レーザー走査方式を用いたヘッドアップディスプレイ

新澤 滋

Microvision, Inc. (〒108-6028 港区港南2-15-1 A-28F)

Head Up Display with Laser Scanned Display Engine

Shigeru SHINZAWA

Microvision, Inc., A-28F, 2-15-1 Konan, Minato-ku, Tokyo 108-6028

(Received March 23, 2010)

There are multiple display technologies that can be used in HUD systems, including emissive displays (OLED, CRT, VFD, etc.), digital micro mirror device (DLP®), backlit LCD, micro-displays (LCOS) and scanned laser displays. Each of these technologies has its strengths and weaknesses. The majority of current HUDs use backlit LCDs. LCD technology has lent itself to effective use in HUD applications to date, but emerging technologies like scanned laser displays provide a variety of advantages over LCD in categories like brightness, color range, contrast and tolerance to windshield variations, all of which are important in human factors engineering for automotive applications.

Key Words: Head Up Display, Laser scanning, Virtual image, MEMS mirror

1. はじめに

近年、交通事故件数は年々減少してはいるが依然として車社会の抱える不断の課題である。そして交通事故の主な原因の一つはドライバーのわき見運転であり、車の運転がドライバーの能力に委ねられている限りドライバーは常に意識を運転に集中しなければならない。ヘッドアップディスプレイ(以下HUD)は文字通りドライバーの目線を前方に保つ(ヘッドアップ)為の手段であり、わき見をしなくても必要な情報が実視野にオーバーラップして表示される装置である(Fig. 1)。HUDは元々戦闘機のパイロット用に開発されたものだが、その後民間航空機や自動車に搭載されるようになった。市販乗用車に搭載されたのは1988年GM社の2モデルが最初であ

Fig. 1 Example of automotive head up display.

るが、残念ながら10数年を経た今日もあまり普及していないのが実情である。

2. HUDの原理と技術

HUDの原理そのものは簡単で、蛍光管、CRT(Cathode Ray Tube)や液晶ディスプレイの画像を車のフロントガラスあるいはハーフミラー(コンバイナー)に映すというものである(Fig. 2)。演説などで原稿を表示するプロンプターも原理的には同じであるが、HUDの場合には屋外での使用が前提であり基本性能として以下が求められる。

(1) 直射日光下でも画像が認識出来ること(輝度、コ

Fig. 2 Concept of head up display.

ントラスト)

- (2) 車載環境(温度, 振動・衝撃)にて信頼性を有すること
- (3) 消費電力(発熱)が少ないこと
- (4) 装置外形がコンパクトであること

HUDの光源としては, 現在プロジェクターの光源として使用されているディスプレイが候補として挙げられる。方式としては, バックライト方式LCD(Liquid Crystal Display), 反射型LCOS(Liquid Crystal On Silicon), 反射型DMD(Digital Micromirror Display)などがある。これらにはディスプレイとしてそれぞれ特徴があるが上に挙げたHUDとして満たすべき要件から現実的にはバックライト方式LCDがHUDの主流となっている。そしてこの他に, ここ数年開発が進んだ新たな方式としてレーザー走査型ディスプレイがある。

3. レーザー走査型ディスプレイ

一昨年あたりからPico Projectorという非常に小型のプロジェクターが商品化され話題となっている。携帯電話, ポータブルメディアプレイヤー, デジタルカメラなどの小さなディスプレイ画像を数十インチに拡大して表示できる「ユビキタスディスプレイ」として新たな市場を形成しつつある。その一つの方式にレーザー走査型ディスプレイがある(Fig. 3)。その動作原理は, それぞれコリメートされた赤(640 nm, AlGaInP), 青(450 nm, GaN), 緑(532 nm, 導波路型SHG)のレーザー光を一本に束ね, 直交する2軸に振動するマイクロミラーに反射させラスタ走査を行う。そして, ビームが走査する間に電氣的にタイミングをとって各レーザーを同時にそれぞれ必要な明るさで点灯し「画素」をパルス列として形成していく。この画素はパルス幅を変えることにより画素単位に可変である。Fig. 4はMicrovision社のレーザー走査型プロジェクターとそのスキャンエンジンである。解像度はWVGA(水平848ドット×垂直480本), フレームレートは60 fpsでありこの時ミラーは水平方向に振れ角 $\pm 12.6^\circ$ /周波数18 KHz, 垂直方向に $\pm 7^\circ$ /60 Hzで振動している。

Fig. 3 Scanned laser display concept.

Fig. 4 Laser scanned pico projector and scan engine.

4. レーザー走査型ヘッドアップディスプレイ

プロジェクターの場合にはミラーで反射したレーザービームを直接スクリーンに投影してその散乱光を鑑賞するのであるが, このスキャンエンジンを用いて非常に高性能なHUDを実現する事が出来る。Fig. 5がその原理図であるが, スキャンエンジンからのレーザー光の焦点面(Image Plane)にマイクロレンズアレイで構成されたExit Pupil Expander (EPE)を置き, その後にリレー光学系を配置することにより瞳がある範囲(Eyebbox)内にあれば観察者にImage Planeの画像をバーチャルに認識させることが可能となる。尚, この方式においてはレーザー光を直接覗き込む事になるが, レーザー出力は玩具にも使用が認められているクラス1であり安全性に全く問題はない。

