

(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2008-518251
(P2008-518251A)

(43) 公表日 平成20年5月29日(2008.5.29)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 6/122 (2006.01)	GO2B 6/12 C	2H137
GO2B 6/32 (2006.01)	GO2B 6/32	2H147
GO2B 3/00 (2006.01)	GO2B 3/00 Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2007-538217 (P2007-538217)
 (86) (22) 出願日 平成17年10月24日 (2005.10.24)
 (85) 翻訳文提出日 平成19年4月25日 (2007.4.25)
 (86) 国際出願番号 PCT/AU2005/001643
 (87) 国際公開番号 WO2006/045142
 (87) 国際公開日 平成18年5月4日 (2006.5.4)
 (31) 優先権主張番号 60/622,186
 (32) 優先日 平成16年10月25日 (2004.10.25)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

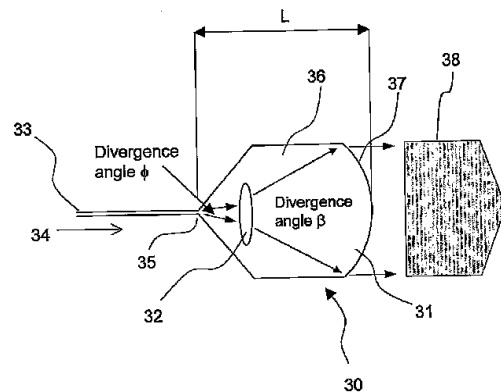
(71) 出願人 507137678
 アールピーオー プロプライエタリー リミテッド
 オーストラリア 0200 オーストラリアン キャピタル テリトリー アクトン エグルストーン ロード 124 イノベーションズ ビルディング
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 禎男
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭
 (74) 代理人 100065189
 弁理士 宍戸 嘉一
 (74) 代理人 100088694
 弁理士 弟子丸 健

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 集積光学素子用の平板状レンズ

(57) 【要約】

好ましくは一体状に形成されたスラブ導波路(36)と光導波路(33)を有する平板状レンズ(30)であって、スラブ導波路が光導波路内へ又は外へ合焦させる湾曲した端面(37)を有し、少なくとも1つの追加のレンズ(32)がスラブ導波路内に設けられている、平板状レンズ。追加のレンズは、発散レンズか収束レンズかのいずれかである。追加のレンズは、光導波路の受光角をスラブ導波路の湾曲端面にマッチさせるのが良い。変形例として、追加のレンズは、設計又は組立て誤差及び(又は)温度変動に対する許容度を向上させても良い。好ましくは、平板状レンズは、光パターン化可能なポリマーで構成され、追加のレンズは、空気で構成される。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

平板状レンズ及び光導波路を有する光学素子であって、前記平板状レンズは、第 1 の屈折率の第 1 の媒体で作られたスラブ導波路を有し、前記光導波路は、前記スラブ導波路の第 1 の端部に連結され、前記スラブ導波路の第 2 の端部は、湾曲面で形成され、前記スラブ導波路は、前記第 1 の屈折率とは異なる第 2 の屈折率の第 2 の媒体で作られた発散レンズを収納している、光学素子。

【請求項 2】

前記平板状レンズと前記光導波路は、一体形本体として形成されている、請求項 1 記載の光学素子。

10

【請求項 3】

前記平板状レンズは、収束レンズである、請求項 1 又は 2 記載の光学素子。

【請求項 4】

前記第 1 の媒体は、光学的に透明なガラス又はポリマー材料である、請求項 1 ~ 3 のうちいずれか一に記載の光学素子。

【請求項 5】

前記第 2 の屈折率は、前記第 1 の屈折率よりも小さい、請求項 1 ~ 4 のうちいずれか一に記載の光学素子。

【請求項 6】

前記第 2 の媒体は、空気である、請求項 1 ~ 5 のうちいずれか一に記載の光学素子。

20

【請求項 7】

前記発散レンズは、形状が両凸、平凸又はメニスカス凸である、請求項 1 ~ 6 のうちいずれか一に記載の光学素子。

【請求項 8】

前記第 2 の屈折率は、前記第 1 の屈折率よりも大きい、請求項 1 ~ 4 のうちいずれか一に記載の光学素子。

【請求項 9】

前記発散レンズは、形状が両凹、平凹又はメニスカス凹である、請求項 8 記載の光学素子。

【請求項 10】

30

複数の送出し光学素子及び複数の受入れ光学素子を含む光タッチスクリーンセンサであって、各送出し光学素子及び各受入れ光学素子は、平板状レンズ及び光導波路を有し、前記平板状レンズは、第 1 の屈折率の第 1 の媒体で作られたスラブ導波路を有し、前記光導波路は、前記スラブ導波路の第 1 の端部に連結され、前記スラブ導波路の第 2 の端部は、湾曲面で形成され、前記スラブ導波路は、前記第 1 の屈折率とは異なる第 2 の屈折率の第 2 の媒体で作られた発散レンズを収納している、光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 11】

前記平板状レンズと前記光導波路は、一体形本体として形成されている、請求項 10 記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 12】

40

前記平板状レンズは、収束レンズである、請求項 10 又は 11 記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 13】

前記第 1 の媒体は、光学的に透明なガラス又はポリマー材料である、請求項 10 ~ 12 のうちいずれか一に記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 14】

前記第 2 の屈折率は、前記第 1 の屈折率よりも小さい、請求項 10 ~ 13 のうちいずれか一に記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 15】

前記第 2 の媒体は、空気である、請求項 10 ~ 14 のうちいずれか一に記載の光タッチ

50

スクリーンセンサ。

【請求項 16】

前記発散レンズは、形状が両凸、平凸又はメニスカス凸である、請求項 10 ~ 15 のうちいずれか一に記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 17】

前記第 2 の屈折率は、前記第 1 の屈折率よりも大きい、請求項 10 ~ 13 のうちいずれか一に記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 18】

前記発散レンズは、形状が両凹、平凹又はメニスカス凹である、請求項 17 記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 19】

平板状レンズ及び光導波路を有する光学素子であって、前記平板状レンズは、第 1 の屈折率の第 1 の媒体で作られたスラブ導波路を有し、前記光導波路は、前記スラブ導波路の第 1 の端部に連結され、前記スラブ導波路の第 2 の端部は、湾曲面で形成され、前記スラブ導波路は、前記第 1 の屈折率とは異なる第 2 の屈折率の第 2 の媒体で作られた少なくとも 1 つの収束レンズを収納している、光学素子。

【請求項 20】

前記平板状レンズと前記光導波路は、一体形本体として形成されている、請求項 19 記載の光学素子。

【請求項 21】

前記平板状レンズは、収束レンズである、請求項 19 又は 20 記載の光学素子。

【請求項 22】

前記第 1 の媒体は、光学的に透明なガラス又はポリマー材料である、請求項 19 ~ 21 のうちいずれか一に記載の光学素子。

【請求項 23】

前記第 2 の屈折率は、前記第 1 の屈折率よりも小さい、請求項 19 ~ 22 のうちいずれか一に記載の光学素子。

【請求項 24】

前記第 2 の媒体は、空気である、請求項 19 ~ 23 のうちいずれか一に記載の光学素子。

【請求項 25】

前記収束レンズは、形状が両凹、平凹又はメニスカス凹である、請求項 19 ~ 24 のうちいずれか一に記載の光学素子。

【請求項 26】

前記第 2 の屈折率は、前記第 1 の屈折率よりも大きい、請求項 19 ~ 22 のうちいずれか一に記載の光学素子。

【請求項 27】

前記収束レンズは、形状が両凸、平凸又はメニスカス凸である、請求項 26 記載の光学素子。

【請求項 28】

複数個の送出し光学素子及び複数個の受入れ光学素子を含む光タッチスクリーンセンサであって、各送出し光学素子及び各受入れ光学素子は、平板状レンズ及び光導波路を有し、前記平板状レンズは、第 1 の屈折率の第 1 の媒体で作られたスラブ導波路を有し、前記光導波路は、前記スラブ導波路の第 1 の端部に連結され、前記スラブ導波路の第 2 の端部は、湾曲面で形成され、前記スラブ導波路は、前記第 1 の屈折率とは異なる第 2 の屈折率の第 2 の媒体で作られた少なくとも 1 つの収束レンズを収納している、光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 29】

前記平板状レンズと前記光導波路は、一体形本体として形成されている、請求項 28 記載の光タッチスクリーンセンサ。

10

20

30

40

50

【請求項 30】

前記平板状レンズは、収束レンズである、請求項 28 又は 29 記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 31】

前記第 1 の媒体は、光学的に透明なガラス又はポリマー材料である、請求項 28 ~ 30 のうちいずれか一に記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 32】

前記第 2 の屈折率は、前記第 1 の屈折率よりも小さい、請求項 28 ~ 31 のうちいずれか一に記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 33】

前記第 2 の媒体は、空気である、請求項 28 ~ 32 のうちいずれか一に記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 34】

前記収束レンズは、形状が両凹、平凹又はメニスカス凹である、請求項 28 ~ 33 のうちいずれか一に記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 35】

前記第 2 の屈折率は、前記第 1 の屈折率よりも大きい、請求項 28 ~ 31 のうちいずれか一に記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 36】

前記収束レンズは、形状が両凸、平凸又はメニスカス凸である、請求項 35 記載の光タッチスクリーンセンサ。

【請求項 37】

添付の図面に記載された本発明の実施形態及び（又は）実施例のうち任意の 1 つを参照して実質的に本明細書において説明した光学素子。

【請求項 38】

添付の図面に記載された本発明の実施形態及び（又は）実施例のうち任意の 1 つを参照して実質的に本明細書において説明した光タッチスクリーンセンサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光のビームを集積光導波路に送り又はこれから送る複合レンズに関する。本発明は、光タッチスクリーンセンサを横切る光ビームの送受に特に利用される。

