(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3999268号
(P3999268)
(45)発行日　平成19年10月31日(2007.10.31)　(24)登録日　平成19年8月17日(2007.8.17)

(51)Int.Cl.		F I		
H01S 5/183	(2006.01)	H01S	5/183	
F21S 8/04	(2006.01)	F21S	1/02	G
H01S 5/026	(2006.01)	H01S	5/026	
H04B 10/00	(2006.01)	H04B	9/00	A
H04B 10/22	(2006.01)			

請求項の数 7　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願平9-517340
(86)(22)出願日　平成8年10月2日(1996.10.2)
(65)公表番号　特表2001-520801(P2001-520801A)
(43)公表日　平成13年10月30日(2001.10.30)
(86)国際出願番号　PCT/US1996/015822
(87)国際公開番号　WO1997/016679
(87)国際公開日　平成9年5月9日(1997.5.9)
審査請求日　平成14年10月8日(2002.10.8)
(31)優先権主張番号　08/548,346
(32)優先日　平成7年11月1日(1995.11.1)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　506098789
アバゴ・テクノロジーズ・ファイバー・アイピー（シンガポール）プライベート・リミテッド
シンガポール国シンガポール７６８９２３，イーシュン・アベニュー・７・ナンバー１
(74)代理人　100087642
弁理士　古谷　聡
(74)代理人　100076680
弁理士　溝部　孝彦
(74)代理人　100121061
弁理士　西山　清春

最終頁に続く

(54)【発明の名称】照射用垂直共振器表面発光ダイオードレーザアレイ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数の垂直共振器表面発光ダイオードレーザチップと電源とを有する赤外線照射源であって、
前記複数の垂直共振器表面発光ダイオードレーザチップの各チップは、複数の垂直共振器表面発光ダイオードレーザ素子から構成され、該各チップ上の前記レーザ素子は、赤外光を放射するとともに、少なくとも並列に駆動可能なように互いに結合され、前記レーザ素子の直径は少なくとも２０μｍであり、該レーザ素子のそれぞれが、時間的コヒーレンスのない、互いに独立にフィラメントレーザ発光をする、複数のレーザ発光フィラメントを有し、
各チップが複数の独立したレーザとして動作するのに十分な距離だけ、隣接するレーザ素子が互いに隔置され、
前記電源は、前記チップに結合されて、前記レーザ素子に駆動電流を供給する、ことからなる赤外線照射源。
【請求項２】
各チップ上のレーザ素子が、他のチップ上のレーザ素子が発生するものとは異なる波長の赤外光を発生する、請求項１に記載の赤外線照射源。
【請求項３】
各チップ上のレーザ素子が、７００ｎｍから１０００ｎｍの範囲の波長の赤外光を発生する、請求項１または２に記載の赤外線照射源。

