、CaF<sub>2</sub> 立方面的付随セットに垂直であり、従って、互いに垂直である。ベクトル 203 および 206 はまた、ストレスプレート 200 に付随した透過軸 209 にも垂直である。透過軸 209 は、光

10

20

30

40

50

学波面が所望の遅延を達成するためにストレスプレート200を通って移動する必要がある方向を規定する。ストレスプレート200については、図2Aに対する座標系で規定されるように、第一屈折率ベクトル203は、そのz軸に沿って整列され、また、第二屈折率ベクトル206は、そのx軸に沿って整列される。透過軸209は、平面200を通るy軸に沿っている。所望の光学遅延は、そのy軸に沿ってストレスプレート200のいずれかの側面を通って光学波面212を透過することにより、達成できる。

#### 【0023】

光学波面212が透過軸209に沿ってこのストレスプレートを通るとき、この光学波面は、これらの屈折率ベクトルの間の差に比例した量だけ、遅延される (retarded or delayed)。この遅延は、光学波面212が第一屈折率ベクトル203で配向されるEM場成分を有するので、また、第二屈折率ベクトル206で配向されるEM場成分を有するので、起こる。結果として、ベクトル203で配向されたEM場成分は、ストレスプレート200を通っている間、ベクトル206で配向されたEM場成分の位相速度とは異なる位相速度を有し、それにより、この遅延を実行する。

#### 3. CaF<sub>2</sub>ストレスプレートを製作する方法

上記のように、CaF<sub>2</sub>ストレスプレートは、光学波面の異なるEM場成分で見られる2つの異なる屈折率を有することにより、その光学波面を遅延するように作動する。本節は、CaF<sub>2</sub>プレートの立方面の表面に加えられる圧縮力、張力および剪断力を使用して、このCaF<sub>2</sub>ストレスプレートを製作する方法を記述する。

#### 【0024】

##### A. 圧縮力および／または張力

図3は、操作上のフローチャート300を描写しており、これは、本発明の実施形態に従って、CaF<sub>2</sub>材料の試料からCaF<sub>2</sub>ストレスプレートを製造する方法を記述している。フローチャート300は、以下のように記述される。

#### 【0025】

工程302では、CaF<sub>2</sub>材料の試料が受容される。図4は、開裂平面404および立方面406を有するCaF<sub>2</sub>試料402を図示している。未加工の試料は、典型的には、開裂平面で配向される。何故なら、その開裂平面は、新たに成長したCaF<sub>2</sub>インゴットからこの試料を切断する最も好都合な平面であるからである。

#### 【0026】

工程304では、このCaF<sub>2</sub>試料に対する立方面的配向が決定される。1試料に対する立方面的配向を決定することは、公知のX線技術または他の標準的な技術を使用して、行うことができる。この立方面的配向は、図4で立方面により規定されたCaF<sub>2</sub>プレート408で図示されているように、それらの立方面に沿って配向した表面を有するCaF<sub>2</sub>プレートがCaF<sub>2</sub>試料から切断できるように、決定される。

#### 【0027】

工程306では、このCaF<sub>2</sub>試料は、CaF<sub>2</sub>立方面にある6個の全ての表面を有するCaF<sub>2</sub>プレートを作製するように、処理される。工程306は、さらに、図5で示したフローチャート500で記述され、これは、以下のようにして、記述される。工程502では、図4で示したCaF<sub>2</sub>プレートで図示されているように、このCaF<sub>2</sub>試料から、そのCaF<sub>2</sub>立方面で配向されたCaF<sub>2</sub>プレートが切断される。結晶材料を切断または研磨する種々の技術は、当業者により公知である。工程504では、このCaF<sub>2</sub>プレートは、商用仕上げまで研磨され、その結果、それらの表面は、光学透過に十分に平坦かつ平行になる。図6Aは、試料402から切断された後のCaF<sub>2</sub>プレート408を描写しており、この場合、このプレートの全ての6個の表面406a～fは、CaF<sub>2</sub>立方面にある。

#### 【0028】

工程308では、この立方面的表面の少なくとも1セットに垂直で入射光学波面に対する透過軸に垂直に、圧縮力または張力が加えられる。この圧縮力または張力は、その力の方向で、このプレートに応力を加え、これは、この応力の方向に沿って配向された電磁場に