【背景技術】

【0002】

本明細書中の先行技術の説明は、かかる先行技術が広く知られており又は当該技術分野における通常の知識の一部をなしているということを許容するものと決して考えられるべきではない。

【0003】

米国特許第 5,914,709 号明細書、同第 6,181,842 号明細書及び同第 6,351,260 号明細書は、集積光導波路がスクリーンを横切って光ビームのアレイを放出し、次にこれらをスクリーンの他方の側で集め、そしてこれらを位置敏感型検出器に導くために用いられている光タッチスクリーンセンサを記載している。「送出し側」に関する設計では、アレイ状に配置された導波路が、列状に配置されたレンズ素子（レンズエレメント）内に入り、これらレンズ素子は、案内された光ビームを水平面内で拡大させ、次に、これら光ビームがスクリーンフェースを横切って放出されているときに水平面内にコリメートする。鉛直面内でのコリメーション（視準）は、外部レンズ（例えば、円柱レンズ）で達成されるが、この鉛直のコリメーションは、本発明の目的にとって特に重要であるわけではない。

【0004】

理想的には、水平面内における各コリメートされた（視準された）ビームは、一様なパ

10

20

30

40

50

ワー分布状態でレンズを「満たす」べきであり、それにより、レンズ内ギャップに対応した恣意的に幅の狭い低強度ストライプを有する本質的にシート状の光が生じる。導波路は、マルチモードであるように設計されており、レンズは、最も高い次数の案内モードの発散角がレンズを満たすのに十分であるように設計されているだけである（発散角は、モードの次数につれて増大することに注目されたい）。この「理想的な」状況は、図1に示されており、この図1は、「送出し側」レンズ素子10及び関連の導波路11のアレイを示している。各レンズ素子10は、一端に湾曲面12を備えると共に他方の端部に関連の導波路11を備えた誘電体の平板状スラブである。好ましくは、レンズ素子10と関連の導波路11は、同一材料で構成され、互いに一体に作製されている。説明を簡単にするために、導波路11は、好ましくは、レンズ素子10に関し対称に配置され、即ち、レンズ素子10の対称軸13と一致している。理想的には、導波路11からの光線14は、点15のところでレンズ素子10に入って角度の扇形の範囲内で発散し、それにより湾曲面12を「満たし」、ここで、これら光線は、反射されてコリメートされた出力ビーム16を形成する。レンズ素子10は、屈折が生じる湾曲面12に加えて、2つの傾斜した側壁17及び対称軸13に平行な2つの側壁18を有している。レンズ素子10内で発散する案内モードが側壁に当たらない限り、これらの形態は、大体において不適切である。

10

【0005】

導波路の構造の点からみると、レンズ素子10は、本質的にスラブ導波路であり、このスラブ導波路では、光は、面外方向においては閉じ込められるが、面内においては自由に発散することができる。スラブ導波路の一端部は、光路で導波路11に光結合され、湾曲面12は、他端部を形成している。

20

【0006】

逆のプロセスが、「受入れ側」で生じ、この受入れ側は、「送出し側」レンズ素子10の鏡像をなすレンズ素子を有する。

【0007】

図2を参照すると、先行技術の設計で提起されている1つの問題は、コリメートされたビームが事実上、レンズ素子10の湾曲面12を「満たす」ことはなく、これとは異なり、相当に暗い領域21により互いに分離された別々のビーム20を形成するということがある。これは、各レンズ素子10内における光の実際の発散角()が期待される発散角()よりも非常に小さいために生じる場合がある。例えば、一形態では、が約34°の場合、は、典型的には、10°~16°である。特定の理論で束縛することを願うものではないが、導波路は、これらが支持できるモードの数よりも少ない数のモードを送っているものと考えられる。最も高い次数のモードが導波路中へ放出されないか、最も高い次数のモードが途中で失われるかのいずれかである。原因が何であるにせよ、不十分な発散度により、タッチスクリーンの製造と性能の両方において問題が生じる。製造上の問題は、送られた光が別々のビームの形態をしているとき、受入れ側レンズアレイを送出し側レンズアレイに的確に整列させる(水平面内において)必要があり、したがって、各受入れ側レンズが別々のビームを集めるようになって生じる。他方、送られた光が本質的に連続したシート状である場合、受入れ側レンズアレイの水平位置決めは、重要ではない。性能上の問題は、1つには、空間分解能の減少である。タッチスクリーンセンサの検出アルゴリズムは、グレースケールを分解することができ、したがって、個々のビームの部分遮断であっても、これを検出して位置情報に変換することができるようになっている。しかしながら、送られた光が別々のビームの形態をしている場合、相当に「暗い」領域が存在し、これら暗い領域からは、遮断を検出することができず、したがって、グレースケールアルゴリズムによる補間を行うことは非常に困難である。加うるに、タッチスクリーンは、光が送られない「暗い」領域中ではタッチ事象を検出することができない。また、別々のビームではなく連続シート状(又は、「薄層状」)の光を提供した場合の利点は、米国特許出願公開第2004/0201579号明細書に記載されている。

30

40

【0008】

分かりきった一解決策は、各レンズ素子10の長さを増大させて実際の発散角が各湾

50

曲面12を満たすのに十分であるようにすることである。しかしながら、光タッチスクリーンの関係では、これは、送出しアレイ及び受入れアレイの幅に関する物理的制約により望ましくない場合が多い(というのは、導波路は、直角に向きを変え、レンズ長さは、結果的にそのままアレイ幅になり、導波路アレイをスクリーンベゼル内に嵌めることが必要だからである)。発散角を34°から10°に減少させると、レンズの長さは、約3.5倍になり、したがって、レンズ幅が0.85mmの場合、その長さは、1.4mmから4.9mmに増大し、この長さは、多くのディスプレイのベゼル領域にスペース上の制約があると仮定すると、光タッチスクリーン用途については非実用的である場合がある。

【0009】

図1に示す先行技術のレンズ設計に関する別の問題は、これが高倍率系であること、即ち、像距離が物距離よりも非常に大きいという問題である。かかるシステムは、当該技術分野においては、レイアウトの誤差及び特に物距離(この場合、点15と湾曲面12との間の距離)及びレンズの屈折力(これは、この場合、湾曲面12の曲率半径及びレンズ素子10の構成材料の屈折率で決まる)の誤差に対して非常に感度が高いものとして周知である。当業者であれば理解されるように、レンズの倍率は、これが作る像が正立であるか倒立であるかに応じて正又は負である場合がある。本発明の目的に関し、「高倍率」、「低倍率」等の表現は、倍率の大きさに関するものとして解釈されるべきである。

10

【0010】

したがって、本発明の目的は、先行技術の欠点のうちの少なくとも1つを解決し又は軽減し、或いは、有用な代替策を提供することにある。本発明は、「送出し側」レンズの観点で説明するが、「受入れ側」レンズは、一般に、「送出し側」レンズの鏡像をなすので、「送出し側」レンズの設計に対する本発明の改良は、「受入れ側」レンズに同じように当てはまることは理解されよう。

20

【0011】

【特許文献1】米国特許第5,914,709号明細書

【特許文献2】米国特許第6,181,842号明細書

【特許文献3】米国特許第6,351,260号明細書

【特許文献4】米国特許出願公開第2004/0201579号明細書

【発明の開示】

【0012】

この目的のため、本発明の一特徴は、平板状レンズ及び光導波路を有する光学素子であって、平板状レンズは、第1の屈折率の第1の媒体で作られたスラブ導波路を有し、光導波路は、スラブ導波路の第1の端部に連結され、スラブ導波路の第2の端部は、湾曲面で形成され、スラブ導波路は、第1の屈折率とは異なる第2の屈折率の第2の媒体で作られた発散レンズを収納していることを特徴とする光学素子を提供する。

30

【0013】

有利には、本発明のこの特徴により、案内された光が光学素子を通過して大きな角度で拡大(発散)することができ、それにより、一層一様なパワー分布が得られる。

【0014】

好ましくは、平板状レンズと光導波路は、一体形本体として形成される。

40

【0015】

好ましくは、平板状レンズは、収束レンズである。

【0016】

好ましくは、第1の媒体は、光学的に透明なガラス又はポリマー材料である。

【0017】

第1の実施形態では、第2の屈折率は、第1の屈折率よりも小さい。より好ましくは、第2の媒体は、空気である。より好ましくは、発散レンズは、形状が両凸、平凸又はメニスカス凸である。

【0018】

第2の実施形態では、第2の屈折率は、第1の屈折率よりも大きい。より好ましくは、

50

発散レンズは、形状が両凹、平凹又はメニスカス凹である。

【0019】

本発明の第2の特徴は、平板状レンズ及び光導波路を有する光学素子であって、平板状レンズは、第1の屈折率の第1の媒体で作られたスラブ導波路を有し、光導波路は、スラブ導波路の第1の端部に連結され、スラブ導波路の第2の端部は、湾曲面で形成され、スラブ導波路は、第1の屈折率とは異なる第2の屈折率の第2の媒体で作られた少なくとも1つの収束レンズを収納していることを特徴とする光学素子を提供する。

