

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-148332

(P2007-148332A)

(43) 公開日 平成19年6月14日(2007.6.14)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 5/02 (2006.01)	GO2B 5/02 A	2HO42
F21S 2/00 (2006.01)	F21S 1/00 E	
GO2B 1/04 (2006.01)	GO2B 1/04	
F21Y 101/02 (2006.01)	F21Y 101:02	

審査請求 未請求 請求項の数 28 O L 外国語出願 (全 47 頁)

(21) 出願番号	特願2006-121258 (P2006-121258)	(71) 出願人	500507009 フィリップス ルミレッズ ライティング カンパニー リミテッド ライアビリテ ィ カンパニー アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 131 サン ホセ ウェスト トリン ブル ロード 370
(22) 出願日	平成18年3月29日 (2006.3.29)	(74) 代理人	100082005 弁理士 熊倉 禎男
(31) 優先権主張番号	11/093, 961	(74) 代理人	100067013 弁理士 大塚 文昭
(32) 優先日	平成17年3月29日 (2005.3.29)	(74) 代理人	100086771 弁理士 西島 孝喜
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100109070 弁理士 須田 洋之

最終頁に続く

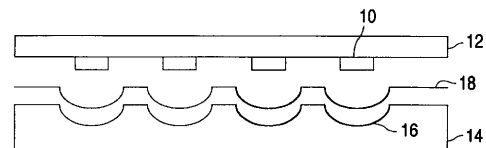
(54) 【発明の名称】 バックライトに有用なLEDのための広角放射レンズ

(57) 【要約】

【課題】 発光ダイオード(LED)とある一定のレンズ設計形状及びLEDダイの上にレンズを形成する技術とを提供する。

【解決手段】 レンズ及びいくつかの製作技術。広角放射レンズは、LEDダイによって発せられた光を屈折し、ピーク強度を中心軸線から50~80度外れた範囲内に発生させ、中心軸線に沿った強度をピーク強度の5%及び33%の間になるようにする。このレンズは、LCDバックライト用途において特に有用である。一実施形態では、レンズは、LEDダイが取り付けられたバックプレーンに固定されてLEDダイを取り囲む。レンズは、LEDダイとレンズの間に空隙を形成する中空部分を有し、光は、空隙界面及び外側レンズ面界面の両方で側面の方向に曲げられる。このレンズは、LEDダイの上に直接成形された内部レンズを取り囲む2次レンズとすることができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発光ダイオード（LED）構造体であって、
中心軸線を有するLEDダイと、
前記LEDダイによって発せられた光を屈折してピーク強度を前記中心軸線から50～80度外れた範囲内に発生させ、かつ該中心軸線に沿った強度を該ピーク強度の5%と33%の間にする、該LEDダイに対して固定されたレンズと、
を含むことを特徴とする構造体。

【請求項 2】

LED構造体から発せられた光は、前記レンズが前記中心軸線の回りにいかなる急激な強度遷移も生じない輝度プロフィールを有することを特徴とする請求項1に記載の構造体。

【請求項 3】

前記ピーク強度は、前記中心軸線から70～80度外れた範囲内に発生することを特徴とする請求項1に記載の構造体。

【請求項 4】

前記ピーク強度は、前記中心軸線から70～80度外れた範囲内に発生し、前記中心軸線に沿った強度は、該ピーク強度の5～15%であることを特徴とする請求項1に記載の構造体。

【請求項 5】

前記レンズは、非球面外面と非球面ドーム形内面を含むことを特徴とする請求項1に記載の構造体。

【請求項 6】

前記レンズは、前記中心軸線の近くで光強度を低減するための全内部反射（TIR）部分を有する非球面外面を含むことを特徴とする請求項1に記載の構造体。

【請求項 7】

前記レンズは、前記LEDダイと該レンズの間に、前記中心軸線から離れるように光を曲げる屈折界面を作り出す低屈折率材料の間隙を形成する中空部分を有することを特徴とする請求項1に記載の構造体。

【請求項 8】

前記間隙は、前記低屈折率材料として空気を収容することを特徴とする請求項7に記載の構造体。

【請求項 9】

前記レンズは、2次レンズであり、
前記LEDダイと前記2次レンズの間の第1のレンズ、
を更に含むことを特徴とする請求項1に記載の構造体。

【請求項 10】

前記第1のレンズは、ほぼ半球形であることを特徴とする請求項9に記載の構造体。

【請求項 11】

前記第1のレンズは、前記LEDダイの真上に成形されたレンズであり、該LEDダイを封入していることを特徴とする請求項9に記載の構造体。

【請求項 12】

前記第1のレンズと前記2次レンズの間に、前記中心軸線から離れるように光を曲げる屈折界面を作り出す間隙が存在することを特徴とする請求項9に記載の構造体。

【請求項 13】

前記間隙は、ドーム形空隙であることを特徴とする請求項12に記載の構造体。

【請求項 14】

前記第1のレンズは、シリコンであり、前記2次レンズは、プラスチックであることを特徴とする請求項9に記載の構造体。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

前記LEDダイが取り付けられたサブマウントと、
前記サブマウントが取り付けられたプリント回路基板と、
を更に含み、
前記レンズは、前記プリント回路基板と直接に接触し、前記サブマウントを取り囲んでいる、

ことを特徴とする請求項1に記載の構造体。

【請求項16】

前記LEDダイが取り付けられたサブマウントと、
前記サブマウントが取り付けられたプリント回路基板と、
を更に含み、
前記レンズは、前記サブマウントと直接に接触し、前記LEDダイを取り囲んでいる、
ことを特徴とする請求項1に記載の構造体。

10

【請求項17】

前記レンズは、放射光パターンに影響を及ぼすためにその表面内に成形されたパターンを有することを特徴とする請求項1に記載の構造体。

【請求項18】

前記パターンは、フレネルレンズ、回折格子、バイナリパターン、ピラミッド、又は円錐を含むことを特徴とする請求項17に記載の構造体。

【請求項19】

前記LEDダイとレンズとを組み込んだバックライトと、
前記バックライトによって照明される液晶ディスプレイパネルと、
を更に含むことを特徴とする請求項1に記載の構造体。

20

【請求項20】

発光ダイオード(LED)構造体であって、
中心軸線を有するLEDダイと、
前記LEDダイを封入する第1のレンズと、
前記第1のレンズ及びLEDダイを取り囲む2次レンズと、
を含み、
前記2次レンズは、前記第1のレンズと前記2次レンズの間に、前記中心軸線から離れるように光を曲げる屈折界面を作り出す空隙を形成する中空部分を有する、
ことを特徴とする構造体。

30

【請求項21】

前記2次レンズ及び空隙は、前記LEDダイによって発せられた光を屈折して、LED構造体によって発せられた光のピーク強度を前記中心軸線から50~80度外れた範囲内に発生させ、かつ該中心軸線に沿った強度を該ピーク強度の5%と33%の間にすることを特徴とする請求項20に記載の構造体。

【請求項22】

前記空隙は、ドーム形であることを特徴とする請求項20に記載の構造体。

【請求項23】

前記第1のレンズは、前記LEDダイの真上に成形されたレンズであることを特徴とする請求項20に記載の構造体。

40

【請求項24】

発光ダイオード(LED)構造体であって、
LEDダイと、
前記LEDダイが取り付けられたサブマウントと、
前記サブマウントが取り付けられたプリント回路基板と、
前記LEDダイによって発せられた光を屈折する該LEDダイに対して固定されたレンズと、
を含み、
前記レンズは、前記プリント回路基板と直接に接触して前記サブマウントを取り囲んで

50

いる、

ことを特徴とする構造体。

【請求項 25】

前記レンズは、2次レンズであり、

前記LEDダイと前記2次レンズの間の第1のレンズ、

を更に含むことを特徴とする請求項24に記載の構造体。

【請求項 26】

前記第1のレンズは、ほぼ半球形であることを特徴とする請求項25に記載の構造体。

【請求項 27】

前記第1のレンズは、前記LEDダイの真上に成形されたレンズであり、該LEDダイを封入していることを特徴とする請求項25に記載の構造体。 10

【請求項 28】

発光ダイオード(LED)構造体を形成する方法であって、

中心軸線を有するLEDダイを準備する段階と、

前記LEDダイの真上に第1のレンズを成形して該LEDダイを封入する段階と、

前記第1のレンズの上に2次レンズを固定する段階と、

を含み、

前記2次レンズは、前記第1のレンズと該2次レンズの間に、前記中心軸線から離れるように光を曲げる屈折界面を作り出す空隙を形成する中空部分を有し、

前記2次レンズはまた、前記LEDダイによって発せられた光を屈折して、ピーク強度を前記中心軸線から50～80度外れた範囲内に発生させ、かつ該中心軸線に沿った強度を該ピーク強度の5%と33%の間にする、 20

ことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

これは、2004年11月15日出願の「LEDダイ上の成形レンズ」という名称のGrigoriy Basin他による米国特許出願出願番号第10/990,208号の一部継続出願(CIP)である2005年2月28日出願の「LEDダイ上のオーバーモールドレンズ」という名称のGrigoriy Basin他による米国特許出願出願番号第11/069,418号のCIPである。 30

本発明は、発光ダイオード(LED)と、特に、ある一定のレンズ設計形状及びLEDダイの上にレンズを形成する技術とに関する。

【背景技術】

【0002】

LEDダイは、一般的に、ランバーシアン(lambertian)パターンで発光する。LEDダイの上のレンズを使用して、ビーム幅を狭めるか又は側面放射パターンを作るのが一般的である。表面装着型LEDのための一般的な種類のレンズは、予備成形モールドプラスチックであり、これは、LEDダイが取り付けられたパッケージに結合される。「Lumileds Lighting」に譲渡され、本明細書において引用により組み込まれている米国特許第6,274,924号には、このようなレンズの一つが示されている。 40

【0003】

【特許文献1】米国特許出願出願番号第10/990,208号

【特許文献2】米国特許出願出願番号第11/069,418号

【特許文献3】米国特許第6,274,924号

【特許文献4】米国特許第6,649,440号

【特許文献5】米国特許第6,274,399号

【特許文献6】米国特許第6,576,488号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

当業技術において、表面装着型LEDのためのレンズを形成する技術、並びにレンズの様々な設計形状が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

表面装着型LEDのためのレンズを形成する技術をレンズの様々な設計形状と共に本明細書で説明する。1つの特に有用なレンズは、バックライト内の複数のLEDからの光が完全に混ざり合って液晶ディスプレイ(LCD)バックライトにおける均質な光源を作り出すような広角放射パターンを作り出すものである。

10

レンズを形成する1つの方法においては、1つのLEDダイ又は複数のLEDダイが、支持構造体上に取り付けられる。支持構造体は、セラミック基板、シリコン基板、又は他の種類の支持構造体とすることができ、LEDダイは、支持構造体上の金属パッドに電気的に接続される。支持構造体は、パッケージ内の回路基板又は放熱板上に取り付けられるサブマウントとすることができる。

【0006】

モールドは、支持構造体上のLEDダイの位置に対応する凹部を有する。凹部は、硬化時に硬化レンズ材料を形成するシリコンのような液体光学透明材料で充填される。凹部の形状は、レンズの形状ということになる。モールドとLEDダイ/支持構造体とは、各LEDダイが関連の凹部の液体レンズ材料内にあるように一緒にされる。

20

モールドは、次に加熱されてレンズ材料を養生(硬化)する。次に、モールド及び支持構造体は分離され、完全なレンズを各LEDダイ上に残す。この一般的工程を以下ではオーバーモールド法と呼ぶ。

【0007】

オーバーモールド工程を異なるモールドで繰返し、レンズの同心円状又は重ね合わせシエルを作り出すことができる。各レンズは、蛍光体を含有すること、異なる材料であること、異なる放射パターンをもたらすこと、異なる硬度値を有すること、異なる屈折率を有すること、又は異なる技術(例えば、熱に対してUV)によって硬化可能であることなどの異なる特性を有することができる。

別の実施形態では、2次レンズが、オーバーモールドレンズの上に固定される。オーバーモールドレンズは、2次レンズの設計形状及び製作を簡素化するものである。

30

別の実施形態では、オーバーモールドレンズを必要としない広角放射レンズを説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

前提として、従来のLEDは、成長基板上に形成される。使用された例においては、LEDは、青色光又はUV光を生成するAlInGaInGaNのLEDのようなGaNベースのLEDである。一般的に、従来の技術を用いて、相対的に厚いn型GaN層をサブファイア成長基板上に成長させる。この相対的に厚いGaN層は、一般的に、n型クラッド層及び活性層に対する低欠陥格子構造を提供するために低温核生成層及び1つ又はそれよりも多くの付加的な層を含む。次に、1つ又はそれよりも多くのn型クラッド層が厚いn型層の上に形成され、活性層、1つ又はそれよりも多くのp型クラッド層、及びp型接触層がそれに続く(金属化のため)。

40

【0009】

n層への電気的アクセスを得るために、様々な技術が用いられる。フリップチップの例では、p層及び活性層の一部をエッチングによって除去し、金属化のためにn層を露出させる。このようにすると、p接点とn接点はチップの同じ側となり、パッケージ(又はサブマウント)接触パッドに直接に電気的に取り付けることができる。n金属接点からの電流は、始めはn層を通して横方向に流れる。これとは対照的に、縦型射出成形(非フリップチップ)LEDにおいては、n接点をチップの一方の側に形成し、p接点をチップの

50

他方の側に形成する。p接点又はn接点の一方との電氣的接触は、一般的にワイヤ又はメタルブリッジで行い、他方の接点は、パッケージ（又はサブマウント）接触パッドに直接に結合される。簡素化を期すために、図1から図3の例においては、フリップチップLEDを使用している。

LEDを形成する例は、共に「Lumileds Lighting」に譲渡され、引用により組み込まれている米国特許第6,649,440号及び第6,274,399号に説明されている。

【0010】

任意的に、導電基板をLED層に（典型的にp層に）結合して、サファイア基板が取り除かれる。導電基板をサブマウントに直接に結合した状態で、1つ又はそれよりも多くのLEDダイをサブマウントに結合することができ、これは、図5及び図6に関連してより詳細に後述する。他のLED又は電源との接続のための金属リードを収容するプリント回路基板に、1つ又はそれよりも多くのサブマウントを結合してもよい。回路基板は、様々なLEDを直列及び/又は並列に相互接続することができる。

