

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-508177

(P2017-508177A)

(43) 公表日 平成29年3月23日(2017.3.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO2B 3/00 (2006.01)</b>	GO2B 3/00	Z 2H249
<b>GO2B 5/18 (2006.01)</b>	GO2B 3/00	A 4G062
<b>CO3C 3/095 (2006.01)</b>	GO2B 5/18	
	CO3C 3/095	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2016-548229 (P2016-548229)	(71) 出願人	516218823
(86) (22) 出願日	平成27年1月23日 (2015.1.23)		スリーディー グラス ソリューションズ
(85) 翻訳文提出日	平成28年9月6日 (2016.9.6)		, インク
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/012758		3D GLASS SOLUTIONS,
(87) 国際公開番号	W02015/112903		INC
(87) 国際公開日	平成27年7月30日 (2015.7.30)		アメリカ国 ニューメキシコ87113
(31) 優先権主張番号	61/931,039		アルバカーキ スイートディー エヌイー
(32) 優先日	平成26年1月24日 (2014.1.24)		ヴェニスアベニュー5201
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100107984
			弁理士 廣田 雅紀
		(74) 代理人	100102255
			弁理士 小澤 誠次
		(74) 代理人	100096482
			弁理士 東海 裕作

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロレンズ及びアレイ用の光活性基板を製作する方法

(57) 【要約】

少なくともシリカ、酸化リチウム、酸化アルミニウム、及び酸化セリウムを含む感光性ガラス基板を用意するステップと、前記感光性ガラス基板上に1又は2以上のマイクロレンズを形成することを含む、設計レイアウトをマスキングするステップと、前記感光性ガラス基板の少なくとも1つの部分を活性化エネルギー源に曝露するステップと、前記感光性ガラス基板を、そのガラス転移温度よりも高い、少なくとも10分の加熱相に曝露するステップと、前記感光性ガラス基板を冷却して、曝露されたガラスの少なくとも一部を結晶質材料に変換することにより、ガラス-結晶質基板を形成するステップと、ガラス-結晶質基板を、エッチング剤溶液でエッチングして、1又は2以上のマイクロレンズを形成するステップとによって、製作する方法及び作製されたデバイス。



FIG. 2

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

少なくともシリカ、酸化リチウム、酸化アルミニウム、及び酸化セリウムを含む感光性ガラス基板を用意するステップと、

光学密度が様々なハーフトーンデザインをマスクングして、ガラスに光学素子を描画するステップと、

前記感光性ガラス基板を活性化エネルギー源に曝露するステップと、

前記感光性ガラス基板を、そのガラス転移温度よりも高い、少なくとも 10 分の加熱相に曝露するステップと、

前記感光性ガラス基板を冷却して、前記曝露されたガラスの少なくとも一部を結晶質材料に変換することにより、ガラス - 結晶質基板を形成するステップと、

前記ガラス - 結晶質基板を、エッチング剤溶液でエッチングして、1 又は 2 以上のマイクロレンズデバイスを形成するステップと

を含む、光学系を製作する方法。

## 【請求項 2】

光学素子が円形であり、周辺の高い光学密度及び中心の低い光学密度がマイクロレンズを生成する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

マスクが、勾配パターンを形成することにより、光学素子の屈折度を与える、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 4】

光学素子が、回折光学マイクロレンズが生成されるように同心円を持つ高い光学密度のパターンである、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 5】

マスクが、前記マスク内に同心円状の円の勾配パターンを形成することにより、屈折度が 5 % の光学素子を提供する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかにより形成されたマイクロレンズデバイス。