【請求項４】
少なくとも１０ＭＨｚの周波数で、レーザ素子を変調することが可能である、請求項１乃至３のいずれかに記載の赤外線照射源。
【請求項５】
前記チップと照射される物体との間に、レーザ素子の時間的コヒーレンスを低減する位相破壊光学系が配置されている、請求項１または２に記載の赤外線照射源。
【請求項６】
保安を目的とした赤外線照射を提供するために使用される、請求項１乃至５のいずれかに記載の赤外線照射源。
【請求項７】
各レーザ素子が、陰極接点と陽極接点を有しており、チップ上の全てのレーザ素子の陰極接点が共通であって、陽極接点が、少なくとも２つの独立した陽極グループを形成しており、レーザ素子への前記駆動電流を減少させることと、前記陽極グループの少なくとも１つに結合されたレーザ素子をターンオフさせることとを組み合わせることによって、前記赤外線照射源を減光することからなる、請求項１に記載の赤外線照射源。
【発明の詳細な説明】
発明の背景
本発明は、半導体発光素子の分野に関するものである。とりわけ、本発明は、発光ダイオード（「ＬＥＤ」）及び垂直共振器表面発光ダイオードレーザ（「ＶＣＳＥＬ」）に関するものである。
今日、世界で最大の電気の用途の１つは、住宅用、商業用、及び、公共用の照明である。ある見積もりによれば、全電気のほぼ３０～４０％が照明に用いられている。照明効率の大幅な向上によって、膨大な経済的利益がもたらされる潜在的可能性がある。
照明効率は２０世紀の前半において劇的に改善されたが、最近の２５年については、残念ながら、白熱電球及び蛍光灯のような既知の照明技術において比較的わずかな改善がされてきただけである。ＬＥＤだけは、この２０年間における改善が顕著であったが、ＬＥＤ当たりおよそ約１１ｍでは、単純に、面照明のための経済的な代替手段というわけにはいかない。
本発明の目的は、妥当なコストで変換効率を改善する新規の照明技術を提供することにある。
発明の要約
第１の実施例において、本発明は、それぞれ、８５０ｎｍ及び９８０ｎｍの波長の光を発生する、３０～１００のＧａＡｌＡｓまたはＧａＩｎＡｓのＶＣＳＥＬによる２次元アレイから構成される。個々のＶＣＳＥＬは、単一電流源から並列に駆動される。目を損傷する可能性を防止するため、各レーザは、発生するパワー量は比較的小さく、この場合、３ｍＷとしている。このＶＣＳＥＬアレイは、ＩｒＤＡ規格のような赤外（「ＩＲ」）無線通信に利用することが可能であるが、ＬＥＤを利用して得ることが可能な速度より高速である。赤外線（ＩＲ）ローカルエリアネットワーク（「ＬＡＮ」）またはインタラクティブＴＶも、本発明のこの実施例を利用することが可能である。
第２の実施例の場合、単一ハウジング内に一緒に組み付けられ、各アレイが異なる可視光波長で動作する、複数のＶＣＳＥＬが、個々のＶＣＳＥＬ素子当たりのパワーを小さくして、並列に駆動される。個々のＶＣＳＥＬアレイの異なる波長によって、色度図のスペクトル範囲の境界線がカバーされるので、極めて効率の高い白色面照明源が得られる。
これらの実施例について、リストアップした、以下で説明する図面を参照して、これから詳述する。
【図面の簡単な説明】
図１は、ＩＲ通信に用いられる本発明の第１の実施例を示す図である。
図２は、面照明素子に用いられる本発明の第２の実施例を示す図である。
図３は、本発明の第２の実施例を既知の照明システムに適合するパッケージに組み込む方法を示す図である。

好ましい実施例の詳細な説明

ＶＣＳＥＬ及びその製造方法は既知のところである。例えば、米国特許第５，３５９，６１８号及び第５，１６４，９４９号を参照されたい。データ表示用にＶＣＳＥＬを２次元アレイに形成することも既知のところである。米国特許第５，３２５，３８６号及び第５，０７３，０４１号を参照されたい。

最近になって，Ｓａｎｄｉａ　Ｎａｔｉｏｎａｌ　Ｌａｂｏｒａｔｏｒｉｅｓが、電力から光束への変換効率が５０％（５ｍＡの電流及び２Ｖの電圧から５ｍＷの光学的パワー）のＶＣＳＥＬを実証した。ＳａｎｄｉａのＶＣＳＥＬは、ＧａＩｎＡｓ材料系を利用して、９８０ｎｍの波長で光を発生し、直径がほぼ８～１０ミクロンであった。

８５０ｎｍで動作するＧａＡｌＡｓのＶＣＳＥＬアレイ（１×８）が製作されている。本件の発明者は、ＶＣＳＥＬを単一電源によって並列に動作させて、これらのＶＣＳＥＬアレイの実験を行った。これらのＶＣＳＥＬアレイは、Ｓａｎｄｉａの５０％に比較すると、わずか１５～２０％の変換効率でしか動作しないが、熱暴走を生じることなく、ＶＣＳＥＬの大型アレイを並列に動作させる可能性が証明された。初期のパワー・トランジスタの場合、単一パワー・トランジスタに用いられているエミッタフィンガアレイ(array of emitter fingers)のエミッタフィンガ(emitter finger)の１つが、電流を「大食い（ｈｏｇ）」し始めると、熱暴走が発生し、このため、動作温度が上昇し、さらに、より大量の電流が消費され、このサイクルが加速されて、トランジスタを破壊することになった。本件の発明者は、望ましいことではないが、ＶＣＳＥＬのそれぞれにおけるブラッグの反射器(Bragg reflector)となる直列抵抗が、素子を安定化させ、電流のホッギングを阻止するものと信ずる。