10

形成された特定のLED及びサブマウントへのそれらの取り付けの有無は、本発明を理解する上で重要ではない。

【0011】

図1は、支持構造体12上に取り付けられた4つのLEDダイ10の側面図である。支持構造体は、サブマウント（例えば、金属リードを有するセラミック又はシリコン）、金属放熱板、プリント回路基板、又はあらゆる他の構造体とすることができる。この例では、支持構造体12は、金属パッド/リードを有するセラミックサブマウントである。

20

モールド14は、各LEDダイ10の上のレンズの望ましい形状に対応する凹部16を有する。モールド14は、金属製であることが好ましい。モールド14の全体的形状を有する非常に薄い非粘着フィルム18が、モールド14の上に置かれる。フィルム18は、金属へのシリコンの粘着を防止する公知の従来材料のものである。

【0012】

フィルム18は、レンズ材料がモールドに粘着しない場合は不要である。これは、非粘着モールドコーティングを用いるか、非粘着モールド材料を用いるか、又は非粘着界面をもたらす成形工程を用いることによって達成することができる。このような工程は、ある一定の処理温度を選択して最小の粘着性を得る段階を伴うであろう。フィルム18を用いなければ、より複合的なレンズを形成することができる。

30

【0013】

図2において、モールド凹部16は、熱硬化可能液体レンズ材料20で既に充填されている。レンズ材料20は、シリコン、エポキシ、又は混成シリコン/エポキシのようなあらゆる適切な光学透明材料とすることができる。混成材料を用いると、適合する熱膨張率（CTE）を達成することができる。シリコン及びエポキシの屈折率は、AlInGa_n又はAlInGa_pのLEDからの光抽出を大幅に向上させるばかりでなくレンズとしても作用するほど十分に高いものである（1.4を超える）。1つの種類のシリコンは、1.76の屈折率を有する。

【0014】

支持構造体12の周囲とモールド14の間に真空シールが作り出され、この2つの部分は、各LEDダイ10が液体レンズ材料20に挿入されてレンズ材料20が圧縮状態になるように互いに押圧される。

40

次に、モールドを約150（又は、他の適切な温度）まである一定の時間にわたって加熱し、レンズ材料20を硬化させる。

次に、支持構造体12をモールド14から分離する。フィルム18のために、得られる硬化レンズは、モールド14から簡単に離れる。次に、フィルム18を取り除く。

別の実施形態では、図1のLEDダイ10は、最初に、結合剤内のシリコン又は蛍光体粒子のような材料で覆うことができる。モールド凹部16は、別の材料で充填される。ダイを次にモールドに入れた時に、モールド材料が被覆材料の上に成形される。

50

【0015】

図3は、成形レンズ22が各LEDダイ10の上にある得られる構造体を示している。一実施形態では、成形レンズは、直径が1mmと5mmの間である。レンズ22は、あらゆる大きさ又は形状とすることができる。

図4は、各々が成形レンズ22を有するLEDダイのアレイを支持構造体12が支持している得られる構造体の斜視図である。使用するモールドは、対応する凹部のアレイを有するであろう。仮に支持構造体12がセラミック又はシリコンサブマウントである場合は、各LED（下に重なるそのサブマウント部分を有する）は、サブマウントを鋸で切断するか又は破壊することによって分離し、個々のLEDダイを形成することができる。代替的に、支持構造体12は、分離する/ダイスカットしてLEDのサブグループを支持することができ、又は分離する/ダイスカットすることなく使用することができる。

10

レンズ22は、LEDダイからの光抽出を改善し、かつ光を屈折させて望ましい放射パターンを作り出すばかりでなく、このレンズはまた、LEDダイを封入してダイを汚染から保護し、機械的強度を付加し、あらゆるワイヤ結合を保護するものである。

【0016】

図5は、セラミック又はシリコンのようないずれかの適切な材料で形成されたサブマウント24上の単一フリップチップLEDダイ10の一実施形態の簡素化された拡大図である。一実施形態では、サブマウント24は、図1から図4で支持構造体12として作用し、図5のダイ/サブマウントは、鋸切断によって図4の構造体から切り離されている。図5のLEDダイ10は、下部p接点層26、p金属接点27、p型層28、発光活性層30、n型層32、及びn型層32に接触するn金属接点31を有する。サブマウント24上の金属パッドは、接点27及び31に直接に金属結合されている。サブマウント24を通るバイアは、サブマウント24の下面上の金属パッド内に終端し、これらの金属パッドは、回路基板45上の金属リード40及び44に結合されている。金属リード40及び44は、他のLED又は電源に接続される。回路基板45は、金属リード40及び44が絶縁層の上に重なっている金属プレート（例えば、アルミニウム）とすることができる。図1から図3の技術を用いて形成した成形レンズ22は、LEDダイ10を封入する。

20

図5のLEDダイ10はまた、ワイヤが上部n層32をサブマウント24上の金属パッドに接続する非フリップチップダイとすることもできる。レンズ22は、ワイヤを封入することができる。

30

【0017】

一実施形態では、回路基板45自体が、図1から図3の支持構造体12であってもよい。このような実施形態を図6に示す。図6は、ワイヤ38によって回路基板45上の金属リード40に接続した上部n金属接点34を有する非フリップチップLEDダイ10の簡素化された拡大図である。LEDダイ10は、図6の例においては金属スラブであるサブマウント36上に取り付けられる。ワイヤ42は、p層26/28を回路基板45上の金属リード44に電氣的に接続している。レンズ22は、ワイヤ及びサブマウント36を完全に封入するように示されているが、他の実施形態では、サブマウント全体又はワイヤ全体を封入しなくてもよい。

【0018】

一般的な従来技術の封入方法は、保護コーティング上で回転させることである。しかし、その封入工程は、LEDダイの上の封入材料の厚みが不均一なので、蛍光体コーティングをLEDダイに追加するには不適切である。また、このような封入方法では、レンズが形成されない。LEDダイの上に蛍光体をもたらす一般的な技術は、LEDダイを取り囲む反射カップをシリコン/蛍光体組成物で充填することである。しかし、その技術では、様々な厚みの蛍光体層が形成されるので適切なレンズは形成されない。レンズが必要な場合は、付加的な工程で依然としてプラスチック成形レンズを作り出し、それをLEDダイの上に固定しなければならない。

40

【0019】

図7から図11は、上述の技術を用いて形成することができる様々なレンズを示してい

50

る。

図7は、いずれかの適切な方法を用いて蛍光体60が既に被覆されているLEDダイ10を示している。1つのこのような方法は、「Lumileds Lighting」に譲渡され、本明細書において引用により組み込まれている米国特許第6,576,488号に説明されている電気泳動法である。適切な蛍光体は、公知である。レンズ22は、上述の技術を用いて形成される。蛍光体60は、LED発光(例えば、青色光又はUV光)によって活性化され、緑色、黄色、又は赤色のような異なる波長の光を発する。蛍光体発光は、単独で又はLED発光と共に白色光を生成することができる。

LEDを蛍光体で被覆する工程は、時間が掛かるものである。LEDダイを蛍光体で被覆する工程を排除するために、蛍光体粉末を、図8に示すレンズ62に組み込まれた状態になるように液体シリコンと混合することができる。 10

【0020】

図9に示すように、LEDダイの上の蛍光体材料の入念に制御された厚みをもたらすために、上述の技術を用いて内側レンズ64を形成し、別々の成形段階(深さ及び幅がより大きい凹部を有するモールドを用いる)を用いて、内側レンズ64の真上にいずれかの厚みの外側蛍光体/シリコンシェル66を形成する。

図10は、ビームを更に成形するために別のモールドを用いて蛍光体/シリコンシェル66の上に形成することができる外側レンズ68を示している。

【0021】

図11は、透明シリコンシェル76、78、及び80の上に重なるそれぞれ赤色、緑色、及び青色発光蛍光体のシェル70、72、及び74を示している。この場合、LEDダイ10はUV光を発し、赤色、緑色、及び青色発光の組合せは、白色光を生成する。上述の方法で全てのシェルが生成される。 20

上述の成形技術を用いて多くの他の形状のレンズを形成することができる。図12は、LED10、サブマウント24、及び成形側面放射レンズ84の断面図である。一実施形態では、レンズ84は、モールドから取り外されると撓むシリコンのような非常に可撓性のある材料で形成される。レンズが単一の形状ではない時は、離型フィルム18(図1)は、一般的に使用されないことになる。

図13は、LED10、サブマウント24、及び成形コリメータレンズ86の断面図である。レンズ86は、変形可能モールドを用いて、又はモールドから引っ張られた時に縮み、モールドから離型した後にその成形形状に膨張する軟質レンズ材料を用いて生成することができる。 30

【0022】

図14は、成形ランバーシアンレンズ22の上に予備成形レンズ88を固定することができる方法を示している。図14の例においては、上述の方法でレンズ22を形成する。レンズ22は、LED10を封入して汚染から保護する役目を果たすものである。次に、UV硬化可能接着剤又は機械式クランプを用いてレンズ22の上に予備成形側面放射レンズ88を固定する。このレンズ形成技術は、従来技術に優る利点を有する。従来技術では、予備成形レンズ(例えば、側面放射レンズ)をLEDダイの上に粘着的に固定し、シリコンを注入することによってあらゆる間隙を充填する。従来の工程は、とりわけ、レンズ配置及び間隙充填段階に対する分離したダイ/サブマウントの入念な位置決めという理由のために実施し難いものとなっている。図14の本発明の技術を用いれば、LEDの大形アレイ(図4)は、各々の上に成形レンズを形成することにより同時に封入することができる。次に、LEDがまだアレイ内にある間か又は分離させた後に、予備成形レンズ88を各成形レンズ22の上に固定することができる。 40

更に、従来のレンズとは異なり、成形レンズは、非常に小さく(例えば、直径1~2mm)に作ることができる。従って、非常に小さな完全封入LEDを形成することができる。このようなLEDは、ある一定の用途に有用な非常に薄型に作ることができる。

図14もサブマウント24が取り付けられた回路基板45を示している。この回路基板45には、LED/サブマウント24のアレイが取り付けられていてもよい。 50

【0023】

図15は、液晶ディスプレイ(LCD)又はバックライトを使用する他のディスプレイのためのバックライトの断面図である。一般的な用途は、テレビ、モニタ、携帯電話などである。LEDは、白色光を作り出すように赤色、緑色、及び青色とすることができる。LEDは、二次元アレイを形成する。図示の例においては、各LED構造体は、図14に示すようなものであるが、あらゆる適切なレンズを使用することができる。バックライトボックスの底部及び側壁90を白色反射性拡散材料で被覆することが好ましい。各LEDに真上には、各LEDの真上にバックライトによって光のスポットが放出されないように白色拡散ドット92がある。ドット92は、透明又は拡散PMMMAシート94によって支持される。側面放射レンズ88によって発せられた光は、バックライトの下方部分で混ざり合い、次に、上部拡散器96から出る前にバックライトの上方部分で更に混ざり合う。LEDの線形アレイは、狭い回路基板45上に取り付けることができる。

10

【0024】

図16は、成形レンズ22がカメラのフラッシュとして使用されるLED10を示している。図16のカメラは、携帯電話98の一部である。携帯電話98は、カラー画面100(本明細書で説明するLEDを使用するバックライトを有することができる)及びキーパッド102を含む。

図10に関連して説明したように、外側レンズを内側シェルの上に形成し、更にビームを成形することができる。様々なシェルの要件に応じて異なるシェル材料を使用することができる。図17~30は、オーバーモールド工法と共に使用することができる様々なレンズ及び材料の例を示している。

20

【0025】

図17及び図18は、上述の成形技術を用いて形成した内側シェルのための成形レンズの2つの形状を示している。同じ支持構造体12上に多くのLED10を取り付けることができる。支持構造体12は、上述のように、金属トレース及び接触パッドを有するセラミック又はシリコンサブマウントとすることができる。あらゆる数のLEDを同じ支持構造体12上に取り付けることができ、支持構造体12上の全てのLEDは、必ずしも必要ではないが、一般的に同一方法で処理されると考えられる。例えば、支持構造体が大形であり、LEDアレイ全体の光パターンが指定された場合、各LEDレンズは、指定の全体的光パターンをもたらすように異なる場合がある。

30

LEDダイ10の下部と支持基板12の間のあらゆる間隙を埋めるために下部充填材料を注入し、とりわけ、LEDの下のある空隙を防止して熱伝導を改善することができる。

【0026】

図17は、内側成形レンズ22がランパーシアン放射パターンのためにほぼ半球形である図3~6に関連して説明した。図18の内側成形レンズ106は、丸い縁部を有するほぼ矩形である。外側レンズによってもたらされる放射パターンによっては、内側成形レンズ22又は106の一方がより適切である場合がある。他の形状の内側成形レンズも適切と考えられる。各レンズの上面図は、一般的に円形であることになる。

【0027】

図19は、光を屈折して望ましい放射パターンを達成するパターンをレンズ外面が有する図18の構造体を示している。外面パターンは、内側成形レンズ内に直接に形成することができる(モールド自体によって)、又は外面パターンは、内側成形レンズ上にオーバーモールドされるか又はそれに接着剤(例えば、シリコン、エポキシなど)によって固定された外側レンズ内に形成することができる。パターン108は、回折格子であり、一方、パターン110は、バイナリストップを用いて光を屈折させる。この例においては、パターンは、図20に示す放射パターンを有するほぼ側面放射のレンズを形成する。図20においては、ピーク強度は、50~80度以内で発生し、0度の強度よりもかなり大きい。