## 【請求項 7】

少なくともシリカ、酸化リチウム、酸化アルミニウム、及び酸化セリウムを含む感光性ガラス基板を用意するステップと、

透明素子からなるデジタルマスクを非透明素子でマスクングして、ガラスに回折光学素子を画定するステップと、

前記感光性ガラス基板の少なくとも 1 つの部分を活性化エネルギー源に曝露するステップと、

前記感光性ガラス基板を、そのガラス転移温度よりも高い、少なくとも 10 分の加熱相に曝露するステップと、

前記感光性ガラス基板を冷却して、前記曝露されたガラスの少なくとも一部を結晶質材料に変換することにより、ガラス - 結晶質基板を形成するステップと、

前記ガラス - 結晶質基板を、エッチング剤溶液でエッチングして、1 又は 2 以上のマイクロレンズデバイスを形成するステップと

を含む、光学素子を製作する方法。

## 【請求項 8】

光学素子が円形であり、周辺の高い光学密度及び中心の低い光学密度がマイクロレンズを生成する、請求項 7 に記載の方法。

## 【請求項 9】

マスクが、勾配パターンを形成することにより、光学素子の屈折度を与える、請求項 7 に記載の方法。

## 【請求項 10】

光学素子が、回折光学マイクロレンズが生成されるように同心円を持つ、高い光学密度

10

20

30

40

50

のパターンである、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 1 1】

マスクが、前記マスク内に同心円状の円の勾配パターンを形成することにより、屈折度が 5 % の光学素子を提供する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 1 2】

請求項 7 ~ 1 1 のいずれかによって形成された光学素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガラス構造を製作する方法に関し、詳細には、一般に焦点を合わせ、視準を合わせ、撮像するために、ガラスセラミック基板にマイクロレンズ及びマイクロレンズアレイを製作する方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

感光性ガラス構造は、集積撮像素子をその他の要素システム又はサブシステム、マイクロレンズ、マイクロレンズアレイと併せたものなどが、いくつかのマイクロマシニング及び微細加工プロセス用に提示されてきた。伝統的なガラスのシリコン微細加工は、費用がかかり且つ低収量であり、それに対して射出成型又はエンボス加工プロセスは、不整合な光学形状及びマイクロレンズを生産する。シリコン微細加工プロセスは、高コストの設備；フォトリソグラフィ、及び反応性イオンエッチングツールを利用し、これらは一般に、それぞれ 100 万ドルを超える費用がかかり、何百万から何十億ドル以上も要する超清浄高生産シリコン製作施設を必要とする。射出成型及びエンボス加工は、それほどコストがかからないマイクロレンズ生産方法であるが、移送中に欠陥を発生させ又は確率論的硬化プロセスによる相違をもたらす。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明は、費用効果のあるガラスセラミックマイクロレンズ及び / 又はマイクロレンズアレイデバイスを生成することを提供する。ガラスセラミック基板には、3次元マイクロレンズ又はマイクロレンズアレイデバイスが形成されるよう、垂直並びに水平面の両方を別々に又は同時に加工することによって、そのような構造を形成するという実証された能力がある。

30

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明は、感光性ガラス基板を用意し、さらに 1 又は 2 以上の金属でコーティングすることによって、1 又は 2 以上の光学マイクロレンズを持つ基板を製作する方法を含む。

【0005】

少なくともシリカ、酸化リチウム、酸化アルミニウム、及び酸化セリウムを含む感光性ガラスセラミック複合体基板を用意し、感光性ガラス基板上に 1 又は 2 以上のマイクロレンズを含む設計レイアウトをマスクングし、感光性ガラス基板の少なくとも 1 つの部分を活性化エネルギー源に曝露し、感光性ガラス基板を、そのガラス転移温度よりも高い温度で少なくとも 10 分の加熱相に曝露し、感光性ガラス基板を冷却することによって少なくともこの曝露されたガラスの一部を結晶質材料に変換してガラス - 結晶質基板を形成し、且つガラス - 結晶質基板をエッチング剤溶液でエッチングすることにより 1 又は 2 以上の角度が付いたチャンネルを形成し、次いでチャンネルがコーティングされることによって、製作する方法及び作製されたデバイス。

40

【図面の簡単な説明】

【0006】

本発明の他の利益及び利点は、添付図面を参照しつつ、例として与えられた様々な実施形態の以下の記述から、より明らかにされよう。

50

【図 1】本発明のガラスセラミック組成物を作製するプロセスの画像である。

【図 2】マイクロレンズ又はマイクロレンズアレイの画像である。

【図 3 A - 3 B】本発明の、角度が付いたエッチングされたフィーチャの画像であり、その角度は、0 ~ 45 度の任意の角度とすることができる。

【図 4 A - 4 D】空間的に分解された光学素子の画像、及び付随するグラフである。

【図 5】光が通過し且つ異なる角度で反射し得るように反射コーティングを持つ、角度が付いたチャンネルを含む本発明の一実施形態の画像である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