Fig. 6がこの方式により作製したレーザー走査方式のHUDデモンストレーターの外観である。このデモンストレーターでは単体評価用にハーフミラー(HUDにおいては外光とバーチャルイメージをミックスする事からコンバイナーとも呼ばれる)を装備しているが, 実車では車のフロントガラスをハーフミラーとして使用する場合が多い。この場合, 車のガラスはフィルムを挟んだ2重構造をしている為そのままでは複屈折により画像にゴーストを生じる。この為HUD用にはこれを防止した特殊フィルムのガラスを使用する。

レーザー走査方式HUDには他方式に比較して以下の優れた特徴がある。

- (1) 高輝度・高コントラスト:

ドライバーの目の位置で測定した値で他方式では輝度 $5,000 \text{ cd/cm}^2$ 以下であるがレーザースキャン方式では $10,000 \text{ cd/cm}^2$ 以上を得ている。又, レーザースキャン方式においては黒色はレーザーの出力が極めて小さいのでコントラスト比は他方式の数100:1に対して5000:1と非常に高い。

- (2) 外形がコンパクト:

装置全体の外形容積は約1000 ccで従来他方式の1/2~1/3であり, 特に車のダッシュボードに埋め込

Fig. 5 Scanned laser HUD concept.

Fig. 6 Scanned laser HUD demonstrator.

むタイプでは装置の配置やダッシュボードのデザインの自由度が大きい。

(3) 低消費電力：

画素毎に必要な明るさでしかレーザーを発光しないのでバックライト方式に比較して消費電力が少ない。通常の画像表示では10 W以下、フルホワイト表示でも20 W以下であり発熱も少なく冷却ファンなどの設置も不要である。

(4) 画像の歪補正が容易：

フロントガラスをハーフミラーとして使用する場合、ガラスの曲面形状は複雑で車種によって異なるし、同車種でも形状のバラツキが大きい。その為、バーチャルイメージは車ごとに異なる歪を生じ、その補正は製造ラインで結構手間を要する作業となっている。レーザースキャン方式ではこの画像歪を電氣的に比較的簡単に補正する事ができる。Fig. 7はデモンストレーターに組み込まれた画像歪補正のメニューである。

(5) 色の再現範囲が広い：

R, G, B各波長のレーザーを光源に使用している為、色域が広く非常に鮮やかな色が表示できる。これは実景とバーチャルイメージが重なる場合に、

Fig. 7 Image Warping Menu of HUD demonstrator.

情報を背景から際立たせることになり認識が容易になる。

(6) イメージを数メートル先に表示：

ドライバーの焦点移動が少なく済み、疲労軽減と安全向上がはかれる。経験値的に画像の表示距離は自車のボンネットの先2 m～4 mが良いようである。

以上の様にレーザースキャン方式は車載用ヘッドアップディスプレイとして優れた方式であり、今後の普及が期待されるがその為にはいくつかの課題もある。

(1) 信頼性：

レーザースキャン方式は今までにない新しいアーキテクチャーであり、緑色レーザーやMEMSミラーなど新規に開発された部品もある。現在自動車メーカーや自動車部品メーカーにて試作機の評価が進んでいるが、厳しい信頼性条件をクリアすることが大前提である。

(2) コスト：

新しく開発された部品やプロセスを含むのでこれから新規の量産投資を伴うことになり、立ち上げ時にはコスト高となることは避けられない。しかしながら主要部品であるスキャナーはPico Projectorのエンジンをベースにしておき、そちらが先行して量産に移行すればスケールメリットを活かしコストダウンが期待できる。

(3) HUD表示シンボルのデザイン：

これはHUD自体の問題ではないが、カーライフの多様化と高齢化が同時に進む中で、如何に的確に

ドライバーに情報を伝えるかを考えなければならない。その為にはまず伝える情報の種類と表現方法(シンボル, 色)をデザインし標準として統一する必要があると思われる。

5. おわりに

HUDは交通事故を未然に防ぐ有効な手段であるが、過去その性能とコストが普及を阻んできた。レーザー走査方式HUDはそれらを解決する優れた方式である。

今後開発が進むITSなどのシステムとリンクして、又車に限らず陸海空の様々な交通機関のディスプレイとして広く応用され普及する事を期待したい。

参考文献

- 1) H. Urey and K. D. Powell: *Proc. SPIE* **5456** (2004).
- 2) W. G. Najm, et al.: U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration (2006): DOT HS 810 569.

レーザーワード

射出瞳拡大素子(exit pupil expander)

射出瞳(Exit Pupil)は光学系において像側から見た絞りの像、あるいは接眼部を通過した光線束の太さを言う。顕微鏡などで物体を観察する場合、対物レンズで結像した像は接眼レンズを介して網膜に投影されるが、物体から出て絞りを通過した全ての光線束が瞳孔を通過しないと物体の全体像は見られない(ケラレ)。即ちケラレなく物体の全体像が見える為には射出瞳は瞳孔より大きくななければならない。通常瞳孔は常に動いているので射出瞳径がある程度大きくないと長時間の観察は疲労を伴

う。特にHead Up Displayの場合には車を運転しながら見るので射出瞳を拡大しないと実用にならない。Exit Pupil Expander(EPE)はこの為の光学要素である。

EPEの具体例としては回折格子、ホログラム等の拡散板やマイクロレンズアレイなどがあり、中間結像面に配置して光線束を拡大する。しかしこれらを光学系に挿入することにより副作用的に各種収差が発生する為、実用には様々な工夫が必要である。(新澤 滋)