【0020】

有利には、本発明のこの特徴により、設計誤差及び（又は）組立誤差並びに周囲温度の変動に対する平板状レンズを組み込んだ光学素子の許容度が向上する。

10

【0021】

好ましくは、平板状レンズと光導波路は、一体形本体として形成される。

【0022】

好ましくは、平板状レンズは、収束レンズである。

【0023】

好ましくは、第1の媒体は、光学的に透明なガラス又はポリマー材料である。

【0024】

第1の実施形態では、第2の屈折率は、第1の屈折率よりも小さい。より好ましくは、第2の媒体は、空気である。より好ましくは、収束レンズは、形状が両凹、平凹又はメニスカス凹である。

20

【0025】

第2の実施形態では、第2の屈折率は、第1の屈折率よりも大きい。より好ましくは、収束レンズは、形状が両凸、平凸又はメニスカス凸である。

【0026】

本発明の第3の特徴は、複数個の送出し光学素子及び複数個の受入れ光学素子を含む光タッチスクリーンセンサであって、各送出し光学素子及び各受入れ光学素子は、平板状レンズ及び光導波路を有し、平板状レンズは、第1の屈折率の第1の媒体で作られたスラブ導波路を有し、光導波路は、スラブ導波路の第1の端部に連結され、スラブ導波路の第2の端部は、湾曲面で形成され、スラブ導波路は、第1の屈折率とは異なる第2の屈折率の第2の媒体で作られた発散レンズを収納していることを特徴とする光タッチスクリーンセンサを提供する。

30

【0027】

好ましくは、平板状レンズと光導波路は、一体形本体として形成される。

【0028】

好ましくは、平板状レンズは、収束レンズである。

【0029】

好ましくは、第1の媒体は、光学的に透明なガラス又はポリマー材料である。

【0030】

第1の実施形態では、第2の屈折率は、第1の屈折率よりも小さい。より好ましくは、第2の媒体は、空気である。より好ましくは、発散レンズは、形状が両凸、平凸又はメニスカス凸である。

40

【0031】

第2の実施形態では、第2の屈折率は、第1の屈折率よりも大きい。より好ましくは、発散レンズは、形状が両凹、平凹又はメニスカス凹である。

【0032】

本発明の第4の特徴は、複数個の送出し光学素子及び複数個の受入れ光学素子を含む光タッチスクリーンセンサであって、各送出し光学素子及び各受入れ光学素子は、平板状レンズ及び光導波路を有し、平板状レンズは、第1の屈折率の第1の媒体で作られたスラブ導波路を有し、光導波路は、スラブ導波路の第1の端部に連結され、スラブ導波路の第2の端部は、湾曲面で形成され、スラブ導波路は、第1の屈折率とは異なる第2の屈折率の

50

第2の媒体で作られた少なくとも1つの収束レンズを収納していることを特徴とする光タッチスクリーンセンサを提供する。

【0033】

好ましくは、平板状レンズと光導波路は、一体形本体として形成される。

【0034】

好ましくは、平板状レンズは、収束レンズである。

【0035】

好ましくは、第1の媒体は、光学的に透明なガラス又はポリマー材料である。

【0036】

第1の実施形態では、第2の屈折率は、第1の屈折率よりも小さい。より好ましくは、第2の媒体は、空気である。より好ましくは、収束レンズは、形状が両凹、平凹又はメニスカス凹である。

10

【0037】

第2の実施形態では、第2の屈折率は、第1の屈折率よりも大きい。より好ましくは、収束レンズは、形状が両凸、平凸又はメニスカス凸である。

【0038】

説明上別段の明示の必要がある場合を除き、原文明細書及び特許請求の範囲全体を通じ、「comprise」、「comprising」等の用語（翻訳文では、「～を有する」、「～を油している」と訳してある場合が多い）は、排他的又は排除的な意味ではなく、包括的な意味に、即ち、「including, but not limited to」（～を含むが、～には限られない）の意味で解釈されるべきである。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

次に、添付の図面を参照して本発明を説明するが、これは例示に過ぎない。

【0040】

図1に示すような先行技術の設計に関する1つの問題は、コリメートされたビーム16が事実上、レンズ素子10の湾曲面12を「満たす」ことはなく、これとは異なり、図2に示すように相当に暗い領域21により互いに分離された別々のビーム20を形成することにある。先行技術のレンズ設計に関する別の問題は、これが、レイアウトの誤差及び特に物距離（この場合、点15と湾曲面12との間の距離）及びレンズの屈折力（これは、湾曲面12の曲率半径及びレンズ素子10の構成材料の屈折率で決まる）の誤差に対して非常に感度が高いということにある。これら問題は両方とも、1つ又は2つ以上の追加のレンズをレンズ素子10の本体に挿入し、それにより複合レンズを形成することにより個々に取り組み可能である。作製を容易にするため、これら追加のレンズは、好ましくは、空気で構成される。ただし、これら追加のレンズは、レンズ素子10の構成材料の屈折率とは異なる屈折率を備えた任意他の材料で構成してもよい。

30

【0041】

レンズ素子10は、本質的にスラブ導波路なので、本発明の複合レンズは、スラブ導波路内に設けられた平板状レンズを有する。空気又は他の何らかの材料で構成され、スラブ導波路内に収納された平板状レンズを備えた光デバイスは、実際に、当該技術分野において知られている。一例を挙げると、日本国特開昭56-78814号公報は、ポリマースラブ導波路内に納められていて、光をスラブ導波路に結合されている光ファイバ内へ結合し又は光ファイバから外へ結合する収束空気レンズと発散空気レンズの両方を開示している。別の例を挙げると、米国特許第5,253,319号明細書は、空気又は他の何らかの材料から成る収束レンズを収納していて、光パワーを複数本の入力光ファイバと複数本の出力光ファイバとの間で分布させるスラブ導波路を開示している。さらに別の例を挙げると、チャン等（Chang et al.）（「アイイーイーイー・フォトンクス・テクノロジー・レターズ（IEEE Photonics Technology Letters）」、第15巻、2003年、p.1378~1380）は、直列状態にある1つの発散レンズと1つの収束レンズを備えたスラブ導波路を有する平板状ビームエキスパンダ（ビーム拡大器）を開示している。しかしな

40

50

がら、先行技術のこれらの場合の全てにおいて、スラブ導波路それ自体が、レンズを構成するわけではない。例えば、日本国特開昭56-78814号公報では、光ファイバから見て遠くに位置するスラブ導波路の端面は、平らであって、湾曲状態ではない。これは、本発明の複合レンズとは対照的であり、本発明の複合レンズでは、光導波路11から見て遠くに位置するスラブ導波路の端面12は、徹頭徹尾湾曲しており、したがって、スラブ導波路それ自体がレンズを構成するようになっている。

【0042】

第1の問題と関連した本発明の第1の特徴によれば、発散レンズ(当該技術分野では「負の」レンズとも呼ばれている)が、先行技術のレンズ素子の本体内に挿入されている。図3を参照すると、本発明の第1の特徴に従って発散レンズ32を備え、次に収束レンズ31を備えた長さLの複合レンズ30が示されている。集積光導波路33が、光のビームを矢印34の方向に送り、この集積光導波路は、点35のところで複合レンズ30の本体36に結合されている。複合レンズ30の本体36は、屈折率が1よりも大きな媒体で作られ、この本体は、収束レンズ31を形成する湾曲面37で終端している。複合レンズ30の本体36内には、発散レンズ32を形成する屈折率の異なる領域が設けられ、この領域は、点35から伝搬する光の発散角を包囲するように配置され、発散角を値に増大させて光が今や湾曲面37を満たすようにするのに役立つ。湾曲面37は、この光を水平面内でコリメートしてビーム38を生じさせる。図示の実施形態では、湾曲面37は、円の一部から成り、したがって、収束レンズ31は、平板状球面レンズである。しかしながら、湾曲面37は、所要のコリメートされたビームを生じさせるのに適した任意の形状を有してよい。例えば、円の一部から成るのではなく、この湾曲面は、長円、放物線若しくは双曲線又は多角形若しくは任意他の方程式により得られる任意の曲線の1つ又は2つ以上の部分から成っていてもよい。湾曲面は又、1つ又は2つ以上の湾曲部分に近似する複数個の真っ直ぐなセグメントから成っていてもよい。実際には、収束レンズ31をパターン化するために必要なマスクを作製する場合に一般に利用される計数化の意味することは、湾曲面37が複数個の真っ直ぐなセグメントで構成されるということである。発散レンズ32は、形状が両凸として示されており、この場合、低屈折率媒体で作られている。当業者であれば理解されるように、平凸又はメニスカス凸レンズも使用できる。変形例として、発散レンズ32は、屈折率の高い媒体から成っていてもよく、この場合、その形状は、両凹、平凹又はメニスカス凹である。発散レンズ32について選択されるレンズがどのようなものであれ、その湾曲面は、湾曲面37に関して上述したような形態のうちの任意のものを取るのがよい。理解されるように、湾曲面37と発散レンズ32の両方は、より複雑な形状のものであってよい。例えば、湾曲面37は、各々が発散レンズの凸部分又は凹部分に対応した2つ又は3つ以上の凸部分から成っていてもよい。

【0043】

湾曲面37の「フィルファクタ(fill factor)」が一定であるとする、発散レンズの追加により、複合レンズの長さが減少することは理解されよう。導波路を利用した光タッチスクリーンの特定の用途に関し、この長さの減少は、有利には、導波路及びレンズが収納されるスクリーンベゼルの幅を減少させる。