本発明の様々な実施形態の作製及び使用について、以下で詳細に論じるが、本発明は、  
 広く様々な特定の文脈において具体化することができる多くの適用可能な発明概念を提供  
 することを、理解すべきである。本明細書で論じられる特定の実施形態は、本発明を作製  
 し使用する特定の方式の単なる例示であり、本発明の範囲を制限するものではない。

10

【0008】

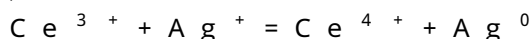
本発明の理解を容易にするために、いくつかの用語を以下に定義する。本明細書で定義  
 される用語には、本発明に関連ある分野の当業者によって一般に理解されるような意味が  
 ある。「a」、「an」、及び「the」などの用語は、単一の実体のみを指すものでは  
 なく、特定の例を例示するために使用することができる一般的クラスを含む。本明細書の  
 技術用語は、本発明の特定の実施形態を記述するのに使用するが、それらの用法は、請求  
 項に概略的に記載されていること以外、本発明の範囲を定めるものではない。

20

【0009】

これらの要求に対処するために、本発明者らは、半導体、RFエレクトロニクス、マイ  
 クロ波エレクトロニクス、及び光学撮像用の新規なパッケージ及び基板材料として、ガラ  
 スセラミック(APEX(登録商標)ガラスセラミック)を開発した。APEX(登録商標)ガラ  
 スセラミックは、単純な3ステッププロセスで、第1世代半導体設備を使用して加工され  
 、最終的な材料は、ガラス、セラミックに作ることができ、又はガラスとセラミックの両  
 方の領域を含有することができる。APEX(登録商標)ガラスセラミックは：容易に製作さ  
 れた高密度バイアス、実証されたマイクロ流体容量、マイクロレンズ又はマイクロレン  
 ズアレイ、剛性の高いパッケージに向けた高ヤング率、ハロゲンを含まない製造、及び経  
 済的な製造を含めた、現行の材料に勝るいくつかの利益を保有する。フォトエッチング可  
 能なガラスには、広く様々なマイクロシステム構成要素を製作するために、いくつかの利  
 点がある。マイクロ構造は、従来の半導体加工設備を使用して、これらのガラスで比較的  
 安価に生産されてきた。一般に、ガラスには高温安定性があり、良好な機械的及び電気  
 的性質があり、プラスチック及び多くの金属よりも良好な耐薬品性がある。本発明者  
 らの知識によれば、唯一の市販のフォトエッチング可能なガラスは、Schott社製であり  
 且つInvenios社によってのみ米国に輸入されるFOTURAN(登録商標)である。FOTURAN  
 (登録商標)は、微量の銀イオンを含有するリチウム-アルミニウム-シリケートガラ  
 スを含む。酸化セリウムの吸収帯域内のUV光に露光されると、酸化セリウムは増感  
 剤として働き、光子を吸収し、電子を失って、隣接する酸化銀を還元することにより  
 銀原子が形成され、例えば

30



である。

40

【0010】

銀原子は、ベーキングプロセス中に銀ナノクラスターに合体し、周囲のガラスを結晶  
 化するために核生成部位を誘発させる。マスクを通してUV光に露光された場合、後続  
 の熱処理中に、露光されたガラス領域のみが結晶化することになる。

【0011】

この熱処理は、ガラス変換温度(例えば、FOTURAN(登録商標)の場合、空気中で46  
 5よりも高い)近くの温度で行わなければならない。結晶質相は、露光されていないガ  
 ラス状の非晶質領域よりも、フッ化水素酸(HF)などのエッチング剤に対して可溶性で

50

ある。詳細には、FOTURAN（登録商標）の結晶質領域は、10% HF 中で、非晶質領域よりも20倍速くエッチングされ、露光された領域が除去されたときに、壁面勾配の比が約20:1であるマイクロ構造が可能になる。T. R. Dietrich et al, "Fabrication technologies for microsystems utilizing photoetchable glass," Microelectronic Engineering 30, 497 (1996)を参照されたい。

