2 ウェアラブルな映像デバイス

2-2 常時装着可能なニアアイディスプレイ

上田 裕昭†

キーワード

ウェアラブル ホログラフィック光学素子 ヘッドマウントディスプレイ 非軸光学系

1. ま え が き

最近、ウェアラブルコンピュータという言葉がよく聞かれる。携帯電話を例として情報処理技術、通信技術はもはや身につけて気軽に利用できるところまで小型化、高速化が進んできた。しかし、ディスプレイ等のヒューマンインタフェースは、人間のサイズがその大きさを決定するため小型化困難である。小型ディスプレイにいくら高精細に表示しても、文字が小さすぎて視認不可能なのである。

ヘッドマウントディスプレイ (HMD) は、使用者の眼前で小型表示素子の映像を拡大して表示するもので、上記課題を解決する。その代わり頭部への装着が必須になるので、装着することにより視界が遮られるものや、見えても暗いものは常時装着できず不便である。

2. HMDの視角とホログラフィック光学素子

常時装着のためには通常の視界を遮らないということが絶対条件である。眼前に小型の光学系が配置されるタイプでは、表示画角さえ小さければ表示画角分の視界を遮られるだけで、さほど不都合が生じないと考えてしまいがちである。しかし、アイレリーフ (装置と瞳の距離) や瞳径を考慮すると意外に大きな視界が遮られる。簡単のため、単レンズで表示素子を拡大観察する光学系を図1に示す。画角は 14° であるが、図のアイレリーフと瞳径を確保すると約 27° の光学素子見込み角が必要となる。すなわち、通常視界が 27° も遮られることになり、フレームなども考慮すれば死角はもっと大きくなる。したがって、視界を遮らないためにはシースルー性が必須である。ハーフミラーを用いてシースルーとする光学系も提案されているが、暗い、大きく重いなど欠点が多い。

本稿で述べるディスプレイは、ホログラフィック光学素子 (HOE) の特長を活かすことで、シースルーと明るさ、大きさを両立させたものである。ここでHOEについて説明する。ホログラムは二つのレーザ光の干渉縞をホログラム感光材料に記録したものである。このホログラムに記録時

図1 接眼光学系の視界

図2 ホログラムの分光透過率

に使用した一方のレーザと同じ波長、入射角の光を照射すると、記録時に使用したもう一方のレーザに相当する光が発生する。これは、ホログラム材料に記録された干渉縞の回折によるものである。干渉縞の形状を工夫すれば、レンズやミラーと同じ振る舞いをするホログラムが作製でき、これをHOEと呼んでいる。HOEには、記録時に使用したレーザ波長近傍の光にのみ回折作用を及ぼす、波長選択性という性質がある。532nmのレーザで作製したHOEの分光透過率を図2に示す。HOEは非常に狭い波長域 (5~10nm) のみを反射することがわかる。映像光をこの反射波長光に

†ミノルタ株式会社 画像情報技術センター入出力技術部
"Actually Wearable Near Eye Display" by Hiroaki Ueda (Minolta Co., Ltd., Osaka)

図3 試作ディスプレイの光学系

図4 ディスプレイ外観

図5 ディスプレイ装着状態

選べばHOEは外界光のほとんどを透過し、映像光を良好に反射するため映像光、外界光の両方を明るく視認できる。光の3原色に相当する赤、緑、青のレーザでHOEを作製すればカラー表示も可能となる。

3. HOEを応用したシースルーディスプレイ

本試作では光路をコンパクトにまとめるため全反射プリズムを採用し、瞳径、アイレリーフ、画角のバランスを取りながら収差を最小にする設計を行った。表示素子は、1/4インチ、QVGAの液晶を採用し、視界の妨げにならないように目の上方に配置して、照明にはHOEの波長選択性に合致する発光波長を持ったLEDを用いた。光路を図3に、光学系を眼鏡のフレームに組込んだディスプレイを図4に示す。HOEは選択波長を反射するだけでなく、液晶を約1m前方に水平画角14°の虚像として拡大する機能を持っている。液晶ディスプレイやLEDは眼前にはなく、装着した場合の死角が非常に少なくなっている。

図5にディスプレイを装着した様子を示す。シースルーであることにより、装着者の瞳がはっきり見えることで違和感がほとんどない。

4. む す び

HOEと全反射プリズムの組合せにより超薄型、超軽量の眼鏡型ディスプレイを開発した。今回開発したディスプレイは緑単色であるが、フルカラーのものも開発中である。本ディスプレイの実用化により、単にウェアラブルコンピュータのディスプレイにとどまらず、様々な用途が開けてくるものと期待している。

(2002年10月31日受付)

〔文 献〕

- 1) I.Kasai, et.al.: "A Practical See-Through Head Mounted Display Using a Holographic Optical Element", Optical Review, 8, 4, pp.241-244 (2001)

う え だ ひ ろ あ き
上田 裕昭 1978年、京都大学理学部卒業。同年、ミノルタ（株）入社。1992年～1997年、（財）イメージ情報科学研究所出向。非球面硝子レンズの成型、ホログラフィ、光学素子、HMDなどの研究開発に従事。現在、同社画像情報技術センター入出力技術部勤務。博士（工学）。