【0044】

本発明の第1の特徴の好ましい具体化例では、複合レンズ30の本体は、光学的に透明なガラス又はポリマーで作られ、発散レンズ32は、空気(空気は、本質的に1に等しい屈折率を有する)で構成されている。空気レンズは、作製を容易にするのに特に好ましい。というのは、空気レンズは、複合レンズ30の本体36と比較して高い屈折率のコントラストを提供するからである。しかしながら、注目されるべきこととして、発散レンズ32を、これと本体36との間に屈折率の十分なコントラストがある限り、空気以外に他の何らかの材料で構成してもよい。当業者であれば理解されるように、発散レンズの詳細は、所与の発散角の場合、2つの媒体の屈折率で決まる。

【0045】

発散レンズ32が空気で構成されている場合、この発散レンズを横切る光線は、鉛直(

10

20

30

40

50

面外)方向には案内されず、したがって面外発散により光が幾分か失われることになる。したがって、この面外損失が過剰にならないように発散レンズ中の経路長を制限することが重要である。面外発散損失は、最も長い空隙を横切る光線について最悪であり、この最も長い空隙は、発散(したがって、凸)空気レンズの場合、中央領域に位置するであろう。この場合、損失は、実際には有利な場合がある。というのは、この損失は、中央領域の強度を減少させる傾向があり、それにより、レンズ構造全体にわたって一層一様な強度分布が得られるからである。米国特許出願公開第2004/0201579号明細書に開示されているように、光タッチスクリーンセンサの特定の用途については、一様な強度分布が好ましい。発散レンズ32が複合レンズ30の本体36の屈折率よりも大きな屈折率の材料で作られている場合、発散レンズを横切るレンズの面外損失は生じないようになることは理解されよう。

10

【0046】

次に、幾何光学的に見て、本発明の複合レンズにより取り組み可能な第2の問題について説明する(これについては、例えば、イー・ヘクト(E. Hecht)著論文、「オプティクス(Optics)」, アディソン・ウェズレー(Addison-Wesley), 第2版, 第5章, 1987年参照)。図1においては、光タッチスクリーンセンサの「送出し側」レンズ素子10が、コリメートされたビーム16を放出した状態で示されている。これは、実際には、理想化された場合である。というのは、回折が、放出されたビームを広げる傾向があり、完全なコリメーションが阻止されるからである。一層現実的な絵画図では、送出し側レンズは、放出された各ビームがディスプレイ領域中の或る点のところでビームウエストに合焦されるように設計されるべきである。図4aに示すように、ビームウエスト40は、好ましくは、送出しレンズを素子40と受入れレンズ素子42との間の中間のところに配置され、したがって、2つのレンズ素子は、同一の長さのものであるようになっている。幾何光学の絵画図が、図4bに示されており、この場合、点44のところで送出し導波路43から出射した光が、サイズ h_0 (送出し導波路43の幅400に等しい)の物体として役立ち、この物体は、湾曲面45によって反射されてディスプレイスクリーン領域47の端から端の中間のところにサイズ h_i の像46を作る。このシステムでは、倍率(横方向倍率)は、 $M = h_i / h_0$ によって与えられる。この倍率は又、 $M = -s_i / s_0$ によって与えられ、この式において、 s_0 は、物距離48であり、 s_i は、像距離49である。実像を生じさせる簡単な収束レンズに関する通常の見出しの取り決めにおいて、 s_0 、 s_i 及び h_0 は、全て正であり、これに対し、 h_i (及びかくして M)は、負であり、即ち、像は、倒立像である。

20

30

【0047】

代表的な導波路利用型光タッチスクリーンの場合、レンズ素子の長さ(即ち、 s_0)は、2mmオーダのものであり、ディスプレイ領域の幅又は高さ(即ち、 $2 \cdot s_i$)は、60mmオーダのものであり、したがって、倍率 M は、-15オーダのものであろう。これは、単一レンズ形にとっては高い倍率であり、当該技術分野においては、かかる高い倍率のシステムは、レイアウトの誤差に対して非常に敏感であることは周知である。この種の問題は、1つ又は2つ以上のレンズ及び他の光学コンポーネントを高度の空間精度で組み合わせる必要のある微小光学の分野においてしばしば出くわす。図4bの送出し素子に類似した微小光学の一例として、図5は、光ファイバ53のコア52から出射した光51を検出器54上に合焦させるレンズ50を示しており、この場合、レンズ50は、検出器54よりも光ファイバ53の方に非常に近接するよう拘束されている。物距離55は、像距離56よりも非常に短いので、これは、高倍率系を表し、微小光学の当業者であれば理解されるように、レンズ50の配置場所又はその設計(例えば、その表面の曲率半径)の僅かな誤差であっても、像のサイズ及び位置に大きな誤差が生じるようになる。さらに、レンズ50が大きな熱光学係数(即ち、温度に対する屈折率の変化率)を備えた材料で構成されている場合、温度変化も又、その結像力に大きな影響を及ぼすことになる。特に、ポリマーは、例えばシリケートガラス($+1 \times 10^{-5} /$)よりも非常に高い熱光学係数(代表的には $-1 \sim -4 \times 10^{-4} /$)を有することが知られている。

40

50

【 0 0 4 8 】

図 4 b に示す送出し素子の場合、像距離 s_i (及びこれと等価には、像サイズ h_i) は、送出しレンズ素子 4 1 の長さ (即ち、物距離 s_o) 及び送出しレンズ素子 4 1 の屈折力 (これは、湾曲面 4 5 の曲率半径及びレンズ素子 4 1 の構成材料の屈折率で決まる) の誤差に対して非常に敏感である。像が不正確な位置 (即ち、ディスプレイスクリーン領域 4 7 の中点のところではない位置) に結ばれた場合、光は、受入れレンズ素子 4 2 によって正確には集められず、場合によっては、隣のレンズ素子によって集められ、それにより疑似信号が生じる。

【 0 0 4 9 】

第 2 の問題に関する本発明の第 2 の特徴によれば、収束レンズが、レンズ素子 1 0 の本体内に導入される。図 6 を参照すると、本発明の第 2 の特徴に従って第 1 の収束レンズ 6 1 及び第 2 の収束レンズ 6 2 を有する複合レンズ素子 6 0 が示されている。図 4 b に示す単純レンズ素子 4 1 と比較して、倍率 M の単一レンズ (即ち、湾曲面 4 5) に代えて、2 つの倍率の低い収束レンズが用いられている。微小光学の分野では周知であるように、かかる形態は、設計及び (又は) 組立て上の誤差に対するレンズ形の感受性を減少させる。第 1 の収束レンズ 6 1 が倍率 M_1 を有し且つ第 2 の収束レンズ 6 2 が倍率 M_2 を有していて、 $M_1 \cdot M_2 = M$ である場合、複合レンズ素子 6 0 及び単純レンズ素子 4 1 は、同一の結像性能 (像距離 s_i 及び像高さ h_i により測定して) を有することになる。しかしながら、当業者であれば理解されるように、複合素子レンズ 6 0 は、同一の倍率を備えようとする場合、単純レンズ素子 4 1 よりも長く作製される必要がある。

【 0 0 5 0 】

複合レンズ素子 6 0 の幾何光学的に見て、複合レンズ素子 6 0 の導波路 6 3 と本体 6 4 との間の接合部は、第 1 の収束レンズ 6 1 の物体 6 5 としての役目を果たし、サイズ $h_{o,1}$ は、導波路 6 3 の幅 6 9 に等しい。第 1 の収束レンズ 6 1 は、本体 6 4 の背後に虚像 6 6 を作るよう物体 6 5 を投影するよう設計され、第 2 の収束レンズ 6 2 は、好ましくはディスプレイ領域の端から端の真ん中に位置する実像 6 7 を作るよう虚像 6 6 を投影するよう設計されている。複合レンズ 6 0 を通過する光の実際の経路は、光線 6 8 によって指示されている。本発明の第 1 の特徴の場合と同様、第 1 の収束レンズ 6 1 は、導波路 6 3 から本体 6 4 内に伝搬する光の発散角 θ を包囲するよう設計されなければならない。この形態では、第 1 の収束レンズの倍率は、正であり (これにより、正立虚像が生じる)、第 2 の収束レンズの倍率は、負である (これにより、倒立実像が生じる)。

【 0 0 5 1 】

また、2 つの収束レンズ 6 1, 6 2 について同様な構成にすることが可能であり、この場合、第 1 の収束レンズ 6 1 が、ディスプレイ領域の中点を超えて実像を作り、この像が次に、第 2 の収束レンズ 6 2 にとって仮想物体として働き、この第 2 の収束レンズは、ディスプレイ領域の端から端の中間のところに位置する実像 6 7 を作ることに注目されたい。しかしながら、この構成は、有利ではない。というのは、第 1 の収束レンズ 6 1 は、単純レンズ素子 4 1 よりも高い倍率を備えることが必要であり、したがって、設計及び (又は) 組立て上の誤差に対し更に一層敏感になるからである。

【 0 0 5 2 】

本発明の第 2 の特徴の好ましい具体化例では、複合レンズ 6 0 の本体 6 4 は、光学的に透明なガラス又はポリマーで作られ、第 1 の収束レンズ 6 1 は、空気 (空気は、本質的に 1 に等しい屈折率を有する) で構成されている。空気レンズは、作製を容易にするのに特に好ましい。というのは、空気レンズは、複合レンズ 6 0 の本体 6 4 と比較して高い屈折率のコントラストを提供するからである。しかしながら、注目されるべきこととして、収束レンズ 6 1 を、これと本体 6 4 との間に屈折率の十分なコントラストがある限り、空気以外に他の何らかの材料で構成してもよい。本発明の第 1 の特徴の場合と同様、第 1 の収束レンズ中の経路長を制限してこれを横切る光の面外発散損失が過剰にならないようにすることが重要である。