#### 【0012】

好ましくは、成形されたガラス構造は、マイクロ光学レンズ、マイクロ光学素子の少なくとも1つを含有する。マイクロ光学レンズは、3つの手段の1つで形成される。第1に、マイクロ光学レンズは、フレネルレンズが形成されるように一連の同心円を作製することによって、製作することができる。同心円の、エッチングされた領域とエッチングされていない領域との間の屈折率の不一致は、回折光学素子又はフレネルレンズを生成する。第2に、フレネルレンズは、APEX（登録商標）ガラスの供給中に堆積された材料の一連のリングを使用することによって、生成することができる。フレネルの同心円が、屈折率の差又は厚さの差を有する限り、フレネルは、光学的機能を入射電磁放射線に適用することになる。第3の手法は、曲線パターンをエッチングすることであり、又は曲線パターンのステップ近似である。曲線パターンの曲線又はステップ近似は、曲率の勾配によってレンズの屈折率が与えられ且つ特定の光学的機能が構造の形状全体によって与えられる、レンズを生成する。

#### 【0013】

FOTURAN（登録商標）は、Invenios社（FOTURAN（登録商標）に関する唯一の供給源である米国供給業者）により供給された情報に記載されており、酸化ケイ素（ $\text{SiO}_2$ ）75~85重量%、酸化リチウム（ $\text{Li}_2\text{O}$ ）7~11重量%、酸化アルミニウム（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）3~6重量%、酸化ナトリウム（ $\text{Na}_2\text{O}$ ）1~2重量%、三酸化アンチモン（ $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ）又は酸化ヒ素（ $\text{As}_2\text{O}_3$ ）0.2~0.5重量%、酸化銀（ $\text{Ag}_2\text{O}$ ）0.05~0.15重量%、及び酸化セリウム（ $\text{CeO}_2$ ）0.01~0.04重量%から構成される。本明細書で使用される「APEX（登録商標）ガラスセラミック」、「APEXガラス」、又は単に「APEX」という用語は、本発明のガラスセラミック組成物の一実施形態を示すのに使用される。

#### 【0014】

本発明は、レンズに使用される、成形されたAPEXガラス構造であって、層通過又は層内設計を含むAPEXガラス構造によって、撮像の適用例で使用するための、感光性/光パターンニング性のAPEXガラスを用いた光学マイクロ構造を製作するための、単一の材料手法を提供する。

#### 【0015】

一般に、ガラスセラミック材料は、マイクロ構造の形成において限られた成功しか収められず、性能、均一性、その他による使用可能性、及び入手可能性の課題に悩まされてきた。過去のガラスセラミック材料は、約15:1のエッチングアスペクト比をもたらし、それに対してAPEXガラスは、50:1よりも大きい平均エッチングアスペクト比を有する。このため使用者は、より小さくより深いフィーチャを生成することが可能になる。さらに、本発明者らの製造プロセスは、90%超の製品収量を可能にする（旧来のガラスの収量は、50%に近い。）。最後に、旧来のガラスセラミックでは、ガラスの約30%しかセラミック状態に転換されず、それに対してAPEX（登録商標）ガラスセラミックでは、この転換率が70%に近い。

#### 【0016】

APEX組成物は、その高い性能に関して3つの主なメカニズムを提供する：（1）より多量の銀が、より小さいセラミック結晶の形成をもたらし、そのため粒界ではより速くエッチングされ、（2）シリカ含量（HF酸によってエッチングされる主な構成成分）の減少が、露出していない材料の望ましくないエッチングを減少させ、且つ（3）アルカリ金属及び酸化ホウ素の、より高い全重量パーセントは、製造中に、さらになお均質なガラスを生産する。