これらのＶＣＳＥＬを並列に動作させることによって、光学的パワー源が得られる。図１に示す第１の実施例の場合、中心間の間隔を４０μｍあけた、およそ１０μｍのＶＣＳＥＬアレイ１１が、２０×２０ミルのチップ１３上に製作される。１２×１２のレーザアレイを収容することは容易である。全部で１２８のレーザは、５×５ミルのボンディング領域１５を見越している。各レーザが、２ｍＡ及び２Ｖで動作し、２ｍＷの光束を放射する場合、ＶＣＳＥＬアレイへの全入力電力は、０．５Ｗであり、光学出力パワーは、およそ０．２５Ｗである。残りの０．２５Ｗは、必ず熱として放出される。

除熱は、簡単な作業である。レーザがＧａＡｓ基板上に製作される場合、熱抵抗は、基板に対する１０μｍの円からの拡散項と、レーザとチップの背面との間における熱抵抗の線形項から構成される。熱流が０．２５Ｗの場合、拡散抵抗によって、温度が１．４°Ｃ上昇し、基板によって、さらに２．９°Ｃ追加されるので、全部でチップに関連する温度上昇は４．３°Ｃになる。化学蒸着法（「ＣＶＤ」）で成長させたダイヤモンド、ＡｌＮまたは、混ぜもののない銅のような熱拡散基板にチップを実装することによって、あまり温度を上昇させずに、熱流束を制御することができる。

ＶＣＳＥＬは、面を伏せて熱拡散基板上に実装することも可能であり、これによって、チップ内の温度上昇はさらに軽減する。この場合、光は、基板を通して抽出される。９８０ｎｍにおいて、ＧａＡｓ基板は透明である。波長が短くなると、該基板の代わりに、ＧａＰ基板に対して該構造のウェーハ・ボンディングを実施しなければならない。

ＧａＡｌＡｓから製作され、８５０ｎｍで放射するＬＥＤによって、１００％の内部量子効率が実証された。図１に示すものと同様のＶＣＳＥＬアレイをなすＶＣＳＥＬ設計に適切な最適化を施すことによって、パワー変換効率は５０％を超えるはずである。こうした光学的パワー源によって、既知の赤外線ＬＥＤ（ＩＲ　ＬＥＤ）で可能になるよりも高速の赤外線通信が可能になる。該パワー源によって、赤外線ＬＡＮ（ＩＲ　ＬＡＮ）及びインタラクティブＴＶも可能になる可能性がある。可能性のあるもう１つの用途は、保安用照明にこのＶＣＳＥＬアレイを用いることである。

ＶＣＳＥＬアレイに関する最も重要な応用例は、可視光スペクトルの異なる部分の光を個別に発生する直列アレイを利用した照明である。Ｓａｎｄｉａ　Ｎａｔｉｏｎａｌ　Ｌａｂｏｒａｔｏｒｙは、ＧａＡｌＩｎＰ材料系から製作された赤色のＶＣＳＥＬを実演した。これらのＶＣＳＥＬは、６３５～６８０ｎｍの波長、及び、単一ＶＣＳＥＬにつき８ｍ

Ｗもの高パワーレベルの光を発生した。最良の素子の変換効率は、およそ１５％であった。緑と青の部分の可視光スペクトルにおいて、ＧａＩｎＮ素子は、光ポンピングによるレーザ発光をすることが実証され、また、緑／青のファブリ-ペローレーザが、ＺｎＳｅ材料系によって実証された。比較的近い将来において、ＧａＩｎＮがファブリ-ペロー（Ｆａｂｒｙ-Ｐｅｒｏｔ）レーザ及びＶＣＳＥＬに用いられるようになるであろう。

９８０ｎｍで動作するＶＣＳＥＬについて実証されたのと同じ変換効率を、赤から青までの任意の可視光波長で利用できることが想定される。レーザの面密度を同じにして、上述の赤外線（ＩＲ）ＶＣＳＥＬチップを１×１ｍｍになるように拡大すると、単色光を照射するＶＣＳＥＬアレイのチップが得られる。およそ５００のレーザがレーザ毎に２ｍＡで動作する、このチップは、５０％の変換効率で１Ｗの光束を発生する。５６０ｎｍにおいて、こうしたチップは、６８０ｌｍの光束を発生する。入力電流が１Ａで、印加電圧が２Ｖの場合、チップの発光効率は３４０ｌｍ／Ｗになる。

白色光源は、それぞれ、１Ｗの光束を生じ、４７５ｎｍ（青色光）～６２５ｎｍ（赤色光）の範囲の等間隔をあけた波長で光を発生する、６つのＶＣＳＥＬチップから構成することが可能である。