【 0 0 5 3 】

本発明の複合レンズ構造体は、有利には、フォトリソグラフィ／湿式現像法を用いて光パターン化可能なポリマーから作製されるのがよい。光パターン化可能なポリマーは、これらをパターンすることができる条件（例えば、UV暴露に続き、溶剤現像の実施）が容易であり且つ甘いので特に好ましい。

【0054】

材料の特に適した1つのクラスは、例えば、米国特許第6,818,721号明細書又は米国特許第6,800,724号明細書に開示されているように、縮合反応により合成されるUV硬化性シロキサンポリマーである。シロキサンポリマーは、シリコン、ガラス及びプラスチックを含む種々の基板材料に対して優れた付着性を備えている。硬化速度を増大させるために光開始剤又は熱開始剤を添加するのがよい。市販の光開始剤の例としては、1-ヒドロキシ-シクロヘキシル-フェニル-ケトン(Irgacure 184)、2-メチル-1-[4-メチルチオ)フェニル]-2-モルフォリノプロパン-1-オン(Irgacure 907)、2,2-ジメトキシ-1,2-ジフェニルエタン-1-オン(Irgacure 651)、2-ベンジル-2-ジメチルアミノ-1-(4-モルフォリノフェニル)-ブタノン-1(Irgacure 369)、4-(ジメチルアミノ)ベンゾフェノン、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニル-プロパン-1-オン(Darocur 1173)、ベンゾフェノン(Darocur BP)、1-[4-(2-ヒドロキシエトキシ)-フェニル]-2-ヒドロキシ-2-メチル-1-プロパン-1-オン(Irgacure 2959)、4,4'-ビス(ジエチルアミノ)ベンゾフェノン(DEAB)、2-クロロチオキサントン、2-メチルチオキサントン、2-イソプロピルチオキサントン、ベンゾイン、及び4,4'-ジメトキシベンゾインが挙げられる。可視光で硬化するためには、開始剤は、例えば、カムフォルキノン(Camphorquinone)であるのがよい。2種類又は3種類以上の光開始剤の混合物も又使用できる。例えば、Irgacure 1000は、80%のDarocur 1173と20%のIrgacure 184の混合物である。熱硬化のため、開始剤として、過酸化物(例えば、過酸化ジベンゾイル)、ペルオキシジカーボネート、ペルエステル(t-ブチルペルベンゾエート)、ペルケタル、ヒドロペルオキシド並びにAIBN(アゾビスイソブチロニトリル)の形態の有機過酸化物を使用するのがよい。

10

20

【0055】

必要ならば、ポリマーの性質を高めるため、他の添加剤、例えば安定剤、可塑剤、コントラスト増強剤、染料又は充填材を添加してもよい。

30

【0056】

図3を参照して、本発明の第1の特徴による複合レンズ構造の作製法を以下の2つの非限定的な実施例によって説明する。

【0057】

実施例1

米国特許第6,818,721号明細書に開示された手順に続き、低屈折率ポリマーAを2500cPの粘度(20)及び1.483の屈折率(20 で室内灯の下でアップ屈折計で測定して)に調製した。高屈折率ポリマーBを2200cPの粘度(20)及び1.509の屈折率(20)に調製した。適当な光開始剤をポリマーAとポリマーBの両方に添加した。

40

【0058】

ポリマーAをシリコンウェーハ上にスピンコーティングし、水銀灯からのUV光で硬化させて厚さ20µm、屈折率1.492(20 及び850nmにおいて)の下側被覆層20を形成した。ポリマーBを下側被覆層上にスピンコーティングして厚さ11nmのコア層を形成すると共にマスクを介してUV光でパターン化し、次に、非露出状態のポリマーB材料をイソプロパノール中に溶解させて導波路33及び空気で構成された発散レンズ32及び次に収束レンズ31を備えた複合レンズ30を形成した。露出状態のポリマーB材料の屈折率は、1.519(20 及び850nmにおいて)であった。最後に、保護上側被覆層をスピンコーティングにより被着させ、ポリマーAの第2の層をUV硬化させるのがよいが、このようにするかどうかは任意である。この被覆層をポリマーB層に關す

50

る仕方と同一の仕方パターン化することが必要であることに注目されたい。その理由は、収束レンズ31の湾曲した合焦面37を覆って妨害するのを回避する（米国特許出願公開第2005/0089298号明細書に開示されているように）だけでなく、発散空気レンズを硬化したポリマーA材料で充填するのを回避することにある。発散空気レンズは、未硬化ポリマーAで一時的に満たされるが、この材料は、次のイソプロパノール現像ステップで除去される。パターン化された頂部被覆が終端する点は、発散空気レンズが非被覆状態のままである限り、特に重要ではない。例えば、頂部被覆は、点35のところ又はその近くで終端するようパターン化されるのがよく、実際に複合レンズ30よりも二桁ほど長い導波路33が機械的に保護されたままであるようにする。

【0059】

発散レンズ32が空気で構成されている場合、これを追加のプロセスステップを行わないで既存の収束レンズ31に追加できることは理解されよう。これには、マスク設計の改造の他には何も必要とせず、したがって、このようにすることが、作製を容易にするために好ましい。しかしながら、追加のプロセスステップを実施して、上側被覆層（オブション）を被着させてパターン化する前又は後のいずれかにおいて、発散レンズ領域を屈折率がポリマーBとは著しく異なる他の或る硬化性ポリマーCで満たすことが可能である。当然のことながら、発散レンズを上側被覆ポリマーAで満たすことができるが、その屈折率は通常、ポリマーBの屈折率よりもほんの僅か小さいので（導波路目的で）、発散レンズの屈折力は、厳しく制限される。

【0060】

実施例2

図7a及び図7bを参照して、実施例1で説明した手順により作製し、発散レンズ32を有し、次に収束レンズ31を有する本発明の第1の特徴による例示の複合レンズ30の寸法形状について説明する。図7aを参照すると、点35のところでは複合レンズ30に入る導波路33の幅70は、8 μ mである。収束レンズ31は、長さ300 μ mの末広がり部分71、長さ1160 μ mの真っ直ぐな部分72、750 μ mの幅73を有し、曲率半径が570 μ mの円弧である湾曲面74で終端している。図7bを参照すると、発散空気レンズ32は、80 μ mの幅75及び16 μ mの長さ76を備えた両凸構造体であり、曲率半径が100 μ mの2つの円弧77で構成され、点35から130 μ mの距離78のところには位置決めされている。幾何光学絵画図では、発散レンズ32は、それ自体と点35との間に虚像を作り、この虚像は、湾曲面74を有する収束レンズ31のための物体として働く。屈折率が1.519の媒体中でシングルモード（即ち、ガウスTEM00）ビームの波長が850nmであるとすれば、図7bの発散空気レンズ32は、複合レンズ30内の光の発散角度をほぼ2倍にする。この計算の結果は、上述の寸法形状の発散空気レンズを組み込んだレンズ構造体及びこれを組み込んでいないレンズ構造体中へ光ファイバ（コーニング（Corning）社製のSMF28）から光を放出することにより実験的に確認された。これらレンズ構造体内での2つの波長、即ち、633nm及び819nmでの光の発散度を図8に示すようにCCDカメラで画像化した。写真の示すところによれば、組み込んだ発散レンズは、発散角度を15°から32°にほぼ2倍にしている。

【0061】

次に、以下の3つの非限定的な実施例において本発明の第2の特徴としての或る特定の有利な複合レンズ並びに先行技術の単純レンズ素子の欠点を説明する。

【0062】

反例1

低屈折率ポリマーA及び高屈折率ポリマーBを実施例1の場合と同様に調製した。図4bに示されている先行技術の単純送しレンズ素子41を作製するため、ポリマーAをシリコンウェーハ上にスピンコーティングし、水銀灯からのUV光で硬化させて厚さ20 μ m、屈折率1.492（20及び850nmにおいて）の下側被覆層20を形成した。ポリマーBを下側被覆層上にスピンコーティングして厚さ11nmのコア層を形成すると共にマスクを介してUV光でパターン化し、次に、非露出状態のポリマーB材料をイソブ

10

20

30

40

50

口パノール中に溶解させて幅 440 が $8 \mu\text{m}$ の導波路 43 及び幅 410 が 0.75mm 、長さ 48 が 2.0mm のレンズ素子 41 を形成した。露出状態のポリマー B 材料の屈折率は、 1.519 (20 及び 850nm において) であった。レンズ素子 41 は、曲率が 0.655mm の円弧である湾曲面 45 で終端する。湾曲面 45 (単純な球面インターフェイス) のところでの屈折率は、次の方程式により定められる。

【0063】

【数 1】

$$\frac{n_1}{s_o} + \frac{n_2}{s_i} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

10

上式において、 n_1 は、第 1 の媒体の屈折率 (硬化ポリマー B、 1.519 であると見なされる) であり、 n_2 は、第 2 の媒体の屈折率 (空気、 1 であると見なされる)、 R は、湾曲面 45 の曲率半径 (-0.655mm 、通常 of 符号の取り決めでは負)、 s_o は、物距離 (長さ 48 に等しく、 2.0mm) であり、 s_i は、像距離 49 である。方程式 (1) の簡単な整理により、 $s_i = 30 \text{mm}$ となり、したがって、倍率 ($M = -s_i / s_o$ で与えられる) は、 -1.5 である。導波路 43 の幅 400 は、 $8 \mu\text{m}$ (物体のサイズ h_o であると見なされる) なので、像サイズ h_i は、 $-120 \mu\text{m}$ であろう (負である理由は、像は、倒立しているからである)。