10

20

30

40

50

に対する屈折率を変える。言い換えれば、応力を加えた  $\text{CaF}_2$  プレートは、効果的に、2つの屈折率を有する。一方の屈折率は、この応力の方向で配向された電磁場で見える。他の屈折率は、非応力方向で配向された電磁場で見える。それは、その透過軸に沿って移動している光学波面に対する所望の遅延を引き起こす電磁場の配向に従った異なる屈折率である。フローチャート300の残りの工程は、以下でさらに記述する。

#### 【0029】

図6B～6Gは、 $\text{CaF}_2$  プレート408に対して工程308で圧縮力および/または張力を加える種々の実施形態を図示している。これらの図は、加える力ベクトルに対して透過軸を規定するためにy軸に沿って表面406b上で入射する光学波面602を含む。(表面406bは、簡単にするために、下面として図示している)。最適な遅延結果を得るために、光学波面602は、表面406bに垂直に(従って、その力ベクトルに垂直に)入射するべきである。もし、この光学波面が上面406a上で入射するなら、同じ遅延が達成される。もし、光学波面602が横電磁(TEM)波であるなら、波面602は、当業者が理解するように、x方向でEM場成分を有し、そしてz方向でEM場成分を有する。図6B～6Dは、ここで、さらに詳細に議論される。

10

#### 【0030】

図6Bでは、圧縮力604aおよび604bは、そのx方向に沿って、 $\text{CaF}_2$  プレート408の表面406cおよび406dに垂直に加えられる。本発明の好ましい実施形態では、圧縮力は、表面406c、dに接している1個またはそれ以上のネジを使用して、加えることができる。最高の結果を得るために、この圧縮力は、複数のネジを使用して、表面406cおよび406dに沿って、均一に加えられるべきである。この圧縮力は、x方向で配向されるEM場で見える $\text{CaF}_2$  プレートに対する屈折率を変える内部応力を引き起こす。そのz方向で配向されるEM場に対する屈折率は、不变のままである。従って、光学波面602は、そのx方向で配向されるEM場がz方向で配向されるEM場と比較して遅延されるので、プレート408を通って移動することにより、遅延される。実験結果から、300～500psiの力を加えることにより、157nmの波長で、90度の遅延が達成できることが明らかとなる。

20

#### 【0031】

図6Cでは、張力(または引張り力)606a、bは、表面406cおよび406dに垂直に加えられる。好ましい実施形態では、張力は、各表面406cおよび406dに棒をエポキシ接着してこれらの棒を外向きに引っ張ることにより、加えることができる。上記のように、加えた力は、その力の方向で配向されるEM場に対する屈折率を変え、それにより、所望の遅延を引き起こす。

30

#### 【0032】

図6Dでは、圧縮力608a、bは、表面406eおよび406fに加えられる。加えた力608は、x方向ではなくz方向で配向されるEM場に対する屈折率を変えて、それにより、所望の遅延を引き起こす。

#### 【0033】

図6Eでは、張力(または引張り力)610a、bは、所望の遅延を実行するために、表面406eおよび406fに垂直に加えられる。

40

#### 【0034】

図6Fでは、圧縮力612a、bは、表面406cおよび406dに垂直に加えられ、そして張力614a、bは、表面406eおよび406fに垂直に加えられる。この実施形態では、そのx方向で配向されるEM場に対する屈折率は、そのz方向で配向で配向されるEM場に対する屈折率と同様に、変えられる。しかしながら、一方の力が圧縮力であり、そして他方の力が張力であるので、一方の屈折率は、高くなり、そして他方の屈折率は、低くなる。

#### 【0035】

図6Gでは、張力614a、bは、表面406cおよび406dに垂直に加えられ、そして圧縮力616a、bは、表面406eおよび406fに垂直に加えられる。図6Fで記

50

述したものと類似して、その x 方向および z 方向の両方で配向される E M 波に対する屈折率は、変えられるが、それらの変化は、反対の符号を有する。

#### 【 0 0 3 6 】

図 6 B ~ 6 G では、これらの圧縮力および / または張力は、入射光学波形（平面 4 0 6 a および 4 0 6 b ）を受容するセットの平面ではない立方面に加えられることが注目される。その代わりに、これらの圧縮力または張力は、他の 2 セットの立方面的 1 個またはそれ以上に加えられる。これらの他のセットの立方面には、4 0 6 c 、 4 0 6 d 、 4 0 6 e および 4 0 6 f がある。