10

20

30

40

50

## 【0017】

本発明は、角度が付いた構造、鏡を形成するのに使用するためのガラスセラミック構造と、電磁波透過及びフィルタリングの適用で使われるガラスセラミック材料とを製作するための方法を含む。本発明は、ガラス-セラミック基板の多数の平面に生成された、角度が付いた構造を含み、そのようなプロセスは、(a)曝露が、基板又はエネルギー源のいずれかの向きを変えることによって様々な角度で生ずるように、励起エネルギーに曝露するステップ、(b)ベークステップ、及び(c)エッチングステップを用いる。角度のサイズは、鋭角又は鈍角にすることもできる。湾曲した構造及びデジタル構造は、ほとんどのガラス、セラミック、又はシリコン基板で生成することが実現不可能ではないとしても、難しい。本発明は、ガラス-セラミック基板に関し、垂直並びに水平面の両方で、そのような構造を生成する可能性をもたらした。本発明は、撮像で使用するための、ガラスセラミックマイクロレンズ構造を製作するための方法を含む。レンズ構造は、屈折率が修正されるように様々な金属若しくは酸化物、薄膜、若しくはその他の材料で(例えば、鏡)、又はレンズが生成されるように透明材料で、コーティングすることができる。光学系において、物質(光学媒体)の屈折率(又は屈折率)は、光又は任意のその他の放射線がどのようにその媒体中を伝搬するのかを示す数値である。

10

## 【0018】

本発明は、誘電率及び透過率が同時に負の値を有する場合に引き起こすことができる、負の屈折率の構造の開発を可能にする。得られる負の屈折は、レンズ及びその他の新規な光学構造を生成する可能性をもたらす。

20

## 【0019】

ガラスのセラミック化は、ガラス基板全体を、約 $20\text{ J/cm}^2$ の $310\text{ nm}$ の光で露光することによって実現される。ガラス空間をセラミック内に生成しようとする場合、使用者は、ガラスがガラスのままに保たれる場所以外の材料全てを露光する。一実施形態では、本発明は、直径が異なる様々な同心円を含有する、石英/クロムマスクを提供する。

## 【0020】

本発明は、電磁波透過及び反射の適用で使われるガラスセラミック材料に、撮像構造、鏡、及びマイクロレンズ、マイクロレンズアレイを形成するのに使用するためのガラスセラミック構造を製作するための方法を含む。ガラスセラミック基板は：シリカ $60\sim 76$ 重量%； $\text{K}_2\text{O}$ が少なくとも $3$ 重量%であり、 $\text{K}_2\text{O}$ 及び $\text{Na}_2\text{O}$ の組合せが $6$ 重量% $\sim 16$ 重量%； $\text{Ag}_2\text{O}$ 及び $\text{Au}_2\text{O}$ からなる群から選択される少なくとも $1$ 種の酸化物 $0.003\sim 1$ 重量%； $\text{Cu}_2\text{O}$  $0.003\sim 2$ 重量%； $\text{B}_2\text{O}_3$  $0.75$ 重量% $\sim 7$ 重量%及び $\text{Al}_2\text{O}_3$  $6\sim 7$ 重量%であり； $\text{B}_2\text{O}_3$ と $\text{Al}_2\text{O}_3$ の組み合わせで $13$ 重量%以下； $\text{Li}_2\text{O}$  $8\sim 15$ 重量%；及び $\text{CeO}_2$  $0.001\sim 0.1$ 重量%を含むがこれらに限定されない、広範な数の組成変形を有する感光性ガラス基板であってもよい。この、及びその他の様々な組成物を、一般に、APEXガラスと呼ぶ。

30

## 【0021】

露光された部分は、ガラス変換温度付近の温度にガラス基板を加熱することによって、結晶質材料に変換されてもよい。ガラス基板を、フッ化水素酸などのエッチング剤でエッチングする場合、露光された部分と露光されていない部分との異方性エッチング比は、ガラスが広域スペクトルの中波紫外線(約 $308\sim 312\text{ nm}$ )投光ランプに露光されたときに少なくとも $30:1$ であり、アスペクト比が少なくとも $30:1$ である成形ガラス構造が得られ、且つレンズ形状のガラス構造が得られる。露光用のマスクは、マイクロレンズ用に湾曲した構造が形成されるように露光するために、連続グレースケールを提供するハーフトーンマスクのものとすることができる。フラッド露光で使われるデジタルマスクは、回折光学素子又はフレネルレンズを生産するのに使用することができる。次いで露光されたガラスを、典型的には2ステッププロセスでベークする。 $10$ 分 $\sim 2$ 時間にわたり $420\sim 520$ で加熱される温度範囲は、銀イオンを合体させて銀ナノ粒子にし、 $10$ 分 $\sim 2$ 時間にわたり $520\sim 620$ で加熱される温度範囲は、酸化リチウムを銀ナノ粒子の周りに形成させる。次いでガラス板をエッチングする。ガラス基板は、典型的