【0064】

20

方程式 (1) から、像距離 s_i は、 s_o 、 R 及び n_1 の変化による影響を受けることが分かる (n_2 、即ち、空気の屈折率は、確実に一定であると見なすことができる)。まず最初に、幾何学的パラメータ s_o 及び R について考察すると、表 1 及び表 2 は、 s_o 及び R の僅かな変化 ($\pm 5 \mu\text{m}$ 、 $\pm 10 \mu\text{m}$ 及び $\pm 15 \mu\text{m}$) の s_i に対する影響を示しており、他の全てのパラメータは、一定に保たれる。 s_i は、レンズ素子 41 の設計の僅かなばらつき、特に、 R の誤差に非常に敏感であることが理解できる。

【0065】

【表 1】

s_o/mm	s_o の%変化	s_i/mm	s_i の%変化
1.985	-0.75	36.23	+20.8
1.990	-0.50	33.87	+12.9
1.995	-0.25	31.81	+6.1
2.000	0	30.00	0
2.005	+0.25	28.38	-5.4
2.010	+0.50	26.94	-10.2
2.015	+0.75	25.65	-14.5

10

20

表1: 倍率-15における名目上の長さ2mmの単純送だし素子に関する物距離 s_o に対する像距離 s_i の変化

【 0 0 6 6 】

【表 2】

R/mm	Rの%変化	s_i/mm	s_i の%変化
-0.670	+2.3	64.19	+114.0
-0.665	+1.5	46.71	+55.7
-0.660	+0.8	36.59	+22.0
-0.655	0	30.00	0
-0.650	-0.8	25.35	-15.5
-0.645	-1.5	21.91	-27.0
-0.640	-2.3	19.26	-35.8

10

20

表2: 倍率-15における長さ2mmの単純送だし素子に関する
像距離 s_i とレンズの曲率半径に対する像距離 s_i の変化

【0067】

レンズ素子41は大きな熱光学係数（ポリマーBについては $dn_1/dT = -2.8 \times 10^{-4}$ ）を備えた材料で構成されているので、これまた、表3に示すように20 の設計温度を中心としたばらつきに敏感である。

【0068】

30

【表 3】

$T/^\circ\text{C}$	n_1	n_1 の%変化	s_i/mm	s_i の%変化
5	1.5232	+0.28	26.56	-11.5
10	1.5218	+0.18	27.61	-7.9
15	1.5204	+0.09	28.75	-4.1
20	1.519	0	30.00	0
25	1.5176	-0.09	31.35	+4.5
30	1.5162	-0.18	32.83	+9.4
35	1.5148	-0.28	34.46	+14.9

表3:倍率-15における長さ2mmの単純送し素子に関する周辺温度に対する像距離 s_i の変化

【0069】

レンズ素子41がマスクを利用したリソグラフィー法で形成されているこの場合、レンズ素子41の幾何学的形状(本質的に s_0 及び R)を高い精度(代表的には、数nm)で定めることができ、したがって、所与の温度の場合、像距離 s_i は、本質的に一定であろう。しかしながら、光タッチスクリーンを組み込んだ消費者用エレクトロニクスデバイスの場合、デバイス温度を制御することは一般に経済的ではなく、したがって、表3において実証された温度感受性は大きな問題となる場合がある。

【0070】

実施例3

低屈折率ポリマーA及び高屈折率ポリマーBを実施例1の場合と同様に調製した。図6に示されている本発明の第2の特徴の複合送しレンズ素子60を作製するため、ポリマーAをシリコンウェーハ上にスピコートし、水銀灯からのUV光で硬化させて厚さ20 μm 、屈折率1.492(20及び850nmにおいて)の下側被覆層20を形成した。ポリマーBを下側被覆層上にスピコートして厚さ11nmのコア層を形成すると共にマスクを介してUV光でパターン化し、次に、非露出状態のポリマーB材料をイソプロパノール中に溶解させて幅69が8 μm の導波路63及び幅600が0.75mm、長さ602が2.5mmの複合レンズ素子60を形成した。露出状態のポリマーB材料の屈折率は、1.519(20及び850nmにおいて)であった。複合レンズの本体64は、空気構成された第1の収束レンズ61を収納し、湾曲面602で終端しており、この湾曲面は第2の収束レンズ62を形成している。この実施例では、第1の収束レンズ61は、曲率半径が互いに等しい(R_1)2つの表面を備えた対称両凹レンズである。第1の収束レンズ61のところの屈折は、以下の薄いレンズに関する方程式により定められる。

【0071】

【数 2】

$$\frac{n_1}{s_{o1}} + \frac{n_1}{s_{i1}} = \frac{2(n_2 - n_1)}{R_1}$$

上式において、上式において、 n_1 は、第1の媒体の屈折率（硬化ポリマーB、1.519であると見なされる）であり、 n_2 は、第2の媒体の屈折率（空気、1であると見なされる）、 s_{o1} は、物距離であり、 s_{i1} は、像距離である。第2の収束レンズ62のところの屈折は、以下の方程式により定められる。

【0072】

【数 3】

$$\frac{n_1}{s_{o2}} + \frac{n_2}{s_{i2}} = \frac{n_2 - n_1}{R_2}$$

上式において、 $n_1 = 1.519$ 、 $n_2 = 1$ 、 R_2 は、湾曲面602の曲率半径、 s_{o2} は、物距離、 s_{i2} は、像距離である。

【0073】

この実施例では、複合レンズ60は、反例1の単純レンズ素子41と同一の全体的倍率（ $M = -15$ ）を有するよう設計され、第1の収束レンズ61の倍率 $M_1 = + (15) \sim 3.873$ （正である理由は、その像が虚像且つ正立であるからである）であり、第2の収束レンズ62の倍率 $M_2 = - (15) \sim -3.873$ である。この特定の構成を“50/50複合レンズ”と呼ぶ。さらに、複合レンズ60は、反例1の単純レンズ素子41と同一の像距離63を有するよう設計され、即ち、 $s_{i2} = 30$ mmであり、したがって、像67は、同一距離のところで同一サイズ（ $120 \mu\text{m}$ ）で作られる。この制約は、2.5 mmという全体的レンズ長さ601相俟って、複合レンズ60の形態を定めるのに十分であり、即ち、第1の収束レンズ61は、点65から距離1.826 mmを置いたところに配置され（したがって、 $s_{o1} = 1.826$ mmであり）、この第1の収束レンズは、 $R_1 = -1.682$ mmの曲率半径を有し、湾曲面602は、 $R_2 = -2.262$ mmの曲率半径を有する。

【0074】

この複合レンズの設計上の許容度を考慮すると、今、周囲温度により屈折率 n_1 と共に変化する場合のある4つの幾何学的パラメータ（ s_{o1} 、全長601、 R_1 及び R_2 ）がある。50/50複合レンズにおいてこれらパラメータに対する s_{i2} の感受性は、表4～表8に記載されている。

【0075】

10

20

30

【表4】

s_{o1}/mm	S_{o1} の%変化	s_{i2}/mm	s_{i2} の%変化
1.811	-0.82	35.72	+19.0
1.816	-0.55	33.58	+11.9
1.821	-0.27	31.69	+5.6
1.826	0	30.00	0
1.831	+0.27	28.49	-5.0
1.836	+0.55	27.12	-9.6
1.841	+0.82	25.88	-13.7

10

20

表4: 倍率-15における長さ2mmの50/50複合送だし素子に関する
第1のレンズの物距離に対する像距離 s_{i2} の変化

【0076】

【表 5】

全長/mm	長さの%変化	s_{i2} /mm	s_{i2} の%変化
2.485	-0.60	30.35	+1.2
2.490	-0.40	30.23	+0.8
2.495	-0.20	30.12	+0.4
2.500	0	30.00	0
2.505	+0.20	29.89	-0.4
2.510	+0.40	29.78	-0.8
2.515	+0.60	29.66	-1.1

表5: 倍率-15における名目上の長さ2.5mmの50/50複合送だし素子に関する複合レンズの全長に対する像距離 s_{i2} の変化

【 0 0 7 7 】

10

20

【表 6】

R_1/mm	R_1 の%変化	s_{i2}/mm	s_{i2} の%変化
-1.697	+0.89	34.73	+15.8
-1.692	+0.59	33.01	+10.0
-1.687	+0.30	31.44	+4.8
-1.682	0	30.00	0
-1.677	-0.30	28.68	-4.4
-1.672	-0.59	27.46	-8.5
-1.667	-0.89	26.34	-12.2

10

20

表6: 倍率-15における長さ2.5mmの50/50複合送出し素子に関する第1の収束レンズの曲率半径に対する像距離 s_{i2} の変化

【 0 0 7 8 】

【表7】

R_2/mm	R_2 の%変化	s_{i2}/mm	s_{i2} の%変化
-2.277	+0.66	31.43	+4.7
-2.272	+0.44	30.94	+3.1
-2.267	+0.22	30.46	+1.5
-2.262	0	30.00	0
-2.257	-0.22	29.55	-1.5
-2.252	-0.44	29.11	-3.0
-2.247	-0.66	28.68	-4.4

表7: 倍率-15における名目上の長さ2.5mmの50/50複合送だし素子に関する第2の収束レンズの曲率半径に対する像距離 s_{i2} の変化

【0079】

10

20

【表 8】

$T/^\circ\text{C}$	n_1	n_1 の%変化	s_{i2}/mm	s_{i2} の%変化
5	1.5232	+0.28	26.75	-10.9
10	1.5218	+0.18	27.75	-7.5
15	1.5204	+0.09	28.83	-3.9
20	1.519	0	30.00	0
25	1.5176	-0.09	31.27	+4.2
30	1.5162	-0.18	32.65	+8.8
35	1.5148	-0.28	34.15	+13.8