40

【0028】

50

内側レンズの要件は、一般的に外側レンズの要件と異なる。例えば、内側レンズは、支持構造体に対して良好な接着性を有し、黄変するか又は経時的に不透明性が増すことがなく、高い屈折率（1.4を超える）を有し、又はLEDに対するどのワイヤも破断せず又は応力を掛けず、高いLED温度に耐え、適合する熱膨張率を有するべきである。内側レンズは、LED又はどのワイヤにも応力を掛けないように非剛性（例えば、シリコン）であるべきである。これとは対照的に、外側レンズ材料は、一般的に、望ましいパターンでパターン化されて内側レンズに粘着的に固定することができることのみが必要である。外側レンズは、オーバーモールドすることができ、又は予備成形して内側レンズに粘着的に固定することができる。外側レンズの材料は、UV硬化可能にすることができ、一方、内側レンズの材料は、熱硬化することができる。熱硬化は、UV硬化よりも時間が掛かる。

一般的に、内側レンズ材料の硬度範囲は、「Shore 00 5 - 90」であり、一方、外側シェルの硬度範囲は、「Shore A 30」又はそれよりも大きい。

【0029】

図21は、図20のものと類似のほぼ側面放射のレンズパターンを作り出すためのレンズ外面上に形成されたフレネルレンズパターン112を示している。外面は、図19に関連して説明したように、内側成形レンズの外面又は外側シェルの外面とすることができる。これは、本明細書で説明する全てのパターンに適用される。

図22は、平行化光パターン又は別の光パターンを作り出すための外側レンズ面上のピラミッド114又は円錐形116パターンを示している。

図23は、平行化パターンを作り出すための高ドーム形外側レンズ118を示している。

【0030】

図19及び図21～23の表面パターンは、あらゆる光パターンを作り出すように構成することができる（例えば、表面角度を変えることにより）。ホログラフィック構造、TIR、及び他のパターンを形成することができる。平行化光パターンは、一般的に背面投射型TVに使用され、一方、側面放射光パターンは、一般的にバックライトLCD画面に使用される。

図24は、LED10に結合されたワイヤ126に応力が掛からないように内側成形レンズ124としてシリコンゲルのような軟質（例えば、「Shore XX」）材料の使用を示している。ゲルは、一般的にUV硬化する。外側レンズ128は、成形又は予備成形して接着剤で固定することができる。外側レンズ128は、一般的に、耐久性、粒子に対する耐性などが得られるように遥かに硬質であることになる。外側レンズ128は、シリコン、エポキシシリコン、エポキシ、シリコンエラストマー、硬質ゴム、他のポリマー、又は他の材料とすることができる。外側レンズは、UV又は熱硬化することができる。

【0031】

図25は、図24と類似のものであるが、異なる放射パターン又は薄型にするために内側成形レンズ129の形状が異なっている（図18のように）。レンズ129は、軟質シリコンゲルとすることができる。外側レンズ130は、放射パターンを更に成形し、軟質内側レンズ129を保護することになる。

全ての図におけるLEDは、フリップチップ型又はワイヤ結合型とすることができる。

【0032】

図26は、内側レンズに必要なとされる特性を有する軟質内側成形レンズ132と、界面層として作用するため及び構造体安定性を得るための硬質中間シェル134と、側面放射光パターンを作り出すための外側レンズ136とを有するLED構造体を示している。外側レンズ136は、成形工程を容易にするために軟質とすることができる。代替的に、外側レンズ136は、予備成形して中間シェル134に粘着的に固定することができる。中間シェル134の使用により、外側レンズ材料の選択が基本的に内側レンズ材料とは独立したものになる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

図 2 7 は、中間シェル 1 3 4 又は内側レンズ 1 3 2 のどの部分にも外側レンズ 1 3 8 を形成することができる方法を示している。

図 2 8 は、内側レンズ 1 4 4 材料上への直接の外側レンズ 1 4 2 の形成を示している。

図 2 9 は、内側レンズ 1 3 2 の上に成形された側面放射レンズ 1 4 5 の別の形状を示している。レンズ 1 4 5 は、いかなる内側レンズもなしに LED ダイ 1 0 の上に直接に成形することができる。

【 0 0 3 4 】

図 3 0 は、各シェル 1 4 6、1 4 7、及び 1 4 8 が赤色発光蛍光体、緑色発光蛍光体、及び青色発光蛍光体のような異なる蛍光体材料を含有する LED を示している。LED ダイ 1 0 は、UV を放射することができる。蛍光体粒子間に間隙があるために、UV は、内側シェルを通過して外側シェル内の蛍光体を活性化することができる。代替的に、赤色及び緑色蛍光体シェルのみが使用されると、LED ダイ 1 0 は青色光を発する。赤色、緑色、及び青色光の組合せで白色光が生成される。とりわけ、シェルの厚み、蛍光体粒子の密度、及び蛍光体色の順番を調整すると、望ましい光を得ることができる。あらゆる形状のレンズを使用することもできる。

【 0 0 3 5 】

図 3 1 は、支持構造体 1 2 それ自体上でのモールドパターン 1 4 9 の使用を示している。高屈折率材料（例えば、ポリマー）又は反射材料（例えば、アルミニウム又は銀）は、図 1 示す方法と類似の方法を用いてパターンを支持構造体 1 2 上に成形するか、又は金属化工程を用いるか、又は別の適切な工程を用いることによって形成される。モールドパターン 1 4 9 は、次に、レンズ 1 5 0 を形成する別の材料に対するモールドとして使用される。一実施形態では、レンズ 1 5 0 材料は、支持構造体 1 2 上に形成したモールド内に堆積させてその後硬化させた液体（例えば、シリコン）である。表面は、次に、平坦化することができる。得られるレンズは、反射カップのような壁に当たる光を反射 / 屈折させることによって光を平行化する。

【 0 0 3 6 】

図 3 2 は、LED 1 0 によって発せられた光を反射させるために金属 1 5 1 が側面の回りにスパッタリングされた成形レンズ 2 2 を示している。反射光は、LED 1 0 によって散乱して最終的に上部開口部を通過して放出されることになる。金属 1 5 1 は、アルミニウム又は銀のようなあらゆる反射材料とすることができる。金属を代わりにレンズ 2 2 の上部にスパッタリングして、側面放射パターンを作り出すこともできる。レンズ 2 2 は、望ましい光放射パターンを作り出すためのいかなる形状にも作ることができる。

【 0 0 3 7 】

図 3 3 は、制御可能 RGB ピクセルと、拡散器 1 5 6 と、赤色、緑色、及び青色 LED 1 6 0 からの光を混ぜ合わせて白色光を作り出すバックライト 1 5 8 とを有する、LCD 画面 1 5 4 を備えた液晶ディスプレイ（LCD）1 5 2 の側面図である。バックライト 1 5 8 は、拡散性反射ボックスである。LED 1 6 0 は、上述の技術のいずれかを用いて作られた側面放射レンズを有する。

図 3 4 は、指定の視角内の画像を明るくする正面レンズ 1 6 4 と、一組の赤色、緑色、及び青色 LED 1 6 6 と、RGB 光を変調及び集束させてカラー TV 画像を生成する変調器 / 光学機器 1 7 0 と、反射体 1 7 2 とを有する背面投射型テレビジョン 1 6 2 の側面図である。変調器は、制御可能ミラー、LCD パネル、又はあらゆる他の適切な装置のアレイとすることができる。LED 1 6 6 は、上述の技術のいずれかを用いて作られたコリメータレンズを有する。

【 0 0 3 8 】

上述のように、一次レンズ又は二次レンズは、側面放射パターンを作り出すように設計することができる。このような側面放射パターンは、LCD パネルのための均一なバックライトを作り出すためであるか又は装飾照明のためであるか又は別の用途のためである時のような複数の LED からの光を混ぜ合わせる意図がある時に特に有用である。

10

20

30

40

50

図35に示すように、レンズがないか又は半球形レンズのみでバックプレーン上に取り付けられたLED180は、一般的にランバーシアンパターン183で光を発することになる。LED180のレイは、拡散性画面184の背面を照明する。画面184は、図33のLCDバックライト内の拡散器156とすることができる。各LEDの拡散した輝度プロファイル185及びその「半値全幅(FWHM)」も示されている。画面184の前面での全体的光出力は、LEDが互いに十分に接近して置かれぬ限り、顕著な明るいスポットを有することになる。従って、このようなバックライトには、比較的高いLED密度が必要であり、高価なバックライトをもたらすことになる。

【0039】

本出願人は、バックライトにおいて特に有用である図36~38に示す広角放射レンズを発明した。図36において、広角放射レンズを有するLED188は、バックプレーン190に取り付けられた状態で示されている。各LEDダイのピーク発光(I_{peak})は、図37に示すように、中心軸線(法線)から50~80度外れた範囲内に発生する。70~80度の間の範囲が好ましい。レンズは、中心軸線に沿った発光(I₀)がピーク発光の5%~33%であるように設計される。従って、各LEDの輝度プロファイル192は、図35の輝度プロファイル185と比較すると広がり方が大きい。従って、図36のバックライトにおけるLED188ピッチは、拡散性画面184から同じ光出力均一性を達成しながら図35のLED180ピッチより大きくすることができる。これは、それほど高価でないバックライトをもたらすことになる。

10

【0040】

輝度プロファイルは、漏斗形レンズで中央尖頭部に一般的に現れるもののような急激な遷移を有するべきではない。

50~80度ピーク強度に対する中心軸線強度の最適な比率は、バックライトの指定の輝度を達成するのに必要なLEDのピッチのように用途に依存することになる。ピーク強度は、中心軸線に沿った強度の少なくとも3倍であり、図37の実施形態では、その比率は4~8の間である。

20

【0041】

図38は、上述の特性を有する広角放射レンズの一実施形態の断面図である。LEDダイ194は、図1~6に関連して説明したように、セラミック、シリコン、又は他の材料で作られた基板又はサブマウント196上に取り付けられ、第1のレンズ198は、図1~6に関連して説明したように、LEDダイ194の上に成形される。複数のダイを単一の大形サブマウント上に取り付けることができる。レンズ198は、シリコンのようならゆる適切な材料で形成することができる。

30

次に、サブマウント196は分離され、次に、半田リフロー又は他の適切な技術によってバックプレーン190(PCB)上に取り付けられる。

【0042】

2次レンズ202は、望ましい広角放射特性を有するように予備成形される。2次レンズは、射出成形又は機械加工プラスチック又は他の材料とすることができる。このような材料としては、COC、COP、PMMA、エポキシ、シリコン、ガラス、又は他のあらゆる適切な材料がある。2次レンズ202は、次に、第1のレンズ198の上に重なって支持のためにバックプレーン190に接触するように取り付けられる。空隙204(又は、他の低屈折率材料の間隙)により、光を側面の方向に曲げる内部屈折界面が作り出される。空気を有する2次レンズ202の外側の界面は、光を更に曲げて50~80度以内のピーク強度を達成する。2次レンズ202は、第1のレンズ198と直接に接触してもよいが、2次レンズ202の形状は、同じ広角放射パターンを達成するために変更する必要があるであろう。

40

別の実施形態では、2次レンズ202は、バックプレーン190ではなくサブマウント196と接触して支持される。

2次レンズ202は、エポキシのような接着剤でバックプレーン又はサブマウントに固定することができ、又はスナップ-タブ接続を用いて固定することもできる。

50

【 0 0 4 3 】

バックプレーンの上のLED及び第1のレンズ198の高さが取り付けパラメータで若干変わる場合があるために、サブマウントを基準にして2次レンズ202を固定すれば、バックプレーンを基準として2次レンズ202を固定するのに比べて発光に対して若干良好な制御が達成される。

非球形ドーム形内部空隙を有する非球形2次レンズ202は、成形が容易な単純な設計形状である。レンズ202は、バックプレーン190の方向に下方に光が放射されないように、バックプレーン190近くで下を切り取り、切断面で光を上方に反射させる。これによって光リングが回避され、バックライトの光出力が大きくなる。

【 0 0 4 4 】

図39は、図38のLEDに対する光強度対角度を示している。ピーク強度は、約72度であり、中心軸線に沿った強度は、ピーク強度の約10%である。

別の実施形態では、2次レンズ202の表面は、図19、図21、及び図22に関連して説明したように、光を更に屈折して望ましい放射パターンを達成する微小構造を含んでいる。

図40は、全内部反射(TIR)部分208を有するレンズ206を備えたLED194の断面図である。TIR部分208は、漏斗の形状である。TIR部分208は、上方に発せられたほとんどの光を内部反射させて側面部分210を通じて放射させる。このような設計形状は、中心軸線に沿った強度を低減し、同時に50~80度以内のピーク強度とピーク強度の5~33%の間の中心軸線に沿った強度とを依然として提供するのにも有用である。レンズ実施形態のいずれも図33のバックライトに使用することができる。

【 0 0 4 5 】

図38及び図40及び他の図の2次レンズはまた、成形第1レンズなしでLEDダイの上に使用することができる。しかし、成形第1レンズとの併用は、LEDを保護する上で好ましいものである。2次レンズの直径は、一般的に4~10mmの間の範囲になることになる。

本発明の特定のな実施形態を示して説明したが、本発明から逸脱することなくそのより広い態様の中で変更及び修正を行うことができることは当業者には明らかであろう。従って、特許請求の範囲は、本発明の真の精神及び範囲に該当する全てのそのような変更及び修正をその範囲に含むものとする。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 6 】

【図1】サブマウントのような支持構造体上に取り付けられた4つのLEDダイと各LEDダイ回りにレンズを形成するモールドとの側面図である。

【図2】液体レンズ材料で充填されたモールドの凹部内に挿入されているLEDダイの側面図である。

【図3】液体が硬化した後にモールドから取り外されて各LEDダイを封入するレンズがもたらされたLEDダイの側面図である。

【図4】成形レンズが各LEDダイの上に形成されたサブマウント又は回路基板上のLEDダイのレイの斜視図である。

【図5】それ自体が回路基板に取り付けられたサブマウント上に取り付けられたフリップチップLEDダイの、成形レンズがLEDダイの上に形成されている場合の拡大側面図である。

【図6】それ自体が回路基板に取り付けられたサブマウント上に取り付けられた非フリップチップLEDダイの、ワイヤがLEDダイ上のn及びp金属を回路基板上のリードに電気的に接続し、かつ成形レンズがLEDダイの上に形成されている場合の拡大側面図である。