40

50

には5%～10体積%のHF溶液のエッチング剤でエッチングし、露光された部分と露光されていない部分とのエッチング比は、広域スペクトルの中波紫外線投光照明に露光した場合に少なくとも30：1であり、レーザに露光した場合に30：1よりも大きく、異方性エッチング比が少なくとも30：1である成形ガラス構造が提供される。

【0022】

図1は、本発明のガラスセラミック組成物を作製するプロセスの画像である。図2は、マイクロレンズ又はマイクロレンズアレイの画像である。図3A及び3Bは、本発明の角度が付いたエッチングされたフィーチャの画像であり、この角度は0～45°の任意の角度にすることができる。図4A～4Dは、空間的に分解された光学素子の画像と、それに付随するグラフである。図5は、光が通過して異なる角度で反射し得るように反射コーティングを備えた、角度が付いたチャネルを含む、本発明の一実施形態の画像である。種々の角度及び長さを持つ様々なアークを含有する石英/クロムマスクの画像は示されていない。隣接するガラスの代替経路に光が反射されるように、銅がメッキされたバイアに対して角度を付けることによる光の反射の画像は示されていない。

10

【0023】

本発明及びその利点について詳細に記述してきたが、添付される特許請求の範囲により定義される本発明の精神及び範囲から逸脱することなく、様々な変更、置換、及び代替を本明細書で行うことができることを理解すべきである。さらに、本出願の範囲は、明細書に記述されるプロセス、機械、製造、物体の組成物、手段、方法、及びステップの特定の実施形態に限定するものではなく、特許請求の範囲によってのみ限定されるものである。