#### 【 0 0 3 7 】

今ここで、フローチャート 3 0 0 に戻ると、工程 3 1 0 では、この光学遅延は、所望量の遅延であるかどうか決定するために、その対象波長で測定される。光学遅延を測定する種々の装置（偏光計を含めて）は、関連技術の当業者に公知である。10

#### 【 0 0 3 8 】

図 7 は、応力プレート 4 0 8 の光学遅延が入力光学波面 6 0 2 に対して所望の 9 0 度に達したかどうかを決定する測定システム 7 0 0 を図示している。考察の目的のために、光学波面 6 0 2 は、垂直に偏光される。図 7 は、垂直偏光子 7 0 3 、ストレスプレート 4 0 8 、ミラー 7 0 6 および検出器 7 0 9 を含み、以下のようにして作動する。

#### 【 0 0 3 9 】

偏光子 7 0 3 は、垂直偏光波面 6 0 2 に一致しており、従って、波面 6 0 2 をストレスプレート 4 0 8 に実質的に通す。ストレスプレート 4 0 8 は、z × 平面で 4 5 度回転され、それにより、波面 6 0 2 を円偏光波面 7 0 7 に変換する。ミラー 7 0 6 は、C P 波面 7 0 7 を反射し、そして C P 偏光を逆にして、C P 波面 7 0 8 を生じる。C P 波面 7 0 8 は、戻って、ストレスプレート 4 0 8 を通り、もし、このストレスプレートの遅延が実質的に 9 0 度であるなら、実質的に水平に偏光した光 7 0 4 に変換される。垂直偏光子 7 0 3 は、光 7 0 4 を受容し、水平に偏光された任意のコンテンツを拒絶し、この垂直コンテンツを光 7 0 2 として通す。検出器 7 0 9 は、偏光子 7 0 3 を通る光 7 0 2 の信号強度を測定する。ストレスプレート 4 0 8 の遅延が 9 0 度に近くなる程、光 7 0 4 は、より多く拒絶され、光 7 0 2 に対して測定される信号強度がより小さくなる。このストレスプレートの遅延が 9 0 度から変わると、検出器 7 0 9 は、偏光子 7 0 3 を通っている光のさらに高い信号強度を検出する。20

#### 【 0 0 4 0 】

工程 3 1 2 では、このストレスプレートの遅延が、その所望量に十分に近いかどうかが決定される。もし、測定システム 7 0 0 を使用するなら、光 7 0 2 の測定した信号強度に基づいて、決定 3 1 2 がなされる。言い換えれば、もし、この信号強度が閾値より上であるなら、この遅延は、所望の 9 0 度に十分に近くはない。もし、この遅延が十分であるなら、この工程は終わり、ストレスプレート 4 0 8 は、完成して、使える状態である。もし、この遅延が、十分ではないなら、この圧縮力および / または張力は、工程 3 1 4 で増加でき、その測定工程は、所望の遅延に達するまで、繰り返すことができる。30

#### 【 0 0 4 1 】

B . 剪断力  
フローチャート 3 0 0 は、その C a F<sub>2</sub> プレートの機械的平面および / または立方面に垂直に加えられる圧縮力および / または張力を使用して、C a F<sub>2</sub> ストレスプレートを作製する方法を記述した。あるいは、C a F<sub>2</sub> ストレスプレートは、このプレートに加えられる剪断力を使用して、製作できる。図 8 は、1 つまたはそれ以上の剪断力を使用して C a F<sub>2</sub> ストレスプレートを作製する方法を記述しているフローチャート 8 0 0 を示す。フローチャート 8 0 0 の工程 3 0 2 、 3 0 4 および 3 1 0 ~ 3 1 4 は、フローチャート 3 0 0 で記述したものと同じであり、これは、読者をさらに詳細な内容に誘導する。新しい工程 8 0 2 および 8 0 4 は、以下のようにして記述される。40