【図7】異なるレンズが上に形成されたLEDダイの断面図である。

【図8】異なるレンズが上に形成されたLEDダイの断面図である。

【図9】異なるレンズが上に形成されたLEDダイの断面図である。

10

20

30

40

50

- 【図10】異なるレンズが上に形成されたLEDダイの断面図である。
- 【図11】異なるレンズが上に形成されたLEDダイの断面図である。
- 【図12】本発明の技術を用いてLEDダイ上に成形された側面放射レンズの断面図である。
- 【図13】本発明の技術を用いてLEDダイ上に成形されたコリメータレンズの断面図である。
- 【図14】本発明の技術を用いてLEDダイ上に成形されたランバーシアンレンズの上に固定された予備成形側面放射レンズの断面図である。
- 【図15】図14のLED及び側面放射レンズを用いた液晶ディスプレイ又は他の種類のディスプレイのためのバックライトの断面図である。
- 【図16】成形レンズを有するLEDをフラッシュとして使用するカメラを備えた携帯電話の斜視図である。
- 【図17】2種類の成形レンズのうちの1つの断面図であり、図示のレンズは中心軸線に関して対称であるが、本発明は、非対称レンズにも同様に適用することができる。
- 【図18】2種類の成形レンズのうちの1つの断面図であり、図示のレンズは、中心軸線に関して対称であるが、本発明は、非対称レンズにも同様に適用することができる。
- 【図19】望ましい放射パターンを得るための内側レンズ又は外側シェルレンズ上の表面特徴を示す図である。
- 【図20】望ましい放射パターンを得るための内側レンズ又は外側シェルレンズ上の表面特徴を示す図である。
- 【図21】望ましい放射パターンを得るための内側レンズ又は外側シェルレンズ上の表面特徴を示す図である。
- 【図22】望ましい放射パターンを得るための内側レンズ又は外側シェルレンズ上の表面特徴を示す図である。
- 【図23】平行化された放射パターンのための高ドーム形レンズの使用を示す図である。
- 【図24】ワイヤ結合に掛かる応力を制限するための硬質外側レンズと軟質内側レンズの使用を示す図である。
- 【図25】ワイヤ結合に掛かる応力を制限するための硬質外側レンズと軟質内側レンズの使用を示す図である。
- 【図26】側面放射パターンのための様々な種類の内側又は中間レンズの1つに形成された外側レンズの使用を示す図である。
- 【図27】側面放射パターンのための様々な種類の内側又は中間レンズの1つに形成された外側レンズの使用を示す図である。
- 【図28】側面放射パターンのための様々な種類の内側又は中間レンズの1つに形成された外側レンズの使用を示す図である。
- 【図29】別の側面放射成形レンズを示す図である。
- 【図30】各々が異なる蛍光体を含む成形シェルの使用を示す図である。
- 【図31】成形レンズを形成するために支持基板上にモールド部分を形成する段階を示す図である。
- 【図32】望ましい放射パターンを達成するためにレンズの一部分の上に金属反射体を堆積させる段階を示す図である。
- 【図33】バックライト内に側面放射レンズを有するLEDを用いた液晶ディスプレイの側面図である。
- 【図34】RGB光源としてコリメータレンズを有するLEDを用いた背面投射型TVの側面図である。
- 【図35】従来技術のLED放射パターン(ランバーシアン)及び画面上のそれらの重なり合う輝度プロファイルを示す図である。
- 【図36】本発明のレンズを用いたLEDの広角放射パターンと画面上のそれらの重なり合う輝度プロファイルとを示す図である。
- 【図37】図36のLEDの放射パターンをより詳細に示す図である。