20

【図1】

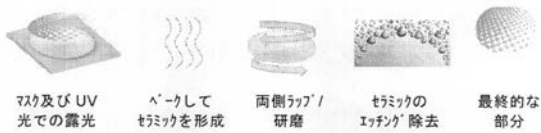


FIG. 1

【図2】

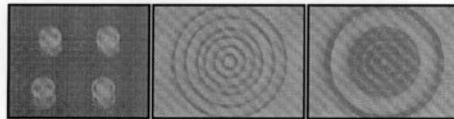


FIG. 2

【図3A】

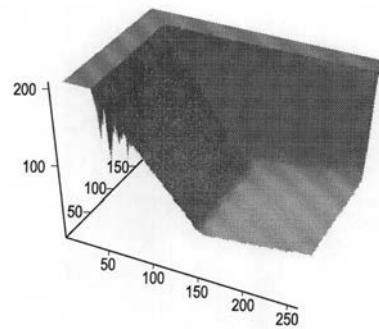


FIG. 3A

【図3B】

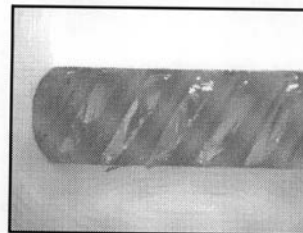


FIG. 3B

【 図 4 A 】

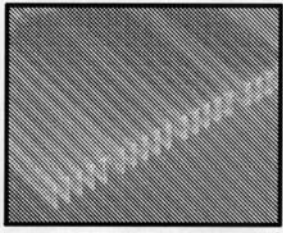


FIG. 4A

【 図 4 B 】

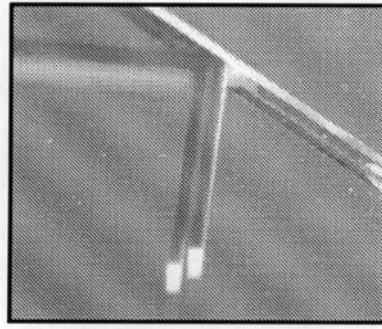


FIG. 4B

【 図 4 C 】

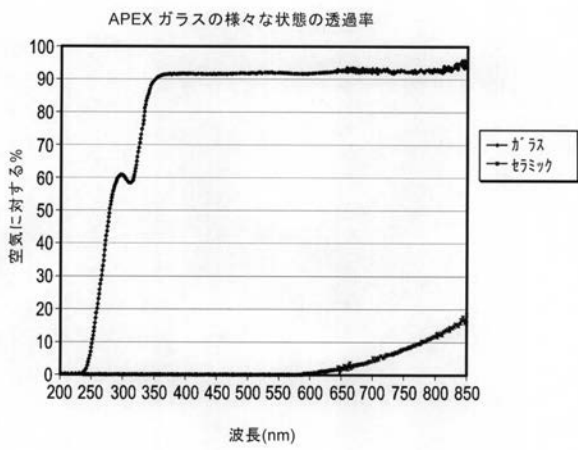


FIG. 4C

【 図 4 D 】

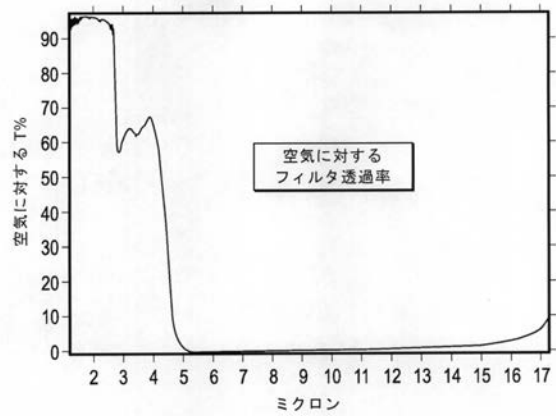


FIG. 4D

【 図 5 】

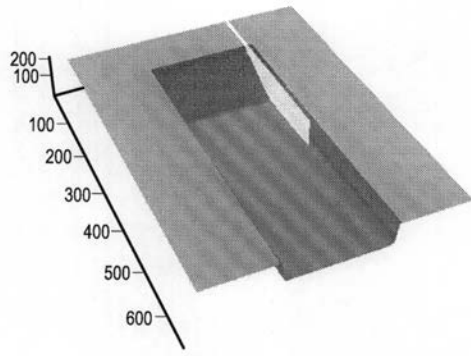


FIG. 5

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. <b>PCT/US2015/012758</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>G02B 1/00 (2006.01) C03C 3/04 (2006.01) C03C 3/083 (2006.01) C03C 3/095 (2006.01) C03C 4/04 (2006.01)</b> <b>G02B 3/00 (2006.01) G02B 3/08 (2006.01)</b>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
Databases: WPI, WIAP and EPODOC. Keywords: optic, G02B (IPC and CPC), C03C (IPC and CPC); glass; photo sensitive, light sensitive, radiation sensitive, C03C 4/04 (and sub marks in IPC and CPC); silica, silicon oxide, SiO <sub>2</sub> , quartz; lithium oxide, Li <sub>2</sub> O; aluminium oxide, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , alumina; cerium oxide, Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ceria; mask, lithograph; expose, activate, radiate; heat, anneal, warm, increase temperature; cool, quench, decrease temperature; crystallise; etch; lens, micro lens, Fresnel, G02B 3/- (IPC and CPC); halftone; APEX, FOTURAN; diffract; grating, G02B 5/18 (and sub marks in IPC and CPC); refractive index, optical density; transition, gradient, vary, variation; AND LIKE TERMS. Database: Espacenet. Keywords: 3D Glass Solutions as the applicant; Jeb Flemming, Jeff Bullington as the inventors; gradient index, GRIN; photosensitive; diffracting lens; zone plate; diffract; Fresnel; AND LIKE TERMS.		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	Documents are listed in the continuation of Box C	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search 8 April 2015		Date of mailing of the international search report 08 April 2015
<b>Name and mailing address of the ISA/AU</b>  AUSTRALIAN PATENT OFFICE PO BOX 200, WODEN ACT 2606, AUSTRALIA Email address: pct@ipaustalia.gov.au		<b>Authorised officer</b>  Richard Baker AUSTRALIAN PATENT OFFICE (ISO 9001 Quality Certified Service) Telephone No. 0262832583