表１

波長（ｎｍ）	光束（ｌｍ）
４７５	７７
５０５	３４３
５３５	６２２
５６５	６６５
５９５	４７３
６２５	２１８
白色	２３９８

表１には、６つのＶＣＳＥＬアレイと１２Ｗの入力を備えたＶＣＳＥＬ照射源についての波長／光束の関係が示されている。１２Ｗの入力を備えたこの光源は、およそ２４００ｌｍ/Ｗの光束を発生する。その効率は、およそ２００ｌｍである。比較可能な光束レベルを持つ、従来の白色光源との比較が、表２に示されている。２４００ｌｍの光束は、１７０Ｗの白熱電球の光束に相当する。

図２は、ＶＣＳＥＬアレイ２１～２６から構成されるこうした白色光照射源２０の概略図である。ＶＣＳＥＬアレイは、それぞれ、異なる波長の可視光を発生することが可能である。第１の望ましい実施例の場合、これらのＶＣＳＥＬアレイは、表１にリスト・アップした波長で光を発生する。ＶＣＳＥＬアレイは、さらに、コントローラ３５を介して電源に結合されている。最低限、電源３０は、レーザ発光に必要な最小電流で、全ＶＣＳＥＬアレイの各レーザを並列駆動することが可能でなければならない。コントローラ３５によって、ユーザが、個々のＶＣＳＥＬアレイからの光出力及び全てのＶＣＳＥＬアレイからの光出力を同時に、ある程度、制御できるようにすることによって、さらに操作上のフレキシビリティが得られる。そうすることによって、ユーザは、白色光照射源２０の最終光出力だけでなく、その色温度も制御することが可能になる。

上述のＶＣＳＥＬアレイによる白色光照射源には、既知の光源に対して多くの利点がある。表２に、既知の照明技術に対するＶＣＳＥＬ照射源の効率上の利点を要約している。

表２

タイプ	効率（ｌｍ／Ｗ）	ＶＣＳＥＬの利点
白熱灯	１４	１５×
ハロゲン灯	２０	１０×
蛍光灯	８０	２．５×
メタル・ハライド灯	８０	２．５×
水銀灯	４０	５×

ＶＣＳＥＬに基づく光源によれば、既知の照射源に対してさらに他のいくつかの利点が得られる。
Ｓａｎｄｉａ製の９８０ｎｍのＶＣＳＥＬアレイを用いた最近のテストによって明らかなように、これらのＶＣＳＥＬアレイは、０．５～５．０ｍＷのパワー範囲にわたって、実質的に一定の効率で動作することが可能である。コントローラ３５を利用して、ＶＣＳＥＬのそれぞれに対する駆動電流を等しく、並列に減少させることによって、この減光を実施することが可能になる。各ＶＣＳＥＬアレイのＶＣＳＥＬ素子が、単一の共通陰極と、一方、複数の独立した陽極を備えている場合には、減光範囲をさらに拡大することが可能である。これによって、ＶＣＳＥＬアレイを部分的に個別にオン／オフするすることが可能になる。単一のＶＣＳＥＬアレイについて、１０の独立した陽極が製作されるものと仮定すると、駆動電流の減少と組み合わせることによって、ＶＣＳＥＬアレイの減光範囲をさらに１０倍拡大することが可能になる。この減光範囲の拡大によるコストはわずかであり、これに伴うＶＣＳＥＬ製作プロセス及びコントローラ設計の変更も、ほんのわずかでよい。従来の光源は、減光が不可能か、あるいは、減光できたとしても、効率にかなりの損失を被り、それが、ハロゲン・ランプの場合には、動作寿命を縮めることになる。
コントローラ３５を用いて、図２の白色光源における個々のカラーＶＣＳＥＬアレイに対する駆動電流を変化させることによって、光の色温度は、青みを帯びた冷たい白から、黄色の勝ったより暖かい白に、または、その間の任意のバリエーションまたは組み合わせに変化させることが可能である。従って、白色光照射源２０は、全色度図にわたる動作が可能である。単一白色光源は、また、ごくわずかな費用を追加するだけで、少なくとも６つの異なる色の単色光源として利用することが可能になる。色と温度の両方または一方を変化させる能力を、上述した減光の能力と組み合わせることによって、本発明を、装飾用の照明、あるいは演劇用の照明のための汎用光源として使用することができる。
蛍光灯は、紫外（ＵＶ）光で蛍光層を刺激することによって白色光を発生する。蛍光層は、主として３つのほぼ単色光線（赤、緑、及び、青）を発生する蛍光体の混合物である。ＶＣＳＥＬ光源は、照射源の演色性を改善する６つの光線を使用する。最終的には、３０ｎｍステップによる前述の６つの１ワット・チップの代わりに、１５ｎｍの光のステップによる１２の半ワット・チップで、照射源を構成することが可能になるであろう。こうした素子は、既存のほぼいかなる光源の演色特性にも勝るであろう。
前述した白色光源は、ギガヘルツ台の周波数でオン／オフすることが可能なＶＣＳＥＬに固有の変調速度を備えている。このため、該照射源を利用して、毎秒数ギガビットの速度で信号を配信することが可能になる。本発明を利用すれば、ビデオのような高速信号が光源を介して同報通信され、低速の信号は従来の電話配線を利用する、低コストで、非対称性の高いローカルエリアネットワークを簡単に構成することが可能である。ＶＣＳＥＬ白色光照射源を照明と信号伝送の両方に使用している食品雑貨店では、単方向信号配信システムによって、ＩＲまたはＲＦ同報通信システムを設置しなくても照明システムを通じて、バッテリ電源式電子シェルフラベル（shelf label）を更新することができるようにな