10

20

30

40

50

【図38】本発明の一実施形態によるLED及び広角放射レンズの断面図である。

【図39】図38のレンズの光強度に対する角度のグラフである。

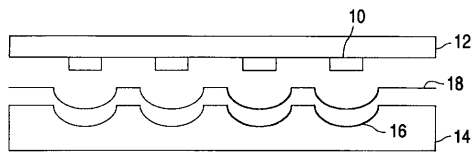
【図40】本発明の別の実施形態によるLED及び広角放射レンズの断面図である。

【符号の説明】

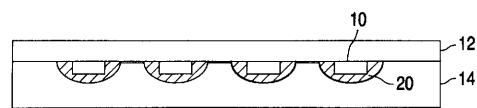
【0047】

- 10 LEDダイ
- 12 支持構造体
- 14 モールド
- 16 凹部

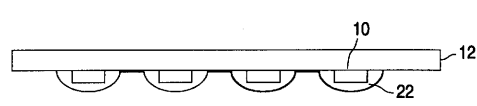
【図1】



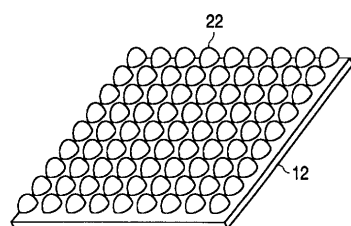
【図2】



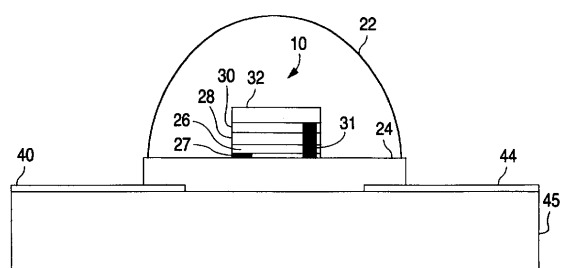
【図3】



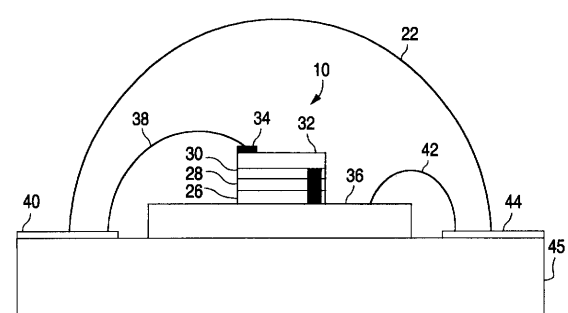
【図4】



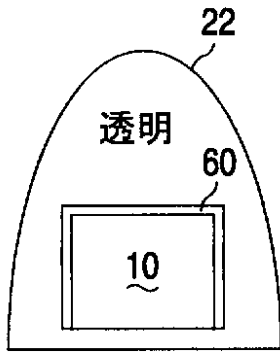
【図5】



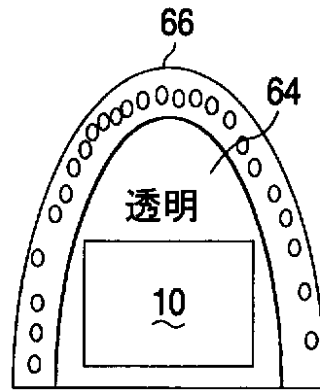
【図6】



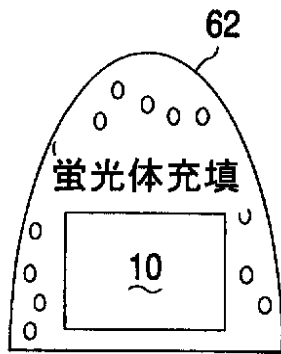
【 図 7 】



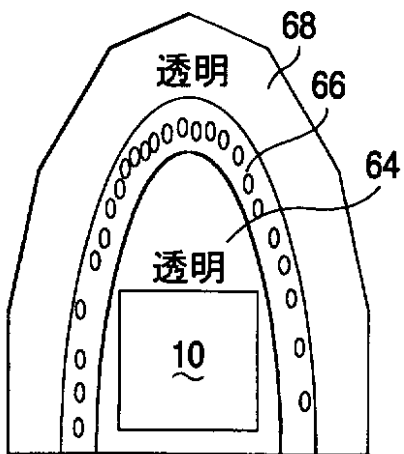
【 図 9 】



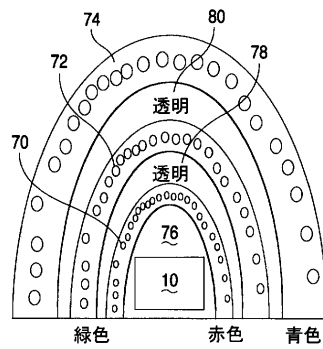
【 図 8 】



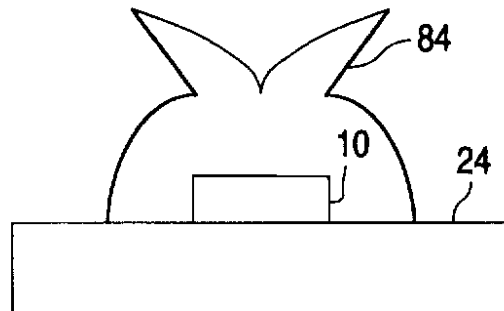
【 図 10 】



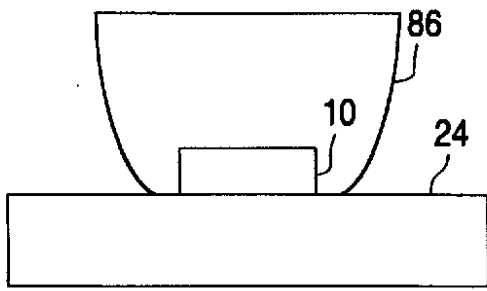
【 図 11 】



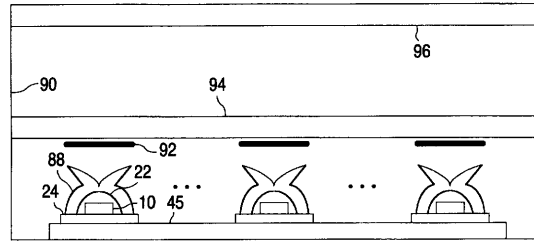
【 図 12 】



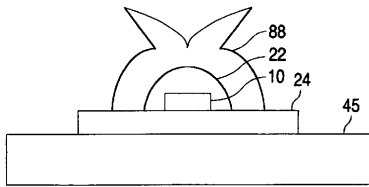
【 図 1 3 】



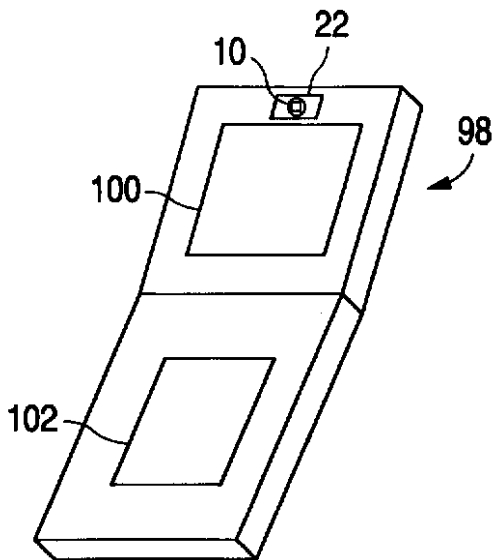
【 図 1 5 】



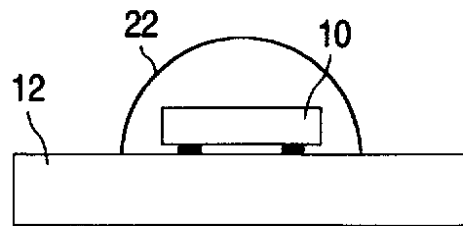
【 図 1 4 】



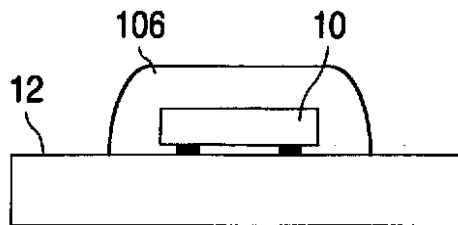
【 図 1 6 】



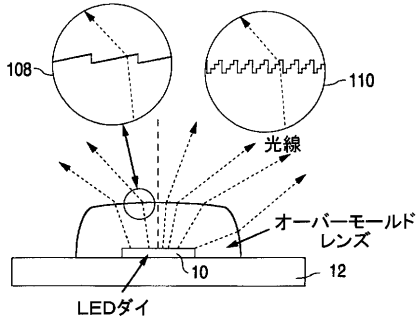
【 図 1 7 】



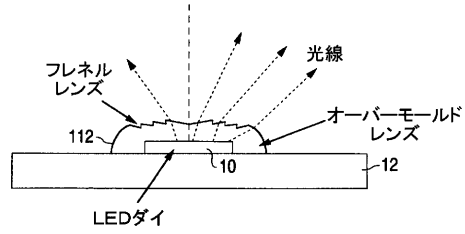
【 図 1 8 】



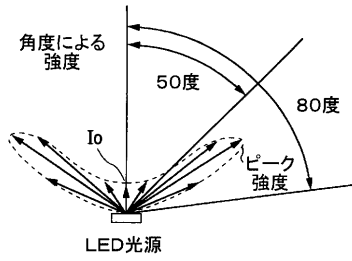
【図19】



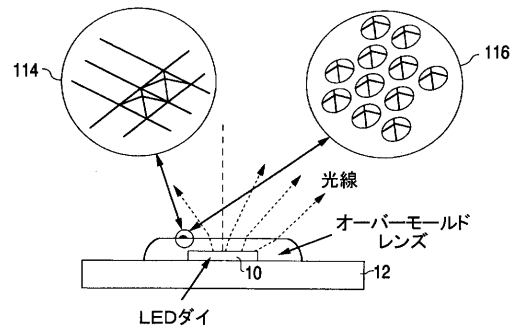
【図21】



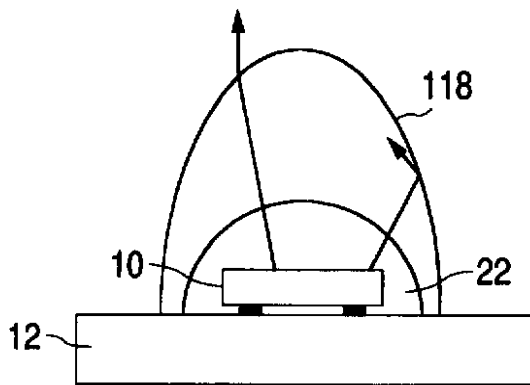
【図20】



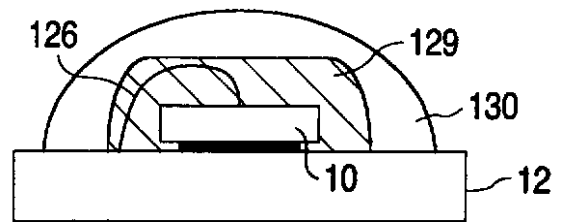
【図22】



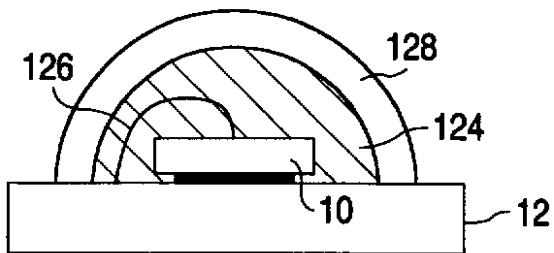
【図23】



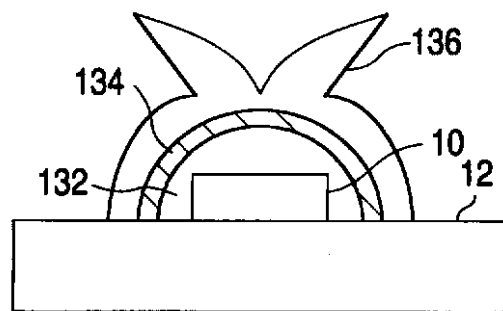
【図25】



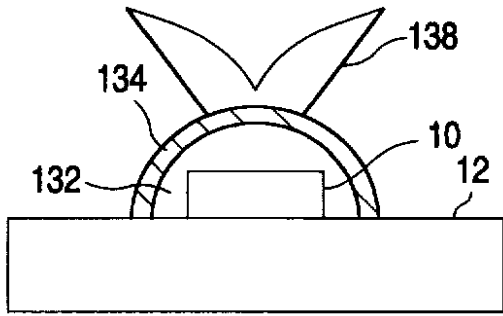
【図24】



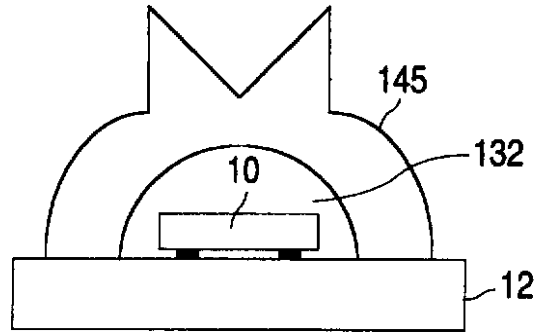
【図26】



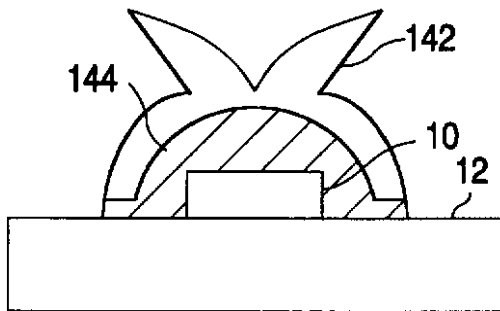
【図27】



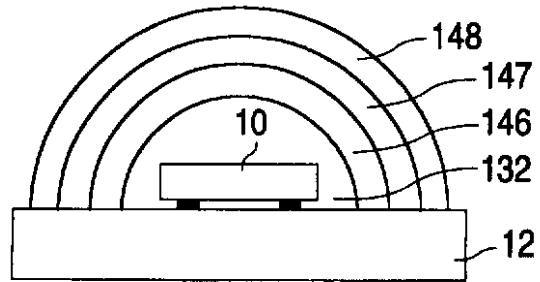
【図29】



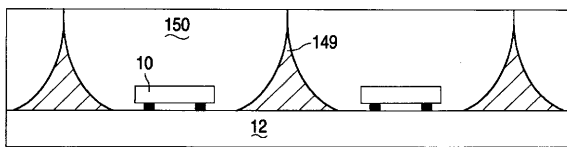
【図28】



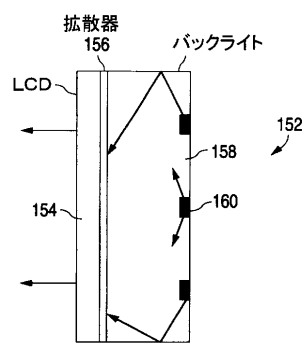
【図30】



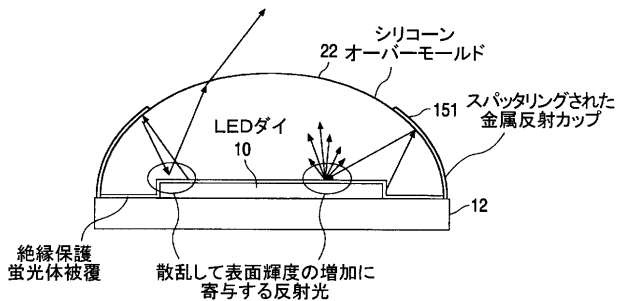
【図31】



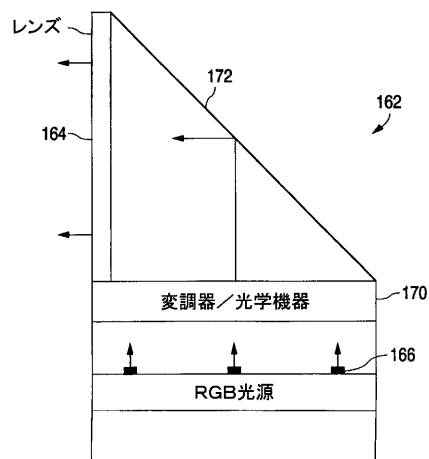
【図33】



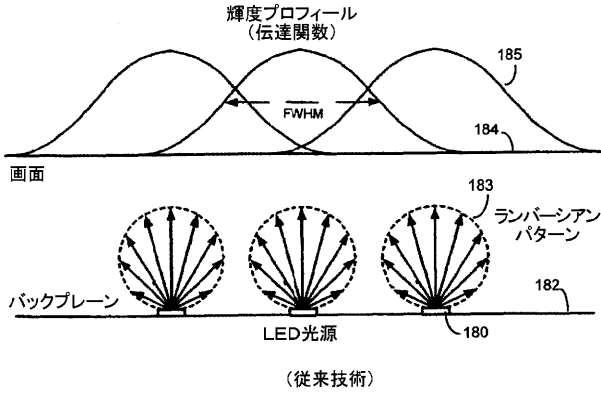
【図32】



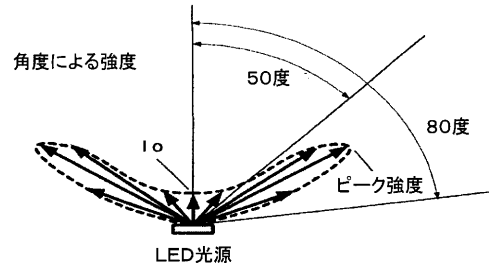
【図34】



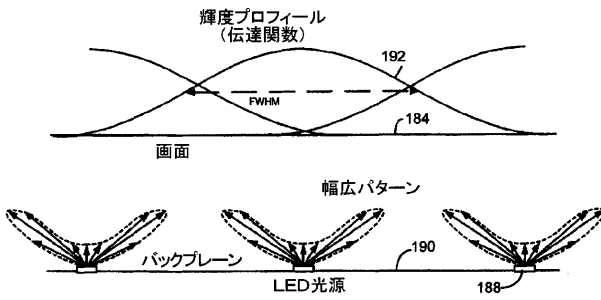
【図35】



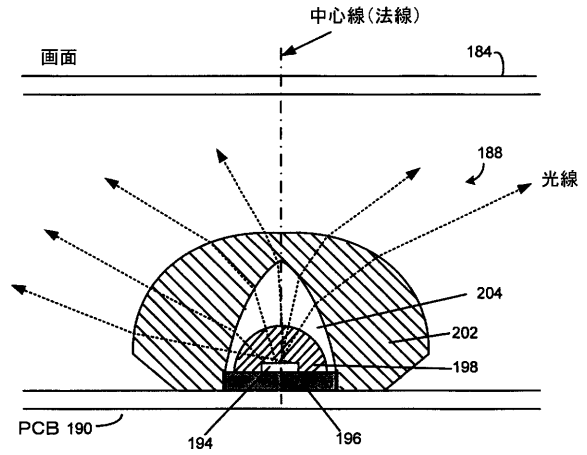
【図37】



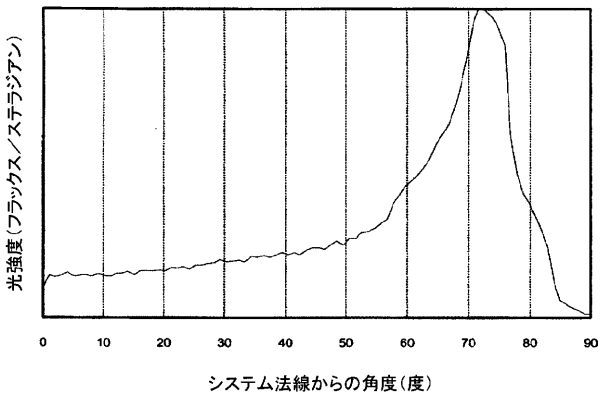
【図36】



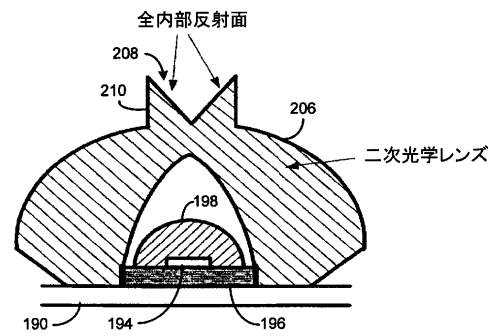
【図38】



【図39】



【図40】



フロントページの続き

- (72)発明者 ウィーレム ハー スミッツ
オランダ 5504 ベーバー フェルドホーフェン クロムストラート 55
- (72)発明者 ロベルト エフ エム ヘンドリックス
オランダ 5371 ペーエヌ オーフェルランゲル オーフェルランゲルセウェッヒ 4
- (72)発明者 グリゴリー ベイシン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94121 サンフランシスコ トゥエンティフォース ア
ベニュー 526
- (72)発明者 フランス ハー コニイン
オランダ 1271 エルヘー ハイゼン ドクトル レイラーン 21
- (72)発明者 ロバート スコット ウェスト
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95037 モーガン ヒル キャンター ドライヴ 27
35
- (72)発明者 ポール エス マーティン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94588 プレザントン フェアオークス ドライヴ 7
665
- (72)発明者 ジェラルド ハーバース
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94087 サニーヴェイル シェラトン ドライヴ 64
8

Fターム(参考) 2H042 AA02 AA03 AA05 AA26 BA01 BA04 BA08 BA09 BA14 BA20

【外国語明細書】

WIDE EMITTING LENS FOR LED USEFUL FOR BACKLIGHTING

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

This is a continuation –in-part (CIP) of U.S. Application Serial No. 11/069,418, filed February 28, 2005, by Grigoriy Basin et al., entitled “Overmolded Lens Over LED Die,” which is a CIP of U.S. Application Serial No. 10/990,208, filed November 15, 2004, by Grigoriy Basin et al., entitled “Molded Lens Over LED Die.”

FIELD OF THE INVENTION

This invention relates to light emitting diodes (LEDs) and, in particular, to certain lens designs and a technique for forming a lens over an LED die.

BACKGROUND

LED dies typically emit light in a lambertian pattern. It is common to use a lens over the LED die to narrow the beam or to make a side-emission pattern. A common type of lens for a surface mounted LED is preformed molded plastic, which is bonded to a package in which the LED die is mounted. One such lens is shown in U.S. Patent No. 6,274,924, assigned to Lumileds Lighting and incorporated herein by reference.

SUMMARY

A technique for forming a lens for surface mounted LEDs is described herein along with various designs of lenses. One particularly useful lens creates a wide emission pattern

so that light from multiple LEDs in a backlight is thoroughly mixed to create a homogenous light source in a liquid crystal display (LCD) backlight.

In one method for forming lenses, one LED die or multiple LED dice are mounted on a support structure. The support structure may be a ceramic substrate, a silicon substrate, or other type of support structure with the LED dice electrically connected to metal pads on the support structure. The support structure may be a submount, which is mounted on a circuit board or a heat sink in a package.

A mold has indentations in it corresponding to the positions of the LED dice on the support structure. The indentations are filled with a liquid, optically transparent material, such as silicone, which when cured forms a hardened lens material. The shape of the indentations will be the shape of the lens. The mold and the LED dice/support structure are brought together so that each LED die resides within the liquid lens material in an associated indentation.

The mold is then heated to cure (harden) the lens material. The mold and the support structure are then separated, leaving a complete lens over each LED die. This general process will be referred to as overmolding.

The overmolding process may be repeated with different molds to create concentric or overlapping shells of lenses. Each lens may have a different property, such as containing a phosphor, being a different material, providing a different radiation pattern, having a different hardness value, having a different index of refraction, or curable by a different technique (e.g., UV vs. heat).

In another embodiment, a secondary lens is secured over an overmolded lens. The overmolded lens simplifies the design and fabrication of the secondary lens.

In another embodiment, a wide-emitting lens is described that does not require an overmolded lens.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig. 1 is a side view of four LED dice mounted on a support structure, such as a submount, and a mold for forming a lens around each LED die.

Fig. 2 is a side view of the LED dice being inserted into indentations in the mold filled with a liquid lens material.

Fig. 3 is a side view of the LED dice removed from the mold after the liquid has been cured, resulting in a lens encapsulating each LED die.

Fig. 4 is a perspective view of an array of LED dice on a submount or circuit board with a molded lens formed over each LED die.

Fig. 5 is a close-up side view of a flip-chip LED die mounted on a submount, which is, in turn, mounted on a circuit board, and where a molded lens is formed over the LED die.

Fig. 6 is a close-up side view of a non-flip-chip LED die mounted on a submount, which is, in turn, mounted on a circuit board, where wires electrically connect n and p metal on the LED die to leads on the circuit board, and where a molded lens is formed over the LED die.