表8:倍率-15における長さ2.5mmの50/50複合送出し素子に関する
周辺温度に対する像距離 s_{i2} の変化

【0080】

表4及び表5とレンズ位置の僅かな誤差の影響を示す反例1の表1を比較すると、余分なレンズを導入すると、許容度には僅かな改善しか見られないということが理解できる。他方、表6及び表7とレンズ表面の曲率の僅かな誤差の影響を示す反例1の表2を比較すると、余分なレンズを導入すると、許容度に大幅な改善が見られ、先行技術の単純送出しレンズ素子と比べて50/50複合送出しレンズ素子の顕著な利点を表していることが分かる。最後に、表8と温度変動の効果を示す反例1の表3を比較すると、余分なレンズを導入すると、許容度には僅かな改善が見られたことが理解できる。

【0081】

本発明の複合送出しレンズ素子を条件 $M_1 \cdot M_2 = -15$ であることを条件として、50/50に加えて第1のレンズと第2のレンズとの間における他の何らかの「倍率分割」を行って設計して全体的なレンズ性能を保持することができるようにもよいことは理解されよう。種々の倍率分割が行われた複合レンズは、幾何学的な誤差及び温度変動に対して種々の許容度を有することになる。例えば、第2のレンズが正確に作製し又は位置決めするのが困難な場合、第1のレンズが第2のレンズよりも高い倍率を有するよう複合レンズを設計するのが有利である。

【0082】

実施例4

上述のように、周囲温度の変化は、ポリマーで構成され、高精度フォトリソグラフィーにより作製された光タッチスクリーンレンズ素子の性能に影響を及ぼす重要な変数である。この実施例は、全体的な結像性能（即ち、倍率及び像距離）を保持した上で、先行技術の単純送出しレンズ素子と比較して著しく減少した温度感受性を備える本発明の複合送出しレンズ素子をどのように設計すればよいかを示している。

【0083】

実施例3の場合と同様、低屈折率ポリマーA及び高屈折率ポリマーBを用いて幅69が

10

20

30

40

50

8 μ mの導波路63及び幅600が0.75mmであり、今度は長さ601が4mmの複合レンズ素子60を形成した。互いに異なるX/Y倍率分割を行った数個の複合送出しレンズ素子に関する周囲温度に対する感受性 s_{i2} が、図9に示されている。これら送出しレンズ素子に関する設計パラメータが、表9に記載されている。各場合において、複合レンズは、像距離 s_{i2} が30mmであり、全体的倍率が-15であるように設計され、第1及び第2のレンズの個々の倍率は、 $M_1 = + (X \cdot 15 / Y)$ 及び $M_2 = - (Y \cdot 15 / X)$ によって与えられる。比較のため、図9は又、先行技術の等価な長さ2mmの単純送出しレンズの温度感受性を示している。温度感受性は、レンズ素子を長くするという犠牲を払って比較的低い倍率の余分の収束レンズを導入することにより著しく減少させることができるということが理解できる。先行技術の長さ4mmの単純送出しレンズ素子も又、減少した温度感受性を有するが、この倍率は、-7.5に過ぎないことは注目されたい。複合レンズを用いた場合の利点は、結像力を損なわないで温度感受性を減少させることができるということである。複合レンズ形態では、送出しレンズの温度感受性は、レンズの長さを長くすることにより更に一段と減少させることができるが、明らかなこととして、これは、光タッチスクリーンシステムの他の設計上の制約、特にベゼル幅によって制限される。

10

20

30

40

50

【0084】

【表9】

複合レンズの 倍率分割	s_{o1}/mm	長さ/mm	R_1/mm	R_2/mm
25/75	0.382	4	-0.472	-1.391
50/50	1.304	4	-1.201	-2.262
75/25	1.650	4	-1.325	-3.542
90/10	1.812	4	-1.355	-5.258

表9:倍率-15の長さ4mmの複合送出しレンズ素子に関する設計パラメータ

【0085】

本発明を特定の実施例に関して説明したが、当業者であれば、本発明は、他の多くの形態で具体化できることは理解されよう。

【0086】

有利には、本発明の第1の特徴は、面内レンズが大きな発散角度を有することが必要とされる状況に適用でき、本発明の第2の特徴は、面内レンズが設計又は組立て上の誤差及び(又は)周囲温度の変動に対して向上した許容度を有することが必要とされる状況に適用できる。本発明の特定の一用途は、米国特許第5,914,709号明細書、同第6,188,842号明細書及び同第6,351,260号明細書に記載された形式の光タッチスクリーンセンサである。特に、本発明は、光ビームが拡大されて自由空間中へ放出される光タッチスクリーンセンサの送出し側光学系について説明した。しかしながら、かかる説明は、スクリーンの他方の側に設けられ、シート状の光の部分を集め、これらを導波路アレイ中に注ぎ込む受入れ側光学系に同様に当てはまる。具体的に説明すると、本発明の第1の特徴では、受入れ側レンズの湾曲前面は、シート状の光の一部を受入れ、そし

てこれをレンズの本体内で収束させ、組み込み発散レンズは、収束角度を調整して導波路の受入れ角度にマッチさせる。発散レンズが設けられていない場合、光の大部分は、導波路中には結合されない。これとは逆に、本発明の第2の特徴による受入れ側レンズ素子は、設計上の誤差又は周囲温度の変化に対して向上した許容度を有する。

【0087】

本発明の第2の特徴を追加の収束レンズが、単一の収束レンズを有する先行技術の送出しレンズ素子の本体内に挿入された複合送出しレンズ素子について説明した。この実施形態では、複合送出しレンズ素子の2つの収束レンズは、組合せ状態で、設計又は組立て上の誤差及び(又は)周囲温度の変化に対する許容度を向上させる仕方で、先行技術の送出し素子の単一収束レンズに取って代わる。先行技術の送出しレンズ素子の本体内への2つ又は3つ以上の収束レンズの追加により許容度を更に一段と向上させることができることは理解されよう。

10

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図1】レンズのアレイ(集積光導波路の対応のアレイから光を受け取っている)から送り出されている光のビームの「理想的な」状況を示す概略平面図であり、コリメートされた光のビームが、各レンズの幅全体から送り出されている状態を示す図である。

【図2】レンズのアレイ(集積光導波路の対応のアレイから光を受け取っている)から送り出されている光のビームが各レンズを満たすには不十分な発散度を有している状況を示す概略平面図である。

20

【図3】本発明の第1の特徴による複合レンズの概略平面図である。

【図4a】ガウス光学モデルを用いた1対の送出しレンズと受入れレンズとの間の光のビームを示す図である。

【図4b】幾何光学モデルを用いた1対の送出しレンズと受入れレンズとの間の光のビームを示す図である。

【図5】高倍率レンズを含む微小光学(マイクロオプティクス)組立体を示す図である。

【図6】本発明の第2の特徴による複合レンズの概略平面図である。

【図7a】本発明の第1の特徴による複合レンズの寸法形状を示す図である。

【図7b】本発明の第1の特徴による複合レンズを形成する発散空気レンズの寸法形状並びに収束レンズ内におけるその位置決め状態を示す図である。

30

【図8】本発明の第1の特徴による複合レンズの性能を先行技術のレンズの性能と比較して示す図である。

【図9】本発明の第2の特徴による種々の複合レンズの温度感受性を先行技術のレンズの温度感受性と比較して示すグラフ図である。

【 図 1 】

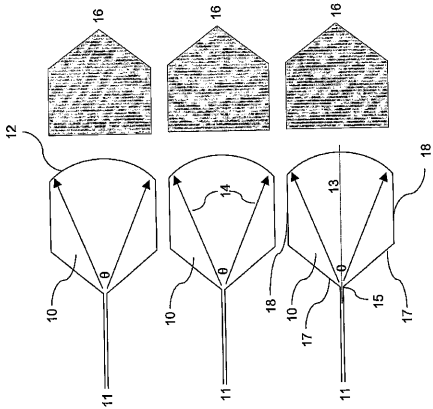


Fig. 1 (prior art)

【 図 2 】

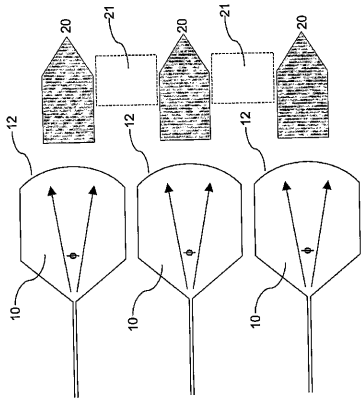


Fig. 2 (prior art)

【 図 4 a 】

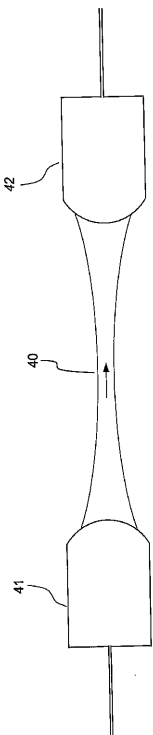


Fig. 4a (prior art)

【 図 4 b 】

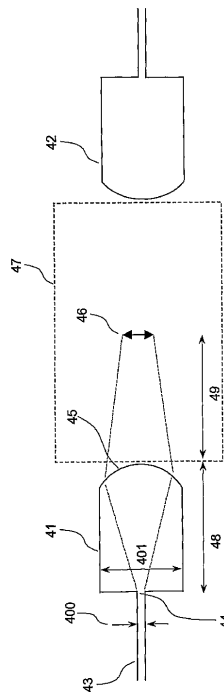


Fig. 4b (prior art)