る。一般に、光学受信機は、ＲＦ受信機より単純である。本発明を利用すれば、照射パワーのレベルが極めて高いので、ＩＲ受信機よりもいっそう単純な可視光受信機の構成が可能になる。
本発明に基づいて構成された光源は、一般に蛍光灯による光源に関連したターンオン遅延とは異なり、「ターンオン」遅延が生じない。該光源の寿命は、数万時間単位で測定されるものであり、おそらくは、１０年ほどにもなるであろう。
個々のＶＣＳＥＬから出力される光は、およそ１０°の分散を伴う平行光である。低コストの光学表面によってこのビームを途中で受光し、照明したい任意の場所へ、光束を有効に再分配することが可能である。光の漏出が不必要か、または、望ましくない場合、この特徴によって、従来の等方性の高温光源と比較すると、効率がさらに２倍～５倍向上することになる。
ＶＣＳＥＬアレイは、ほぼ室温で動作するので、光学表面はごく近接して安全に配置することが可能である。これによって、商用または住居用建造物における天井への埋め込み取り付けに適合する、極めてコンパクトでフラットな照明用の固定具を設計し、製作することが可能になる。
ＶＣＳＥＬを照明に用いることによって、目の安全問題が生じる。時間的コヒーレンスを有する波面を持つ光は、目によって、その網膜上の回折が制限されたスポットに容易に焦点を結ぶことができる。このスポットにおけるパワーのレベルがおよそ２００μＷを超えると、網膜に対する永久損傷が生じる可能性がある。
ＶＣＳＥＬアレイは、目の安全問題に応える独自の特徴を備えている。ＶＣＳＥＬ内の個々の素子の直径が２０～２５μｍまで拡大すると、ＶＣＳＥＬは、もはや時間的コヒーレンスをもった一つの素子としてレーザ発光をすることはできない。発光領域は、単一のコヒーレントモードにロックされない複数のフィラメントに分裂する。隣接ＶＣＳＥＬがおよそ２０～５０μｍだけ離れている場合、ＶＣＳＥＬアレイは、いくつかの独立したレーザのように動作する。時間的コヒーレンスは、第１の望ましい実施例の場合、それぞれ、およそ２ｍＡで動作する個別素子の光束に制限される。個々のレーザ素子の時間的コヒーレンスは、ビームをホログラフのような移相表面と交差させることによって破壊することも可能である。１Ｗレーザの位相のコヒーレンスを破壊しなければならないのではなく、多くの独立した２ｍＷレーザのコヒーレンスを破壊することが必要とされる。従って、位相のコヒーレンスは、ほぼ４桁の大きさに対して、１桁分の大きさだけ低下させなければならない。
図３に示すように、図２の白色光照射源２０は、既知の光源パッケージ、ここでは、標準的なねじ込み式白熱電球に、ぴったりはまるようにパッケージ化して、後で簡単に取り付け可能な照明源１００を形成することが可能である。対応するものについて、図２と同じ番号付けを使用すると、ＶＣＳＥＬアレイ２１～２６は、セラミック基板２７に実装され、コントローラ３５によって制御される。別個の電源コンポーネント３０が、基板２７の裏に配置されており、電源からソケット２８を介して電力供給を受ける。一次ビーム整形光学素子４０は、ＶＣＳＥＬ２１～２６の位相のコヒーレンスを破壊して、目の損傷を阻止する後方光学表面４１と、その位相のコヒーレンスが破壊された後の光を整形する前方光学表面４２を備えている。二次ビーム整形光学素子４５は、特定の照明用途に適合するように、ビームを平行化し、焦点を合わせるために使用される。二次ビーム整形光学素子４５を交換することによって、１つの照明源を多くの異なる用途に役立てることが可能になる。
世界の電気消費の経済価値は、およそ１兆２０００億ドルである。およそ３３～４０％が照明に用いられている。照明のエネルギーコストを５～１０分の１に減らすと、１年につき３０００～４０００億ドルの経済的効果がある。
３０年の期間にわたって照明設備の９０％をＶＣＳＥＬベースの光源に変換すると、発電需要が大幅に減少するので、世界に設置している発電基地を増設することを必要とせずに、３０年間にわたって、他の電気の非照明用途の成長率を毎年１．０％にすることが可能となる。温暖な気候の地域では、ＶＣＳＥＬアレイは、空調システムによって取り除かれ