Figs. 7, 8, 9, 10, and 11 are cross-sectional views of an LED die with different lenses formed over it.

Fig. 12 is a cross-sectional view of a side-emitting lens molded onto the LED die using the inventive techniques.

Fig. 13 is a cross-sectional view of a collimating lens molded onto the LED die using the inventive techniques.

Fig. 14 is a cross-sectional view of a preformed side-emitting lens affixed over a lambertian lens that has been molded onto the LED die using the inventive techniques.

Fig. 15 is a cross-sectional view of a backlight for a liquid crystal display or other type of display using the LED and side-emitting lens of Fig. 14.

Fig. 16 is a perspective view of a cell phone with a camera that uses as a flash an LED with a molded lens.

Figs. 17 and 18 are cross-sectional views of two types of molded lenses. All lenses shown are symmetrical about the center axis, although the invention may apply to non-symmetrical lenses as well..

Figs. 19-22 illustrate surface features on an inner lens or an outer shell lens for obtaining a desired emission pattern.

Fig. 23 illustrates the use of a high domed lens for a collimated emission pattern.

Figs. 24 and 25 illustrate the use of a hard outer lens and a soft inner lens to limit the stress on a wire bond.

Figs. 26-28 illustrate the use of an outer lens formed on various types of inner or intermediate lenses for a side-emitting pattern.

Fig. 29 illustrates another side-emitting molded lens.

Fig. 30 illustrates the use of molded shells, each containing a different phosphor.

Fig. 31 illustrates forming a mold portion on the support substrate for forming a molded lens.

Fig. 32 illustrates depositing a metal reflector over a portion of the lens for achieving a desired emission pattern.

Fig. 33 is a side view of a liquid crystal display using LEDs with side-emitting lenses in a backlight.

Fig. 34 is a side view of a rear projection TV using LEDs with collimating lenses as a RGB light source.

Fig. 35 illustrates prior art LED emission patterns (Lambertian) and their overlapping brightness profiles on a screen.

Fig. 36 illustrates the wide angle emission patterns of LEDs using the inventive lens and their overlapping brightness profiles on a screen.

Fig. 37 shows more detail of the emission pattern of the LEDs in Fig. 36.

Fig. 38 is a cross-sectional view of an LED and a wide emitting lens in accordance with one embodiment of the invention.

Fig. 39 is a graph of light intensity vs. angle for the lens of Fig. 38.

Fig. 40 is a cross-sectional view of an LED and a wide emitting lens in accordance with another embodiment of the invention.

DETAILED DESCRIPTION

As a preliminary matter, a conventional LED is formed on a growth substrate. In the example used, the LED is a GaN-based LED, such as an AlInGaN LED, for producing blue or UV light. Typically, a relatively thick n-type GaN layer is grown on a sapphire growth substrate using conventional techniques. The relatively thick GaN layer typically includes a low temperature nucleation layer and one or more additional layers so as to provide a low-defect lattice structure for the n-type cladding layer and active layer. One or more n-type cladding layers are then formed over the thick n-type layer, followed by an active layer, one or more p-type cladding layers, and a p-type contact layer (for metallization).

Various techniques are used to gain electrical access to the n-layers. In a flip-chip example, portions of the p-layers and active layer are etched away to expose an n-layer for metallization. In this way the p contact and n contact are on the same side of the chip and can be directly electrically attached to the package (or submount) contact pads. Current from the n-metal contact initially flows laterally through the n-layer. In contrast, in a vertical injection (non-flip-chip) LED, an n-contact is formed on one side of the chip, and a p-contact is formed on the other side of the chip. Electrical contact to one of the p or n-contacts is typically made with a wire or a metal bridge, and the other contact is directly bonded to a package (or submount) contact pad. A flip-chip LED is used in the examples of Figs. 1-3 for simplicity.

Examples of forming LEDs are described in U.S. Patent Nos. 6,649,440 and 6,274,399, both assigned to Lumileds Lighting and incorporated by reference.

Optionally, a conductive substrate is bonded to the LED layers (typically to the p-layers) and the sapphire substrate is removed. One or more LED dice may be bonded to a submount, with the conductive substrate directly bonded to the submount, to be described in greater detail with respect to Figs. 5 and 6. One or more submounts may be bonded to a printed circuit board, which contains metal leads for connection to other LEDs or to a power supply. The circuit board may interconnect various LEDs in series and/or parallel.

The particular LEDs formed and whether or not they are mounted on a submount is not important for purposes of understanding the invention.

Fig. 1 is a side view of four LED dice 10 mounted on a support structure 12. The support structure may be a submount (e.g., ceramic or silicon with metal leads), a metal heat sink, a printed circuit board, or any other structure. In the present example, the support structure 12 is a ceramic submount with metal pads/leads.

A mold 14 has indentations 16 corresponding to the desired shape of a lens over each LED die 10. Mold 14 is preferably formed of a metal. A very thin non-stick film 18, having the general shape of mold 14, is placed over mold 14. Film 18 is of a well known conventional material that prevents the sticking of silicone to metal.

Film 18 is not needed if the lens material does not stick to the mold. This may be accomplished by using a non-stick mold coating, using a non-stick mold material, or using a mold process that results in a non-stick interface. Such processes may involve selecting certain process temperatures to obtain the minimum stick. By not using film 18, more complex lenses can be formed.

In Fig. 2, the mold indentions 16 have been filled with a heat-curable liquid lens material 20. The lens material 20 may be any suitable optically transparent material such as silicone, an epoxy, or a hybrid silicone/epoxy. A hybrid may be used to achieve a matching coefficient of thermal expansion (CTE). Silicone and epoxy have a sufficiently high index of

refraction (greater than 1.4) to greatly improve the light extraction from an AlInGaN or AlInGaP LED as well as act as a lens. One type of silicone has an index of refraction of 1.76.

A vacuum seal is created between the periphery of the support structure 12 and mold 14, and the two pieces are pressed against each other so that each LED die 10 is inserted into the liquid lens material 20 and the lens material 20 is under compression.

The mold is then heated to about 150 degrees centigrade (or other suitable temperature) for a time to harden the lens material 20.

The support structure 12 is then separated from mold 14. Film 18 causes the resulting hardened lens to be easily released from mold 14. Film 18 is then removed.

In another embodiment, the LED dice 10 in Fig. 1 may be first covered with a material, such as silicone or phosphor particles in a binder. The mold indentations 16 are filled with another material. When the dice are then placed in the mold, the mold material is shaped over the covering material.

Fig. 3 illustrates the resulting structure with a molded lens 22 over each LED die 10. In one embodiment, the molded lens is between 1mm and 5mm in diameter. The lens 22 may be any size or shape.

Fig. 4 is a perspective view of a resulting structure where the support structure 12 supports an array of LED dice, each having a molded lens 22. The mold used would have a corresponding array of indentations. If the support structure 12 were a ceramic or silicon submount, each LED (with its underlying submount portion) can be separated by sawing or breaking the submount 12 to form individual LED dice. Alternatively, the support structure 12 may be separated/diced to support subgroups of LEDs or may be used without being separated/diced.

The lens 22 not only improves the light extraction from the LED die and refracts the light to create a desired emission pattern, but the lens also encapsulates the LED die to protect the die from contaminants, add mechanical strength, and protect any wire bonds.

Fig. 5 is a simplified close-up view of one embodiment of a single flip-chip LED die 10 on a submount 24 formed of any suitable material, such as a ceramic or silicon. In one embodiment, submount 24 acted as the support structure 12 in Figs. 1-4, and the die/submount of Fig. 5 was separated from the structure of Fig. 4 by sawing. The LED die 10 of Fig. 5 has a bottom p-contact layer 26, a p-metal contact 27, p-type layers 28, a light emitting active layer 30, n-type layers 32, and an n-metal contact 31 contacting the n-type layers 32. Metal pads on submount 24 are directly metal-bonded to contacts 27 and 31. Vias through submount 24 terminate in metal pads on the bottom surface of submount 24, which are bonded to the metal leads 40 and 44 on a circuit board 45. The metal leads 40 and 44 are connected to other LEDs or to a power supply. Circuit board 45 may be a metal plate (e.g., aluminum) with the metal leads 40 and 44 overlying an insulating layer. The molded lens 22, formed using the technique of Figs. 1-3, encapsulates the LED die 10.

The LED die 10 in Fig. 5 may also be a non-flip-chip die, with a wire connecting the top n-layers 32 to a metal pad on the submount 24. The lens 22 may encapsulate the wire.

In one embodiment, the circuit board 45 itself may be the support structure 12 of Figs. 1-3. Such an embodiment is shown in Fig. 6. Fig. 6 is a simplified close-up view of a non-flip-chip LED die 10 having a top n-metal contact 34 connected to a metal lead 40 on circuit board 45 by a wire 38. The LED die 10 is mounted on a submount 36, which in the example of Fig. 6 is a metal slab. A wire 42 electrically connects the p-layers 26/28 to a metal lead 44 on circuit board 45. The lens 22 is shown completely encapsulating the wires and submount 36; however, in other embodiments the entire submount or the entire wire need not be encapsulated.

A common prior art encapsulation method is to spin on a protective coating. However, that encapsulation process is inappropriate for adding a phosphor coating to the LED die since the thickness of the encapsulant over the LED die is uneven. Also, such encapsulation methods do not form a lens. A common technique for providing a phosphor over the LED die is to fill a reflective cup surrounding the LED die with a silicone/phosphor composition. However, that technique forms a phosphor layer with varying thicknesses and

does not form a suitable lens. If a lens is desired, additional processes still have to create a plastic molded lens and affix it over the LED die.

Figs. 7-11 illustrate various lenses that may be formed using the above-described techniques.

Fig. 7 illustrates an LED die 10 that has been coated with a phosphor 60 using any suitable method. One such method is by electrophoresis, described in U.S. Patent No. 6,576,488, assigned to Lumileds Lighting and incorporated herein by reference. Suitable phosphors are well known. A lens 22 is formed using the techniques described above. The phosphor 60 is energized by the LED emission (e.g., blue or UV light) and emits light of a different wavelength, such as green, yellow, or red. The phosphor emission alone or in conjunction with the LED emission may produce white light.

Processes for coating an LED with a phosphor are time-consuming. To eliminate the process for coating the LED die with a phosphor, the phosphor powder may be mixed with the liquid silicone so as to become embedded in the lens 62, shown in Fig. 8.

As shown in Fig. 9, to provide a carefully controlled thickness of phosphor material over the LED die, an inner lens 64 is formed using the above-described techniques, and a separate molding step (using a mold with deeper and wider indentations) is used to form an outer phosphor/silicone shell 66 of any thickness directly over the inner lens 64.

Fig. 10 illustrates an outer lens 68 that may be formed over the phosphor /silicone shell 66 using another mold to further shape the beam.

Fig. 11 illustrates shells 70, 72, and 74 of red, green, and blue-emission phosphors, respectively, overlying clear silicone shells 76, 78, and 80. In this case, LED die 10 emits UV light, and the combination of the red, green, and blue emissions produces a white light. All shells are produced with the above-described methods.

Many other shapes of lenses can be formed using the molding technique described above. Fig. 12 is a cross-sectional view of LED 10, submount 24, and a molded side-emitting lens 84. In one embodiment, lens 84 is formed of a very flexible material, such as

silicone, which flexes as it is removed from the mold. When the lens is not a simple shape, the release film 18 (Fig. 1) will typically not be used.

Fig. 13 is a cross-sectional view of LED 10, submount 24, and a molded collimating lens 86. The lens 86 can be produced using a deformable mold or by using a soft lens material that compresses when being pulled from the mold and expands to its molded shape after being released from the mold.

Fig. 14 illustrates how a preformed lens 88 can be affixed over a molded lambertian lens 22. In the example of Fig. 14, lens 22 is formed in the previously described manner. Lens 22 serves to encapsulate and protect LED 10 from contaminants. A preformed side-emitting lens 88 is then affixed over lens 22 using a UV curable adhesive or a mechanical clamp. This lens-forming technique has advantages over conventional techniques. In a conventional technique, a preformed lens (e.g., a side emitting lens) is adhesively affixed over the LED die, and any gaps are filled in by injecting silicone. The conventional process is difficult to perform due to, among other reasons, carefully positioning the separated die/submount for the lens placement and gap-filling steps. Using the inventive technique of Fig. 14, a large array of LEDs (Fig. 4) can be encapsulated simultaneously by forming a molded lens over each. Then, a preformed lens 88 can be affixed over each molded lens 22 while the LEDs are still in the array (Fig. 4) or after being separated.

Additionally, the molded lens can be made very small (e.g., 1-2mm diameter), unlike a conventional lens. Thus, a very small, fully encapsulated LED can be formed. Such LEDs can be made to have a very low profile, which is beneficial for certain applications.

Fig. 14 also shows a circuit board 45 on which submount 24 is mounted. This circuit board 45 may have mounted on it an array of LEDs/submounts 24.

Fig. 15 is a cross-sectional view of a backlight for a liquid crystal display (LCD) or other display that uses a backlight. Common uses are for televisions, monitors, cellular phones, etc. The LEDs may be red, green, and blue to create white light. The LEDs form a two-dimensional array. In the example shown, each LED structure is that shown in Fig. 14, but any suitable lens may be used. The bottom and sidewalls 90 of the backlight box are

preferably coated with a white reflectively-diffusing material. Directly above each LED is a white diffuser dot 92 to prevent spots of light from being emitted by the backlight directly above each LED. The dots 92 are supported by a transparent or diffusing PMMA sheet 94. The light emitted by the side-emitting lenses 88 is mixed in the lower portion of the backlight, then further mixed in the upper portion of the backlight before exiting the upper diffuser 96. Linear arrays of LEDs may be mounted on narrow circuits boards 45.

Fig. 16 illustrates an LED 10 with a molded lens 22 being used as a flash in a camera. The camera in Fig. 16 is part of a cellular telephone 98. The cellular telephone 98 includes a color screen 100 (which may have a backlight using the LEDs described herein) and a keypad 102.