<b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>		International application No.
C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		<b>PCT/US2015/012758</b>
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011/0195360 A1 (FLEMMING et al.) 11 August 2011 Abstract, paragraphs 0010, 0034, 0085 to 0087	1-12
X	US 2011/0217657 A1 (FLEMMING et al.) 08 September 2011 Abstract, paragraphs 0040, 0109 to 0111	1-12
A	WO 2009/062011 A1 (MASACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 14 May 2009 Abstract, page 1 lines 11 to 13, page 2 line 7 to page 3 line 7, page 3 line 24 to page 9 line 13, figures 1A to 4	1-12
A	US 3993401 A (STREHLOW) 23 November 1976 Abstract, column 1 lines 7 to 13, column 1 line 25 to column 2 line 6, column 2 line 23 to column 4 line 2, figures 1 to 3	1-12
A	US 4514053 A (BORRELLI et al.) 30 April 1985 Abstract, column 1 line 6 to column 2 line 30, column 3 line 21 to column 4 line 36, column 4 line 48 to column 6 line 28, figures 1 to 4	1-12
A	US 2011/0284725 A1 (GOLDBERG) 24 November 2011 Abstract, paragraphs 0003, 0021 to 0041, figures 3A to 7	1-12
Form PCT/ISA/210 (fifth sheet) (July 2009)		

<b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>		International application No.	
Information on patent family members		<b>PCT/US2015/012758</b>	
This Annex lists known patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The Australian Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.			
<b>Patent Document/s Cited in Search Report</b>		<b>Patent Family Member/s</b>	
<b>Publication Number</b>	<b>Publication Date</b>	<b>Publication Number</b>	<b>Publication Date</b>
US 2011/0195360 A1	11 August 2011	US 8709702 B2	29 Apr 2014
		CN 102869630 A	09 Jan 2013
		US 2011217657 A1	08 Sep 2011
		WO 2011100445 A1	18 Aug 2011
US 2011/0217657 A1	08 September 2011	CN 102869630 A	09 Jan 2013
		US 2011195360 A1	11 Aug 2011
		US 8709702 B2	29 Apr 2014
		WO 2011100445 A1	18 Aug 2011
WO 2009/062011 A1	14 May 2009	US 2009135391 A1	28 May 2009
		US 8211625 B2	03 Jul 2012
US 3993401 A	23 November 1976	DE 2605410 A1	19 Aug 1976
		FR 2333261 A1	24 Jun 1977
		FR 2333261 B1	19 Mar 1982
		GB 1531816 A	08 Nov 1978
		JP S51105792 A	18 Sep 1976
		JP S618402 B2	14 Mar 1986
US 4514053 A	30 April 1985	CA 1224351 A1	21 Jul 1987
		EP 0134104 A2	13 Mar 1985
		JP S60156010 A	16 Aug 1985
US 2011/0284725 A1	24 November 2011	US 8569678 B2	29 Oct 2013
		WO 2009111583 A1	11 Sep 2009
<b>End of Annex</b>			
Due to data integration issues this family listing may not include 10 digit Australian applications filed since May 2001. Form PCT/ISA/210 (Family Annex)(July 2009)			

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(74)代理人 100188352  
弁理士 松田 一弘

(74)代理人 100131093  
弁理士 堀内 真

(74)代理人 100150902  
弁理士 山内 正子

(74)代理人 100141391  
弁理士 園元 修一

(74)代理人 100198074  
弁理士 山村 昭裕

(74)代理人 100145920  
弁理士 森川 聡

(74)代理人 100096013  
弁理士 富田 博行

(72)発明者 フレミング ジェブ エイチ .  
アメリカ国 ニューメキシコ 8 7 1 0 6 アルバカーキ エスイーサンタモニカ 2 8 1 7

(72)発明者 バリントン ジェフ  
アメリカ国 フロリダ 3 2 8 0 1 オーランド # 2 4 0 6 ウェストチャーチストリート 5 5

Fターム(参考) 2H249 AA03 AA13 AA33 AA37 AA45 AA55 AA65  
4G062 AA04 AA11 BB01 CC09 DA06 DA07 DB03 DC01 DC02 DC03  
DD01 DE01 DF01 EA03 EA04 EB01 EB02 EB03 EB04 EC03  
EC04 ED01 EE01 EF01 EG01 FA01 FB01 FC01 FD01 FE01  
FF01 FG01 FH01 FJ01 FK01 FL02 GA01 GA10 GB01 GC01  
GD01 GE01 HH01 HH03 HH04 HH05 HH07 HH09 HH11 HH13  
HH15 HH17 HH20 JJ01 JJ03 JJ05 JJ07 JJ10 KK01 KK03  
KK05 KK07 KK10 MM02 NN17