#### 【 0 0 4 2 】

工程 8 0 2 では、その C a F<sub>2</sub> 試料は、その透過軸の周りで C a F<sub>2</sub> 立方面に対して 4 5

50

度回転される機械的平面を有する CaF<sub>2</sub> プレートを作製するように、加工される。工程 802 は、さらに、図 9 で示したフロー・チャート 900 で記述され、以下のようにして記述される。工程 902 では、CaF<sub>2</sub> プレートは、これらの機械的平面のうちの 4 面（それは、この透過軸を規定しない）が工程 304 で見られた CaF<sub>2</sub> 立方面に對して 45 度回転されるように、その CaF<sub>2</sub> 試料から切断される。結晶材料を切断または研磨する種々の技術は、当業者により公知である。他の 2 つの機械的平面は、CaF<sub>2</sub> 立方面にあるように切断され、そして光学波面に対する透過軸を規定する。工程 904 では、これらの表面は、商用仕上げまで研磨され、その結果、これらの表面は、光学透過に必要なように十分に平坦で平行となる。

## 【0043】

10

図 10A は、工程 902 および 904 に従って加工した後の CaF<sub>2</sub> プレート 1002 を描写している。記述したように、CaF<sub>2</sub> プレート 1002 は、機械的平面 1004a～d を有し、これらは、立方面 1006a～d に対して、透過軸 1008 の周りで、45 度回転される。そういうものとして、立方面 1006a～d は、図 10A で示すように、プレート 1002 内で「ダイヤモンド」形状をなす。機械的平面 1004e および 1004f は、それぞれ、プレート 1002 の「頂」および「底」面であり、CaF<sub>2</sub> 立方面にある。そういうものとして、機械的平面 1004e および 1004f は、光学透過軸 1008 に垂直であり（それを規定する）。

## 【0044】

20

工程 804 では、その機械的平面に沿って、その入射光学波面の透過軸に垂直に、剪断力が加えられる。これらの剪断力は、この CaF<sub>2</sub> プレートが回転するのを防止する様式で、この CaF<sub>2</sub> プレートの対向しているコーナーに向けられる。この圧縮力 / 張力方法と同様に、これらの剪断力は、所望の光学遅延を実行するために、結果として生じるカベクトルの方向で、この CaF<sub>2</sub> プレートの屈折率を変える。

## 【0045】

図 10B および 10C は、この CaF<sub>2</sub> プレートの屈折率を変える剪断力を加える種々の実施形態の一部を図示している。図 10B および 10C は、以下のようにして論述する。

## 【0046】

図 10B では、剪断力 1010a および 1010b は、それぞれ、表面 1004b および 1004c に沿って、コーナー 1012 に加えられる。また、剪断力 1016a および 1016b は、それぞれ、表面 1004a および 1004d に沿って、コーナー 1014 に加えられる。剪断力は、各表面 1004 に棒をエポキシ接着してこの棒を適切な方向で引っ張ることにより、実行できる。結果として生じる力は、伸展力 1018a および 1018b であり、これらは、コーナー 1012 および 1014 を互いから離れて伸展するように作用する。また、圧縮力 1019a および 1019b は、コーナー 1003 および 1005 を互いに向かって圧縮するように作用する。伸展力 1018a、b および 圧縮力 1019a、b は、それらの各個の軸の方向に沿って、その屈折率を変え、従って、所望の光学遅延を実行する。力 1018a、b は、コーナー 1012 および 1014 により形成された対角線に沿って向けられる。従って、力 1018a、b は、立方面 1006b、1006d に垂直であるが、機械的平面 1004a～d に対して、その z × 平面で 45 度回転される。同様に、力 1019a、b は、立方面 1006a および 1006c に垂直であるが、機械的平面 1004a～d に対して、その z × 平面で 45 度回転される。これは、図 6A～6G の圧縮力および張力（これらは、全て、ストレスプレート 408 の機械的平面に垂直であった）とは対照的である。この違いの結果、剪断力を使用して製作した 90 度ストレスプレートは、その入射光学波面の偏光を直線偏光から円偏光へとシフトするために、その z × 平面で 45 度回転する必要はなく、逆もまた同様である。その理由は、結果として生じるカベクトル 1018 および 1019 がその z × 平面で既に 45 度回転しているからである。