As discussed with respect to Fig. 10, an outer lens may be formed over the inner shell to further shape the beam. Different shell materials may be used, depending on the requirements of the various shells. Figs. 17-30 illustrate examples of various lenses and materials that may be used in conjunction with the overmolding process.

Figs. 17 and 18 illustrate two shapes of molded lenses for an inner shell formed using the molding techniques described above. Many LEDs 10 may be mounted on the same support structure 12. The support structure 12 may be a ceramic or silicon submount with metal traces and contact pads, as previously described. Any number of LEDs may be mounted on the same support structure 12, and all LEDs on the same support structure 12 would typically be processed in an identical manner, although not necessarily. For example, if the support structure were large and the light pattern for the entire LED array were specified, each LED lens may differ to provide the specified overall light pattern.

An underfill material may be injected to fill any gap between the bottom of the LED die 10 and the support substrate 12 to prevent any air gaps under the LED and to improve heat conduction, among other things.

Fig. 17 has been described above with respect to Figs. 3-6, where the inner molded lens 22 is generally hemispherical for a lambertian radiation pattern. The inner molded lens 106 in Fig. 18 is generally rectangular with rounded edges. Depending on the radiation

pattern to be provided by an outer lens, one of the inner molded lenses 22 or 106 may be more suitable. Other shapes of inner molded lenses may also be suitable. The top down view of each lens will generally be circular.

Fig. 19 illustrates the structure of Fig. 18 with the lens outer surface having a pattern that refracts light to achieve a desired radiation pattern. The outer surface pattern may be directly formed in the inner molded lens (by the mold itself), or the outer surface pattern may be formed in an outer lens that is overmolded onto the inner molded lens or is affixed to it by an adhesive (e.g., silicone, epoxy, etc.). Pattern 108 is a diffraction grating, while pattern 110 uses binary steps to refract the light. In the examples, the pattern forms a generally side-emitting lens with the radiation pattern shown in Fig. 20. In Fig. 20, the peak intensity occurs within 50-80 degrees and is significantly greater than the intensity at 0 degrees.

The requirements for the inner lens are generally different from the requirements for the outer lens. For example, the inner lens should have good adhesion to the support structure, not yellow or become more opaque over time, have a high index of refraction (greater than 1.4), not break or stress any wires to the LED, withstand the high LED temperatures, and have a compatible thermal coefficient. The inner lens should be non-rigid (e.g., silicone) to not provide stress on the LED or any wires. In contrast, the outer lens material generally only needs to be able to be patterned with the desired pattern and adhere to the inner lens. The outer lens may be overmolded or may be preformed and adhesively affixed to the inner lens. The material for the outer lens may be UV curable, while the material for the inner lens may be thermally cured. Thermal curing takes longer than UV curing.

Generally, the range of hardness for the inner lens material is Shore 00 5-90, while the range of hardness for the outer shell(s) is Shore A 30 or more.

Fig. 21 illustrates a Fresnel lens pattern 112 formed on the outer surface of the lens for creating a generally side-emitting light pattern similar to that of Fig. 20. The outer surface may be the outer surface of the inner molded lens or the outer surface of an outer shell, as described with respect to Fig. 19. This applies to all patterns described herein.

Fig. 22 illustrates pyramid 114 or cone shaped 116 patterns on the outer lens surface to create a collimating light pattern or another light pattern.

Fig. 23 illustrates a high dome outer lens 118 for creating a collimating pattern.

The surface patterns of Figs. 19 and 21-23 may be configured (e.g., by changing the surface angles) to create any light pattern. Holographic structures, TIR, and other patterns may be formed. Collimating light patterns are typically used for rear projection TVs, while side-emitting light patterns are typically used for backlighting LCD screens.

Fig. 24 illustrates the use of a soft (e.g, Shore XX) material, such as a silicone gel, as the inner molded lens 124 so as to not stress the wire 126 bonded to the LED 10. The gel is typically UV cured. The outer lens 128 may be molded or preformed and affixed with an adhesive. The outer lens 128 will typically be much harder for durability, resistance to particles, etc. The outer lens 128 may be silicone, epoxy-silicone, epoxy, silicone elastomers, hard rubber, other polymers, or other material. The outer lens may be UV or thermally cured.

Fig. 25 is similar to Fig. 24 but with a different shaped inner molded lens 129 (like Fig. 18) for a different emission pattern or a lower profile. Lens 129 may be a soft silicone gel. The outer lens 130 will further shape the emission pattern and protect the soft inner lens 129.

The LEDs in all figures may be flip-chips or wire bonded types.

Fig. 26 illustrates an LED structure with a soft inner molded lens 132, having the properties needed for the inner lens, a hard intermediate shell 134 to act as an interface layer and for structural stability, and an outer lens 136 for creating a side-emitting light pattern. The outer lens 136 may be soft to facilitate the molding process. Alternatively, the outer lens 136 may be preformed and adhesively affixed to the intermediate shell 134. The use of the intermediate shell 134 makes the choice of the outer lens material essentially independent of the inner lens material.

Fig. 27 illustrates how the outer lens 138 may be formed on any portion of the intermediate shell 134 or inner lens 132.

Fig. 28 illustrates the formation of the outer lens 142 directly on the inner lens 144 material.

Fig. 29 illustrates another shape of side-emitting lens 145 molded over an inner lens 132. Lens 145 may be directly molded over LED die 10 without any inner lens.

Fig. 30 illustrates an LED where each shell 146, 147, and 148 contains a different phosphor material, such as a red-emitting phosphor, a green-emitting phosphor, and a blue-emitting phosphor. The LED die 10 may emit UV. The gaps between phosphor particles allow the UV to pass through an inner shell to energize the phosphor in an outer shell. Alternatively, only red and green phosphor shells are used, and the LED die 10 emits blue light. The combination of red, green, and blue light create white light. The thickness of the shells, the density of the phosphor particles, and the order of the phosphor colors, among other things, can be adjusted to obtain the desired light. Any shape of lenses may be used.

Fig. 31 illustrates the use of a mold pattern 149 on the support structure 12 itself. A high index material (e.g., a polymer) or a reflective material (e.g., aluminum or silver) is formed by either molding the pattern on the support structure 12, using a method similar to the method shown in Fig. 1, or using a metallization process, or using another suitable process. The mold pattern 149 is then used as a mold for another material forming a lens 150. In one embodiment, the lens 150 material is a liquid (e.g., silicone) that is deposited in the mold formed on the support structure 12, then cured. The surface may then be planarized. The resulting lens collimates the light by reflecting/refracting the light impinging on the walls like a reflector cup.

Fig. 32 illustrates a molded lens 22 with metal 151 sputtered around its side to reflect light emitted by the LED 10. The reflected light will be scattered by the LED 10 and be eventually emitted through the top opening. The metal 151 may be any reflective material such as aluminum or silver. The metal may instead be sputtered on the top of the lens 22 to create a side-emission pattern. The lens 22 may be made any shape to create the desired light emission pattern.

Fig. 33 is a side view of a liquid crystal display (LCD) 152 with an LCD screen 154, having controllable RGB pixels, a diffuser 156, and a backlight 158 for mixing light from red, green, and blue LEDs 160 to create white light. The backlight 158 is a diffusively reflective box. The LEDs 160 have side-emitting lenses made using any of the above-described techniques.

Fig. 34 is a side view of a rear projection television 162 with a front lens 164 for brightening the image within a specified viewing angle, a set of red, green, and blue LEDs 166, modulator/optics 170 for modulating and focusing the RGB light to produce a color TV image, and a reflector 172. The modulator may be an array of controllable mirrors, an LCD panel, or any other suitable device. The LEDs 166 have collimating lenses made using any of the above-described techniques.

As described above, the primary lens or secondary lens can be designed to create a side-emitting pattern. Such a side emitting pattern is particularly useful when light from multiple LEDs is intended to be mixed, such as when light from multiple LEDs is for creating a uniform backlight for an LCD panel, or for decorative lighting, or for another use.

As shown in Fig. 35, LEDs 180, without lenses or with only hemispherical lenses, mounted on a backplane 182 will typically emit light in a Lambertian pattern 183. The array of LEDs 180 illuminates the back of a diffusive screen 184. The screen 184 may be the diffuser 156 in the LCD backlight of Fig. 33. The diffused brightness profile 185 of each LED and its Full Width At Half Maximum (FWHM) are also shown. The overall light output at the front of the screen 184 will have noticeable bright spots unless the LEDs are placed close enough together. Therefore, such a backlight requires a relatively high density of LEDs, resulting in an expensive backlight.

Applicants have invented a wide-emitting lens, shown in Figs. 36-38, that is particularly useful in a backlight. In Fig. 36, LEDs 188 with the wide-emitting lenses are shown mounted to a backplane 190. The peak light emission (I_{peak}) for each LED die occurs within 50-80 degrees off the center axis (normal), as shown in Fig. 37. A range between 70-80 degrees is preferred. The lens is designed so that the light emission (I_0) along the center axis is 5%-33% of the peak emission. Accordingly, the brightness profile 192 for

each LED is more spread out as compared to the brightness profile 185 in Fig. 35. Therefore, the LED 188 pitch in the backlight of Fig. 36 can be larger than the LED 180 pitch in Fig. 35 while achieving the same light output uniformity from the diffusive screen 184. This results in a less expensive backlight.

The brightness profile should have no sharp transitions like those that typically appear with funnel shaped lenses at the center cusp.

The optimum ratio of the center axis intensity to the 50-80 degree peak intensity will depend on the application, such as the pitch of the LEDs needed to achieve the specified brightness of the backlight. The peak intensity is at least three times the intensity along the center axis and, in the embodiment of Fig. 37, the ratio is between 4-8.

Fig. 38 is a cross-sectional view of one embodiment of a wide-emitting lens with the characteristics described above. An LED die 194 is mounted on a substrate or submount 196 made of ceramic, silicon, or other material, as described with respect to Figs. 1-6, and a first lens 198 is molded over the LED die 194 as described with respect to Figs. 1-6. Multiple dies may be mounted on a single large submount. Lens 198 may be formed of any suitable material such as silicone.

The submount 196 is then separated out and then mounted on a backplane 190 (a PCB) by a solder reflow technique or other suitable technique.

A secondary lens 202 is preformed to have the desired wide-emitting characteristics. The secondary lens may be injection-molded or machined plastic or other material. Such materials include COC, COP, PMMA, epoxy, silicone, glass, or any other suitable material. The secondary lens 202 is then mounted to overlie the first lens 198 and contact the backplane 190 for support. An air gap 204 (or other low index of refraction material gap) creates an internal refractive interface that bends light towards the sides. The interface of the outer surface of the secondary lens 202 with air further bends the light to achieve the peak intensity within 50-80 degrees. The secondary lens 202 may directly contact the first lens 198; however, the shape of the secondary lens 202 would have to be changed to achieve the same wide-emitting pattern.

In another embodiment, the secondary lens 202 contacts and is supported by the submount 196 rather than the backplane 190.

The secondary lens 202 may be fixed to the backplane or the submount with an adhesive such as epoxy or may be affixed with a snap-tab connection.

By fixing the secondary lens 202 referenced to the submount, slightly better control over the light emission is achieved as compared to fixing the secondary lens 202 referenced to the backplane because the height of the LED and first lens 198 above the backplane may vary slightly with the mounting parameters.

The aspherical secondary lens 202 with the aspherical dome internal air gap is a simple design that is easily molded. The lens 202 is undercut near the backplane 190 to reflect light upward at the undercut surface so that light is not emitted downward toward the backplane 190. This avoids light rings and increases the backlight's light output.

Fig. 39 shows the light intensity vs. angle for the LED of Fig. 38. The peak intensity is approximately 72 degrees, and the intensity along the center axis is approximately 10% of the peak intensity.

In another embodiment, the surface of the secondary lens 202 contains microstructures, as described with respect to Figs. 19, 21, and 22, that further refract the light to achieve the desired emission pattern.

Fig. 40 is a cross-sectional view of an LED 194 with a lens 206 that has a total internal reflection (TIR) portion 208. The TIR portion 208 is funnel-shaped. The TIR portion 208 causes most light emitted upward to be internally reflected and emitted through the side portions 210. Such a design is useful to reduce the intensity along the central axis while still providing a peak intensity within 50-80 degrees and an intensity along the central axis between 5-33% of the peak intensity. Any of the lens embodiments may be employed in the backlight of Fig. 33.

The secondary lenses in Figs. 38 and 40 and in other figures may also be used over an LED die without a molded first lens. However, use with the molded first lens is preferable to protect the LED. The diameter of the secondary lens will typically range between 4-10 mm.

While particular embodiments of the present invention have been shown and described, it will be obvious to those skilled in the art that changes and modifications may be made without departing from this invention in its broader aspects and, therefore, the appended claims are to encompass within their scope all such changes and modifications as fall within the true spirit and scope of this invention.

CLAIMS

What is claimed is:

1. A light emitting diode (LED) structure comprising:

an LED die having a center axis; and

a lens fixed with respect to the LED die, the lens refracting light emitted by the LED die to cause a peak intensity to occur within 50-80 degrees off the center axis and an intensity along the center axis to be between 5% and 33% of the peak intensity.
2. The structure of Claim 1 wherein light emitted from the LED structure has a brightness profile, the lens not creating any sharp intensity transitions around the center axis.
3. The structure of Claim 1 wherein the peak intensity occurs within 70-80 degrees off the center axis.
4. The structure of Claim 1 wherein the peak intensity occurs within 70-80 degrees off the center axis and the intensity along the center axis is 5-15% of the peak intensity.
5. The structure of Claim 1 wherein the lens comprises an aspherical outer surface and an aspherical dome shaped inner surface.
6. The structure of Claim 1 wherein the lens comprises an aspherical outer surface with a total internal reflection (TIR) portion for reducing light intensity near the center axis.
7. The structure of Claim 1 wherein the lens has a hollow portion for forming a low index of refraction material gap between the LED die and the lens, the gap creating a refractive interface that bends light away from the center axis.
8. The structure of Claim 7 wherein the gap contains air as the low index of refraction material.