ることになる熱の発生を減少させるので、これらの節約はいっそう増大する。

【図１】

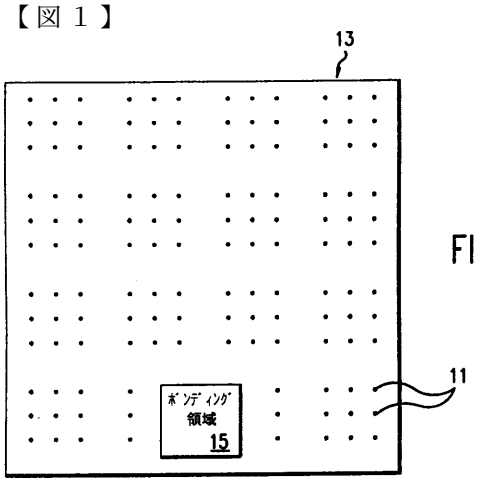

FIG.1

【図２】

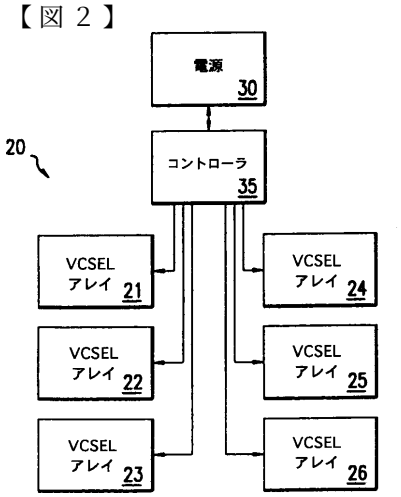

FIG.2

【図３】

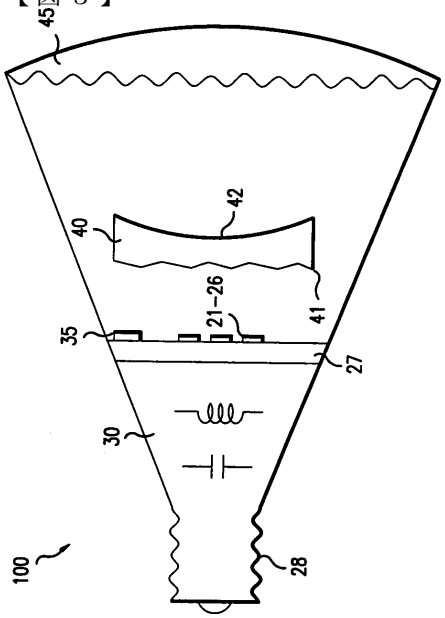

FIG.3

フロントページの続き

(72)発明者　ハイツ，ローランド，エイチ
アメリカ合衆国カリフォルニア州９４０２８　ポルトラ・ヴァレイ，アダイア・レイン・２５

審査官　檀本　英吾

(56)参考文献　特開平０２－０８４７８５（ＪＰ，Ａ）
特表平０７－５０３１０４（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０５２６６７９４（ＵＳ，Ａ）
特開平０４－１６８７７７（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１７０２３１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01S 5/00 - 5/50