## 【0047】

図 10C では、コーナー 1012 には、表面 1004b および 1004c に沿って、それ

50

それ、剪断力 1020a および 1020b が加えられる。また、コーナー 1014 には、表面 1004a および 1004d に沿って、それぞれ、剪断力 1022a および 1022b が加えられる。その結果、圧縮力 1024a および 1024b は、コーナー 1012、1014 で形成された対角線に沿って作用し、この対角線に沿って、その屈折率を変える。また、伸展力 1026a および 1026b は、コーナー 1003、1005 の対角線に沿って作用し、この対角線に沿って、その屈折率を変える。図 10B のように、結果として生じる圧縮力 1024a、b は、立方面 1006b および 1006d に垂直であるが、機械的平面 1004a～d に対して 45 度回転される。同様に、伸展力 1026a、b は、立方面 1006a および 1006c に垂直であるが、機械的平面 1004a～d に対して 45 度回転される。従って、その入射光学波面の偏光を直線偏光から円偏光へと変えるために、このストレスプレートを回転する必要はなく、逆もまた同様である。

#### 【0048】

##### (結論)

本発明の方法および要素の模範実施形態が本明細書中で記述されている。他の箇所で述べたように、これらの模範実施形態は、例示のためにのみ記述されており、限定するものではない。他の実施形態は可能であり、本発明に含まれる。このような他の実施形態は、本明細書中に含まれる教示に基づいて、当業者に明らかとなる。それゆえ、本発明の広がりおよび範囲は、上記の代表的な実施形態のいずれにも限定されないが、上記請求の範囲およびそれらの等価物に従ってのみ、規定すべきである。

#### 【図面の簡単な説明】

本発明は、添付の図面を参照して記述される。

【図 1】 図 1 は、本発明の模範実施態様である照射システムのダイヤグラムを図示している。

【図 2 A】 図 2 A は、本発明の実施態様に従った CaF<sub>2</sub> ストレスプレートを図示している。

【図 2 B】 図 2 B は、CaF<sub>2</sub> に対する面心立方結晶構造を図示している。

【図 3】 図 3 は、本発明の実施態様に従って、圧縮力および／または張力を使用して、CaF<sub>2</sub> ストレスプレートを作製するフローチャート 300 を図示している。

【図 4】 図 4 は、本発明の実施態様に従って、立方平面に沿って配向された CaF<sub>2</sub> プレートを含む開裂平面に沿って配向された未加工 CaF<sub>2</sub> の試料を図示している。

【図 5】 図 5 は、本発明の実施態様に従って立方平面に沿って配向された CaF<sub>2</sub> プレートを製造するために CaF<sub>2</sub> の試料を加工するフローチャート 500 を図示している。

【図 6 A】 図 6 A は、本発明の実施態様に従って立方平面に沿って配向された CaF<sub>2</sub> プレートを図示している。

【図 6 B】 図 6 B は、本発明の実施態様に従って所望の光学遅延を実行するために CaF<sub>2</sub> 立方平面に垂直に圧縮力および／または張力を加える種々の組合せを図示している。

【図 6 C】 図 6 C は、本発明の実施態様に従って所望の光学遅延を実行するために CaF<sub>2</sub> 立方平面に垂直に圧縮力および／または張力を加える種々の組合せを図示している。

【図 6 D】 図 6 D は、本発明の実施態様に従って所望の光学遅延を実行するために CaF<sub>2</sub> 立方平面に垂直に圧縮力および／または張力を加える種々の組合せを図示している。

【図 6 E】 図 6 E は、本発明の実施態様に従って所望の光学遅延を実行するために CaF<sub>2</sub> 立方平面に垂直に圧縮力および／または張力を加える種々の組合せを図示している。

【図 6 F】 図 6 F は、本発明の実施態様に従って所望の光学遅延を実行するために CaF<sub>2</sub> 立方平面に垂直に圧縮力および／または張力を加える種々の組合せを図示している。

【図 6 G】 図 6 G は、本発明の実施態様に従って所望の光学遅延を実行するために CaF<sub>2</sub> 立方平面に垂直に圧縮力および／または張力を加える種々の組合せを図示している。

【図 7】 図 7 は、本発明の実施態様に従って 90 度ストレスプレートを測定する測定システム 700 を図示している。

【図 8】 図 8 は、本発明の実施態様に従って剪断力を使用して CaF<sub>2</sub> ストレスプレートを作製するフローチャート 800 を図示している。