9. The structure of Claim 1 wherein the lens is a secondary lens, the structure further comprising a first lens between the LED die and the secondary lens.
10. The structure of Claim 9 wherein the first lens is generally hemispherical.
11. The structure of Claim 9 wherein the first lens is a lens molded directly over the LED die and encapsulates the LED die.
12. The structure of Claim 9 wherein there is a gap between the first lens and the secondary lens, the gap creating a refractive interface that bends light away from the center axis.
13. The structure of Claim 12 wherein the gap is a dome shaped air gap.
14. The structure of Claim 9 wherein the first lens is silicone and the secondary lens is plastic.
15. The structure of Claim 1 further comprising:
 - a submount on which the LED die is mounted;
 - a printed circuit board on which the submount is mounted;
 - wherein the lens directly contacts the printed circuit board and surrounds the submount.
16. The structure of Claim 1 further comprising:
 - a submount on which the LED die is mounted;
 - a printed circuit board on which the submount is mounted;
 - wherein the lens directly contacts the submount and surrounds the LED die.
17. The structure of Claim 1 wherein the lens has a pattern molded into its surface for affecting an emitted light pattern.

18. The structure of Claim 17 wherein the pattern comprises a Fresnel lens, a diffraction grating, a binary pattern, pyramids, or cones.
19. The structure of Claim 1 further comprising:
 - a backlight incorporating the LED die and lens; and
 - a liquid crystal display panel for being illuminated by the backlight.
20. A light emitting diode (LED) structure comprising:
 - an LED die having a center axis;
 - a first lens encapsulating the LED die; and
 - a secondary lens surrounding the first lens and LED die, the secondary lens having a hollow portion forming an air gap between the first lens and the secondary lens, the gap creating a refractive interface that bends light away from the center axis.
21. The structure of Claim 20 wherein the secondary lens and air gap refract light emitted by the LED die to cause a peak intensity of light emitted by the LED structure to occur within 50-80 degrees off the center axis and an intensity along the center axis to be between 5% and 33% of the peak intensity.
22. The structure of Claim 20 wherein the gap is dome shaped.
23. The structure of Claim 20 wherein the first lens is a lens molded directly over the LED die.
24. A light emitting diode (LED) structure comprising:
 - an LED die;
 - a submount on which the LED die is mounted;
 - a printed circuit board on which the submount is mounted; and

a lens fixed with respect to the LED die, the lens refracting light emitted by the LED die, wherein the lens directly contacts the printed circuit board and surrounds the submount.

25. The structure of Claim 24 wherein the lens is a secondary lens, the structure further comprising a first lens between the LED die and the secondary lens.

26. The structure of Claim 25 wherein the first lens is generally hemispherical.

27. The structure of Claim 25 wherein the first lens is a lens molded directly over the LED die and encapsulates the LED die.

28. A method for forming light emitting diode (LED) structure comprising:

providing an LED die having a center axis;

molding a first lens directly over the LED die to encapsulate the LED die; and

affixing a secondary lens over the first lens, the secondary lens having a hollow portion forming an air gap between the first lens and the secondary lens, the gap creating a refractive interface that bends light away from the center axis,

the secondary lens refracting light emitted by the LED die to cause a peak intensity to occur within 50-80 degrees off the center axis and an intensity along the center axis to be between 5% and 33% of the peak intensity.

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

Lenses and certain fabrication techniques are described. A wide-emitting lens refracts light emitted by an LED die to cause a peak intensity to occur within 50-80 degrees off the center axis and an intensity along the center axis to be between 5% and 33% of the peak intensity. The lens is particularly useful in a LCD backlighting application. In one embodiment, the lens is affixed to the backplane on which the LED die is mounted and surrounds the LED die. The lens has a hollow portion that forms an air gap between the LED die and the lens, where the light is bent towards the sides both at the air gap interface and the outer lens surface interface. The lens may be a secondary lens surrounding an interior lens molded directly over the LED die.

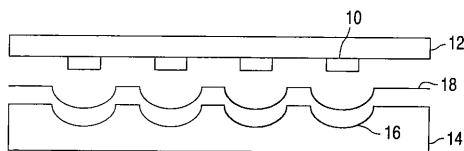


FIG. 1

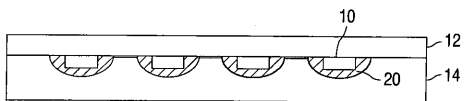


FIG. 2

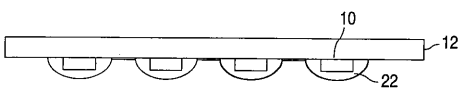


FIG. 3

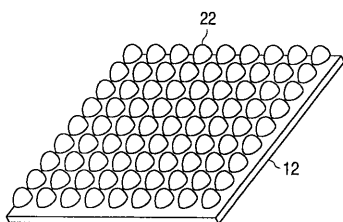


FIG. 4

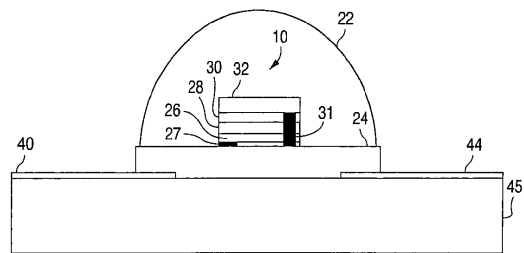


FIG. 5

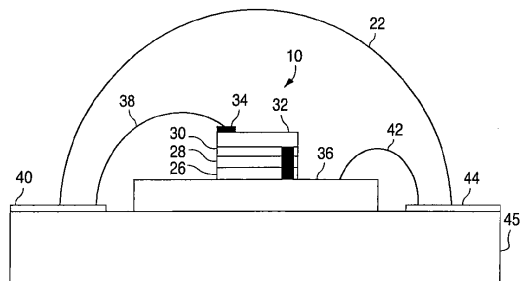


FIG. 6

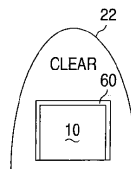


FIG. 7

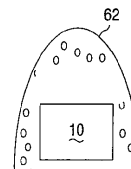


FIG. 8

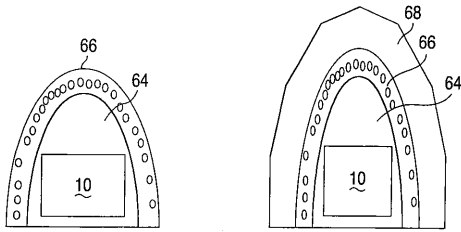


FIG. 9

FIG. 10

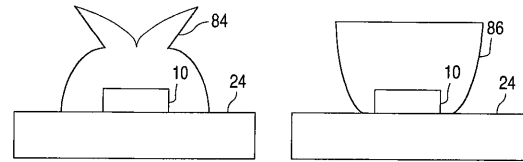


FIG. 12

FIG. 13

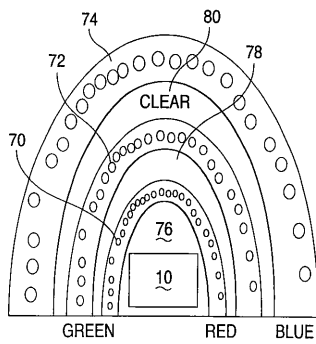


FIG. 11

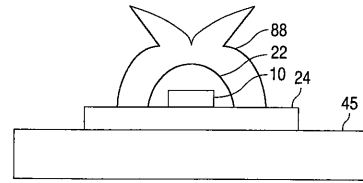


FIG. 14

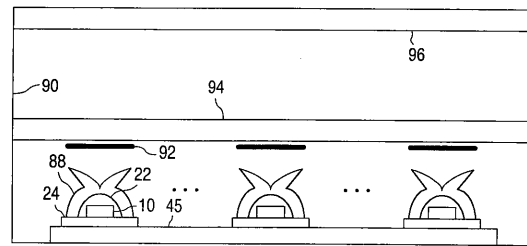


FIG. 15

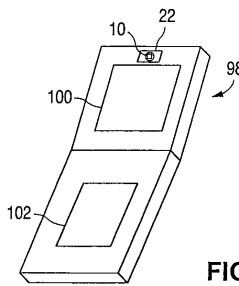


FIG. 16

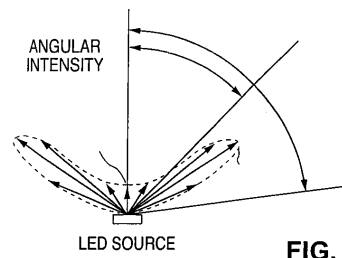


FIG. 20

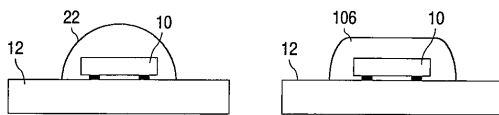


FIG. 17

FIG. 18

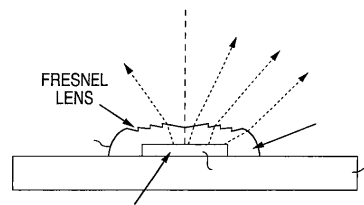


FIG. 21

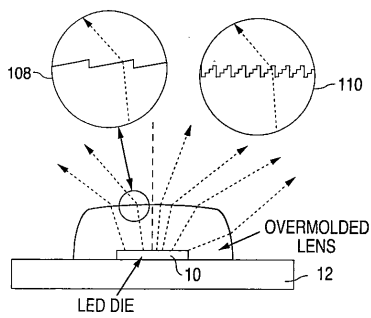


FIG. 19

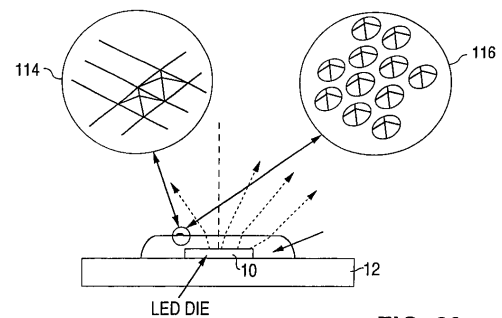


FIG. 22

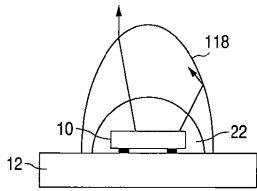


FIG. 23

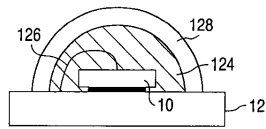


FIG. 24

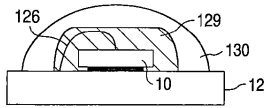


FIG. 25

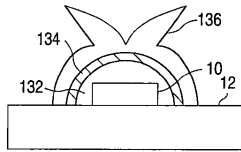


FIG. 26

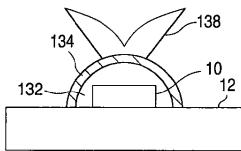


FIG. 27

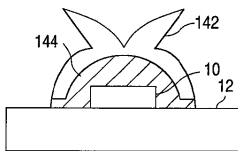


FIG. 28

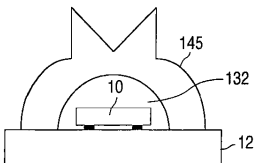


FIG. 29

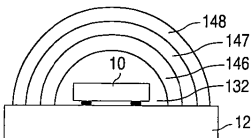


FIG. 30

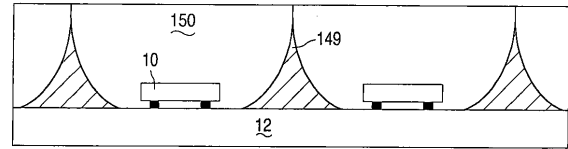


FIG. 31

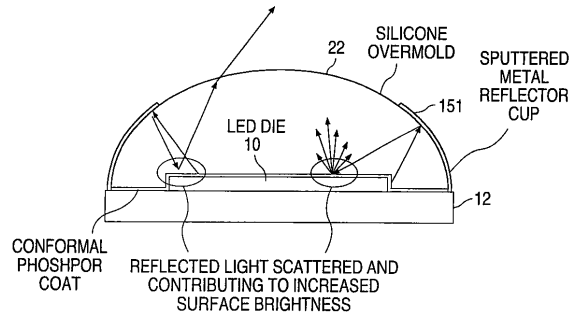


FIG. 32

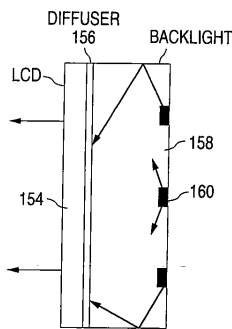


FIG. 33

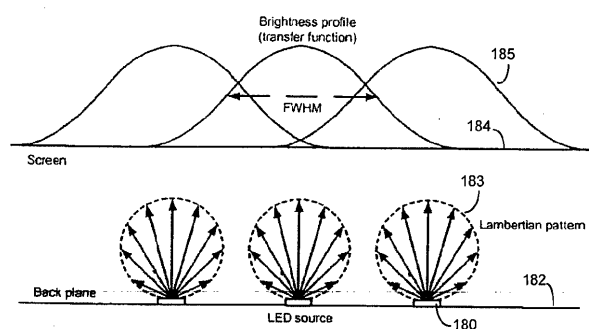


Fig. 35 (Prior Art)

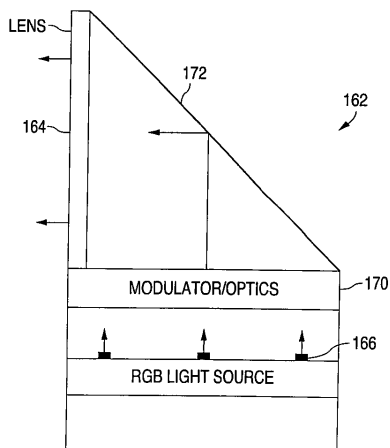


FIG. 34

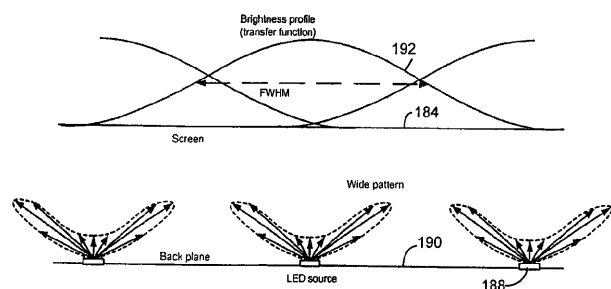


FIG. 36