【 図 3 】

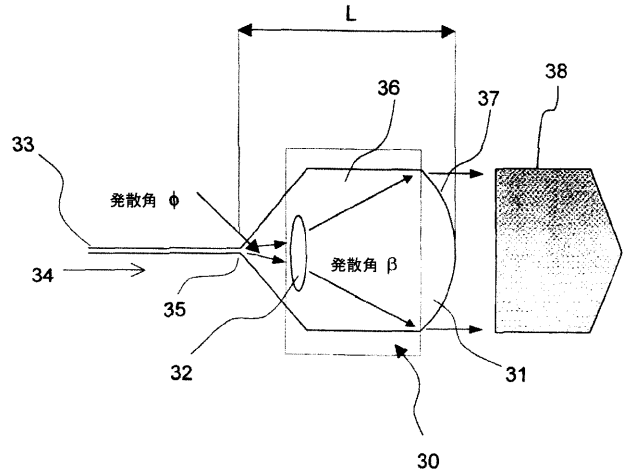


Fig. 3

【 図 5 】

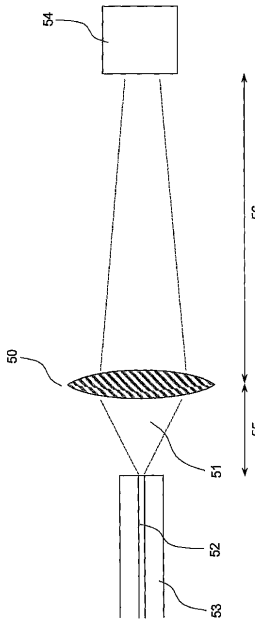


Fig. 5 (prior art)

【 図 6 】

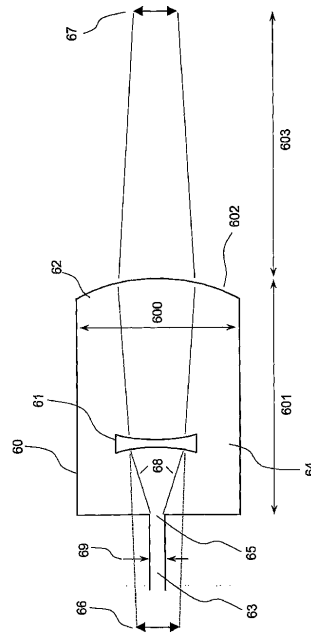


Fig. 6

【 図 7 a 】

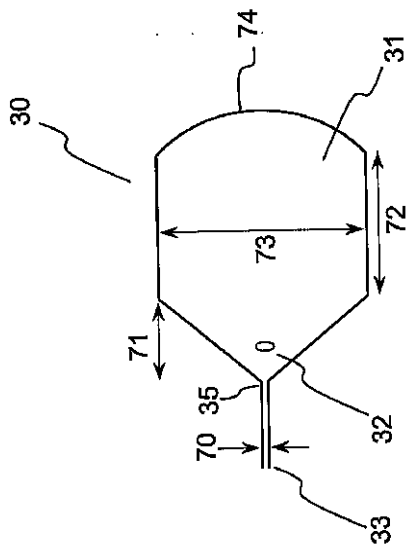


Fig. 7a

【 図 7 b 】

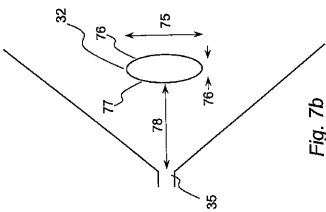


Fig. 7b

【 図 8 】

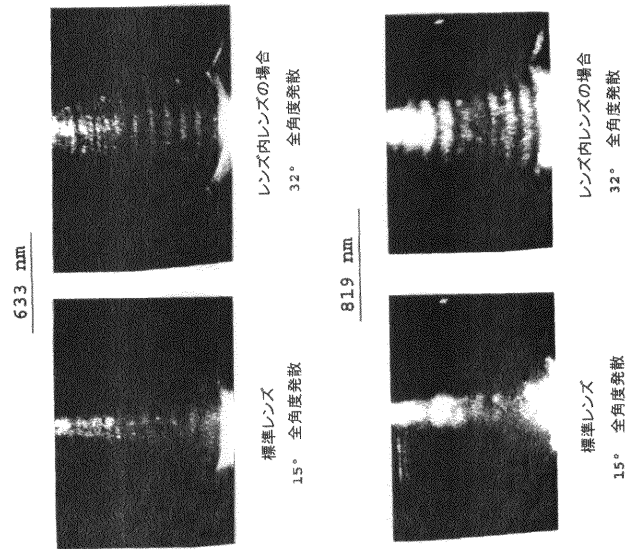


Fig. 8

【 図 9 】

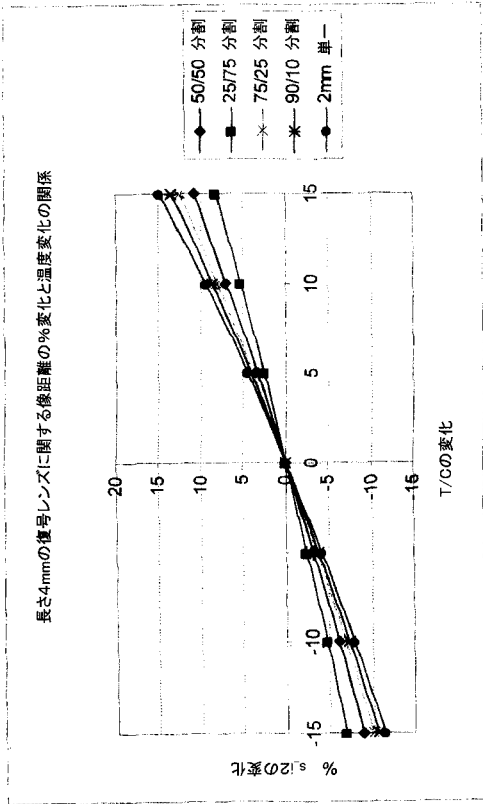


Fig. 9

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/AU2005/001643
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
Int. Cl.		
G02B 6/32 (2006.01) G02B 27/30 (2006.01) G06F 3/046 (2006.01)		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
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) DWPI & JAPIO and keywords: optic, lens; slab waveguide, planar lens; waveguide, fiber; curved, convex; diverging, converging; air lens; composite, integral; touch screen, touch display; and other similar terms		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 253 319 A (BHAGAVATULA) 12 October 1993 See figure 3 and column 7 lines 8 - 21	19-25
X	Patent abstracts of Japan JP 56-078814 A (ARAIGUMI:KK) 29 June 1981 See abstract	1-7
A	US 2004/0100701 A1 (SMITH) 27 May 2004 See entire document	
<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	"T"
"E"	earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X"
"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)	"Y"
"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	
Date of the actual completion of the international search 06 January 2006		Date of mailing of the international search report 13 JAN 2006
Name and mailing address of the ISA/AU AUSTRALIAN PATENT OFFICE PO BOX 200, WODEN ACT 2606, AUSTRALIA E-mail address: pct@ipaustralia.gov.au Facsimile No. (02) 6285 3929		Authorized officer LYNN BLOOMFIELD Telephone No : (02) 6283 2851

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/AU2005/001643

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Patent Abstracts of Japan JP 2004-241237 A (SHARP CORP) 26 August 2004 See abstract	
A	US 2003/0235047 A1 (CHOI ET AL.) 25 December 2003 See entire document	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/AU2005/001643

This Annex lists the known "A" publication level 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.

Patent Document Cited in Search Report		Patent Family Member					
US	5253319	AU	33040/93	CA	2084248	EP	0557713
		JP	6088915	US	5612171		
JP	56078814	NONE					
US	2004100701	US	6785061				
JP	2004241237	NONE					
US	2003235047	CN	1466005	JP	2004163886	KR	2003097333
		US	6935764				
Due to data integration issues this family listing may not include 10 digit Australian applications filed since May 2001.							
END OF ANNEX							

フロントページの続き

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

(74)代理人 100103609

弁理士 井野 砂里

(72)発明者 ククリ ダックス

オーストラリア 0200 オーストラリアン キャピタル テリトリー アクトン エグルストン ロード 124 イノベーションズ ビルディング アールピーオー プロプライエタリー リミテッド内

(72)発明者 コーニッシュ ベンジャミン

オーストラリア 2913 オーストラリアン キャピタル テリトリー パーマストン クレイドル シーエル 16

(72)発明者 チャーターズ ロバート ブルース

オーストラリア 2913 オーストラリアン キャピタル テリトリー パーマストン マウント ウォーニング クレセント 40

(72)発明者 アトキンズ グレイアム ロイ

オーストラリア 2617 オーストラリアン キャピタル テリトリー カリーン マーチソン ストリート 33

(72)発明者 ルーサー デイヴィーズ バリー

オーストラリア 2902 オーストラリアン キャピタル テリトリーカンバー メイチャム プレイス 1

Fターム(参考) 2H137 AB11 BA37 BA41 BA52 BA55 BC07 BC09 BC12 EA04 EA05

EA11 HA11 HA13

2H147 AA02 AB24 BA01 BB02 BD11 CB03 CD01 CD02 EA13C EA14A

EA16A EA16B EA25A FA17 FC01 FD08 FD12 FE02 GA10 GA25