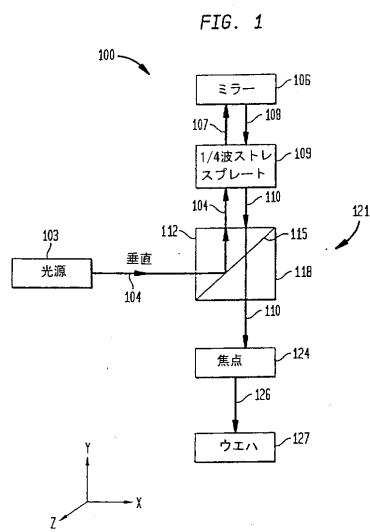
【図9】 図9は、本発明の実施態様に従って、 $\text{CaF}_2$ 立方平面に対して透過軸の周りに45度回転された機構面を有する $\text{CaF}_2$ プレートを製造するために $\text{CaF}_2$ の試料を加工するフローチャート900を図示している。

【図10A】 図10Aは、 $\text{CaF}_2$ 立方平面に対して45度回転された機構面を有する $\text{CaF}_2$ プレートを図示している。

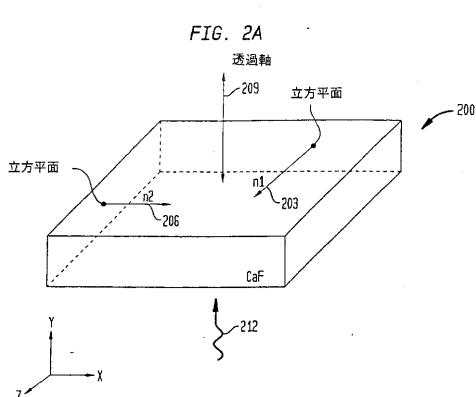
【図10B】 図10Bは、本発明の実施態様に従って光学遅延を実行するために $\text{CaF}_2$ 立方平面に沿って（またはそれに隣接して）剪断力を加える種々の実施態様を図示している。

【図10C】 図10Cは、本発明の実施態様に従って光学遅延を実行するために $\text{CaF}_2$ 立方平面に沿って（またはそれに隣接して）剪断力を加える種々の実施態様を図示している。 10

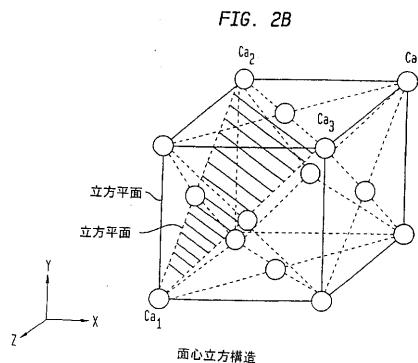
【図1】



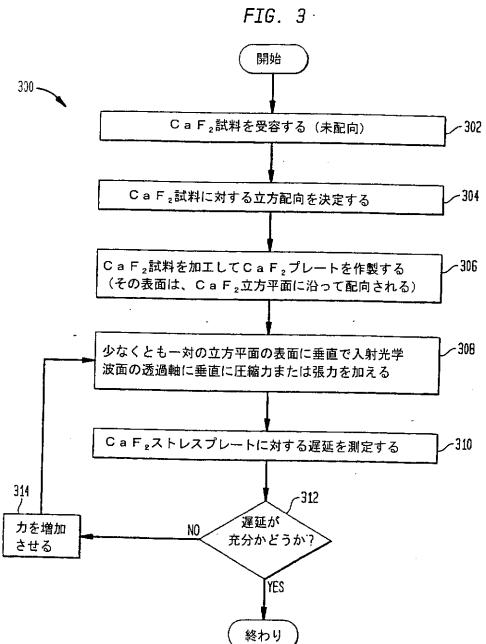
【図2A】



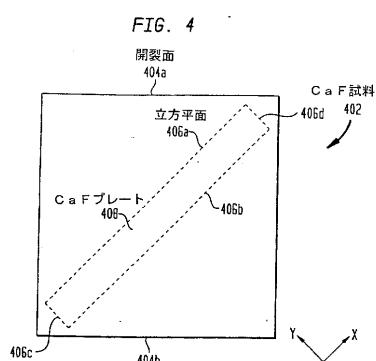
【図2B】



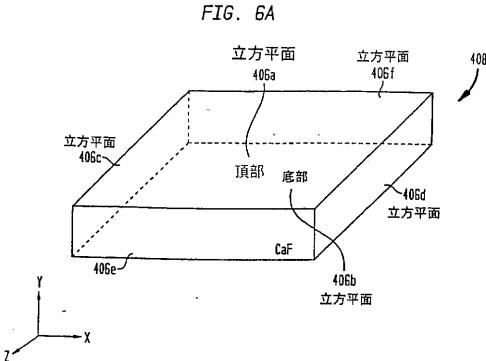
【図3】



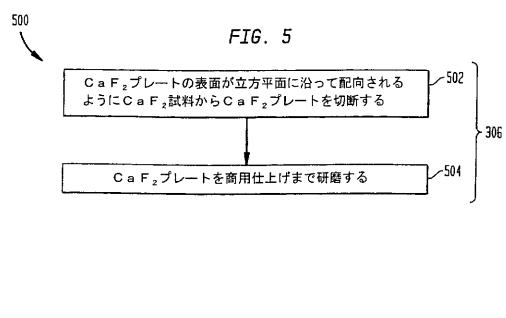
【 図 4 】



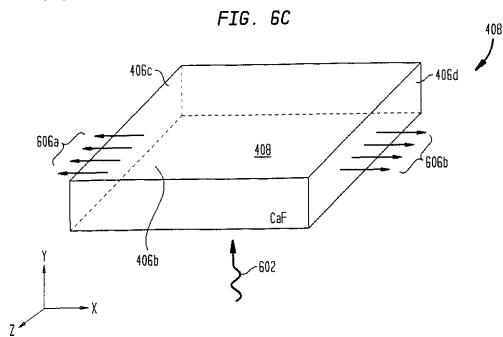
【図 6 A】



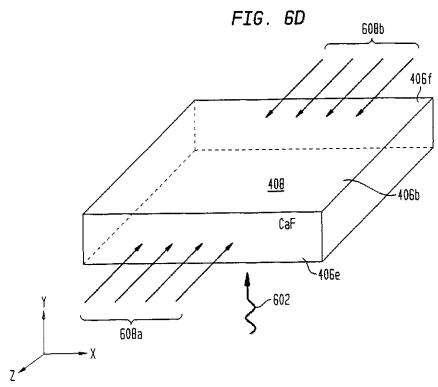
【図5】



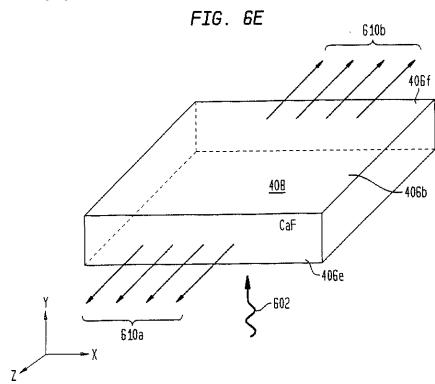
【図 6 C】



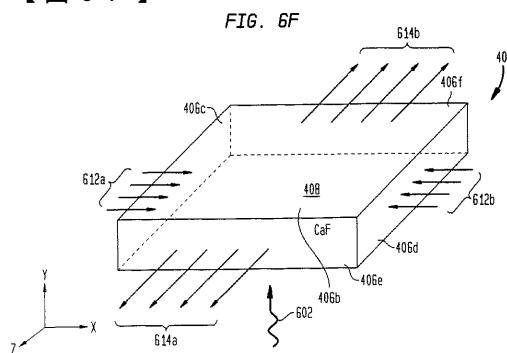
【図 6 D】



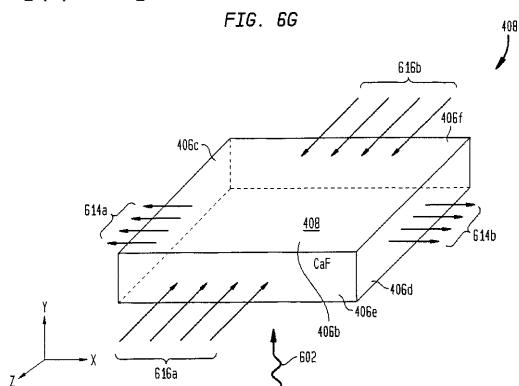
【図 6 E】



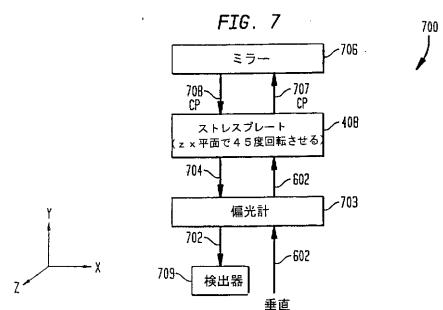
【図 6 F】



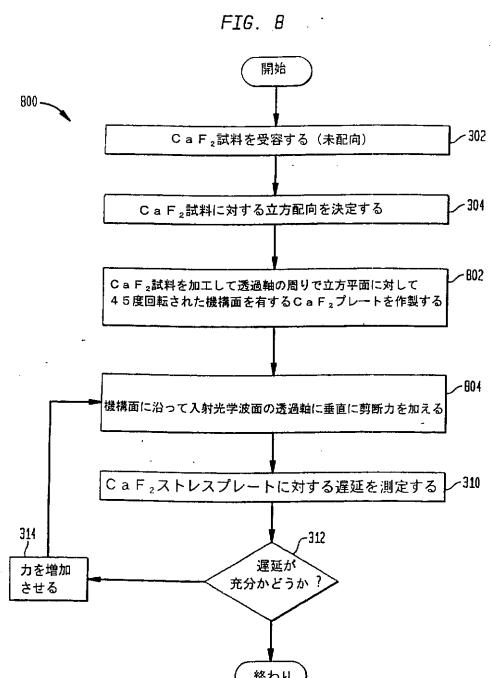
【図 6 G】



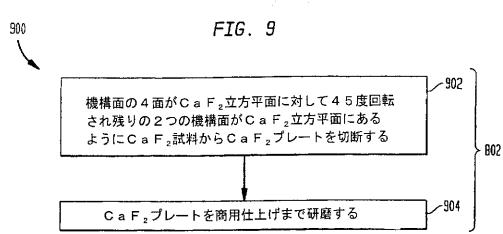
【図 7】



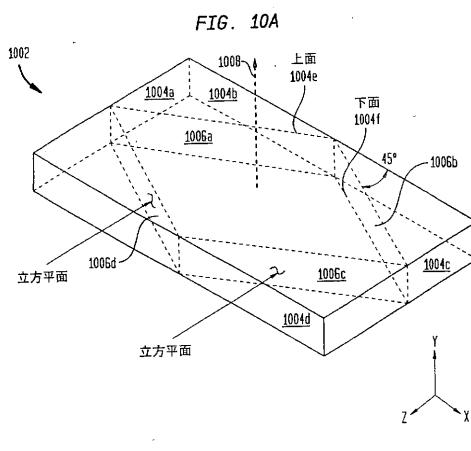
【図 8】



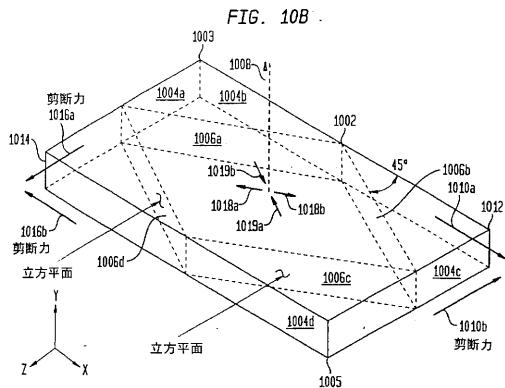
【 図 9 】



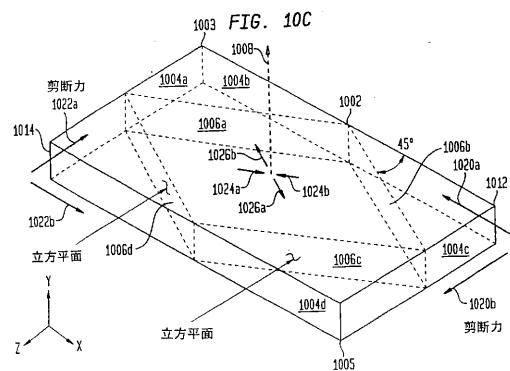
【 义 1 0 A 】



【図10B】



【図10C】



---

フロントページの続き

審査官 大橋 憲

(56)参考文献 米国特許第03600611(US,A)

特開平11-248652(JP,A)

特開平08-012500(JP,A)

特開平06-296051(JP,A)

特開平11-249180(JP,A)

特開平02-134613(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/30

G02B 1/02

H01L 21/027