



平面型照明装置とその応用

久保田 敏弘

京都工芸繊維大学工芸学部電子情報工学科 〒606 京都市左京区松ヶ崎御所海道町

(1990年1月24日受付, 1990年4月2日受理)

Flat Type Illuminator and Its Applications

Toshihiro KUBOTA

Department of Electronics and Information Science, Faculty of Engineering and Design,
Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606

(Received Jan. 24, 1990; Accepted April 2, 1990)

Compact and flat type illuminator using grating or mirror is proposed and the reconstruction of a hologram is described as one of the application of this idea. Another possible applications of this illuminator are also proposed.

1. はじめに

適当な大きさの平行光を得るためには、通常レンズあるいは凹面鏡などの素子を使うが、光源とこれらの素子の間はある程度の距離が必要であり空間的に場所をとる。そこで、薄い平面型の素子によって平行光あるいは発散光が得られれば、空間をとらないコンパクトな照明装置として多方面に利用することができる。

本報告では、光源からの1本の細い光束を広い面積をもつ光束に変換するコンパクトな照明装置を提案し、その原理を使った応用の一つとして、ホログラムの再生について述べる。

2. 照明装置

本方法による照明装置の概念図を Fig. 1 に示す。光源からの光は、たとえば光ファイバーとマイクロレンズにより細い平行な光束として素子1に導入される。この素子は入射光束を細い平行な線光束に変換する作用をする。この線光束はさらに素子2により、必要な大きさをもった平行光束あるいは発散光束に変換される。こうした光束が薄い素子によって得られれば、光束を拡げるための空間を必要としない平面型の照明装置が実現できる。

このための素子としては、Fig. 2 に示すように回折格子あるいはミラーなどが考えられる。(a)は比較的厚

いガラス板の一つの面に回折格子を付けたものである。左側の端面から、わずかに斜め上方に向う平行光束をガラス板に導入すれば、上面に付けた回折格子により線光束を上方に取り出すことができる。(b)のようにグレイティングカップラを使用すれば、きわめて薄い素子が実現できる。基板内を全反射しながら進行する光が表面につけた回折格子と作用し、その一部が外部に取り出される¹⁾。(c)は半透鏡などを斜めに多数配列した素子であり、前二者のように回折格子を使う場合と異なり、得られる線光束の方向は波長依存性をもたない。

平行な線光束を素子の面に垂直に取り出すための条件は次のようになる。使用波長を 632.8 nm, ガラス板の屈折率を 1.515 としたとき、(a)で長さ 50 mm, 厚み 7 mm のガラスブロックを使用すれば、格子間隔は 0.42 μm とすればよい。(b)の場合、入射光が基板内を 45° で全反射するとすれば、格子間隔は 0.59 μm である。(c)では鏡の傾きは面に対し 45° である。

線光束の強度の均一性に関しては、(a)では入射光束の強度が一樣であれば一樣となる。(b), (c)については回折効率あるいは鏡の反射率を場所に応じて変えればよい。入射光が基板内あるいは鏡で反射するその総数を N とすれば、 n 番目の反射の位置での回折効率あるいは反射率 R_n が

$$R_n = 1/(N - n + 1) \quad (1)$$

の関係があれば一樣な強度が得られると同時に、吸収に

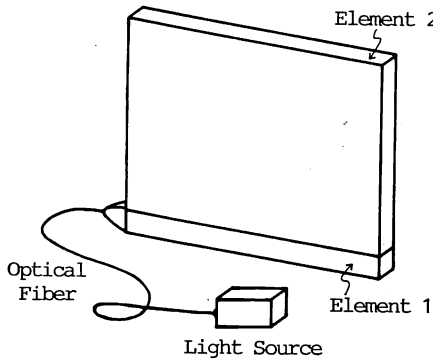


Fig. 1 Conceptual diagram of the flat type illuminator.

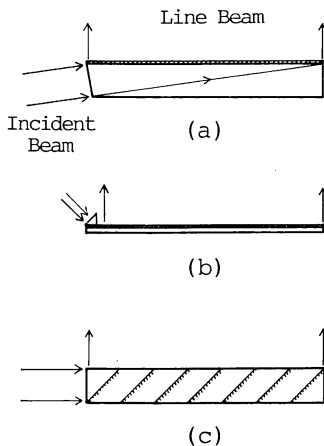


Fig. 2 Practicable elements for converting the incident narrow beam to line beam. (a) grating attached on the glass plate, (b) grating coupler, (c) array of mirror.

よる損失がなければ入射光束から線光束への変換は 100%の効率で行われる²⁾.

こうして、1本の細い平行な光束が一樣な強度をもつ線光束に変換できる。これらの素子を、Fig. 3に示すように2次的に組み合わせれば、必要な大きさの平行光束が得られる。線光束が初めから与えられていれば素子1は必要ではない。素子2の回折格子をホログラフィックに作製すれば、発散あるいは収束光束も得られる。表示しようとする物、たとえばスライド物体をこの素子に重ねれば、薄い装置で表示が可能となる。光源として半導体レーザーを用いれば、それ自身が小型であって装置に直接組み込むことができ、さらにコンパクトになる。

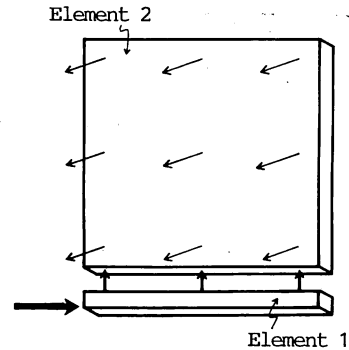


Fig. 3 Production of the wide beam by combination of the elements.

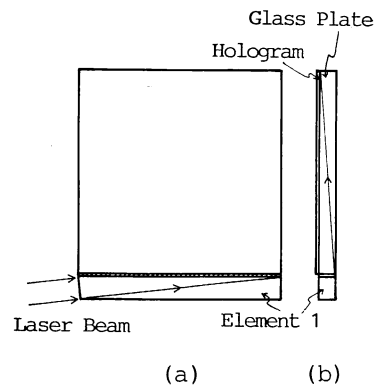


Fig. 4 Reconstruction of a hologram using the idea of the flat type illuminator. (a) Front view, (b) side view.

3. ホログラムの再生

この装置をホログラムの再生に適用すれば、再生のための空間を必要としないため、卓上型、壁掛け型のホログラムが実現できる。素子2とホログラムは一体にできるため、常に最適な条件で再生される。Fig. 2に示される3種類の素子をいずれも2次的に組み合わせれば、ホログラムの再生照明光として使うことができる。このなかで、とくに(a)の素子の場合、素子2自身の情報を記録したホログラムとすることができ、再生像の明るさの点で有利である。このような再生は“edge illumination”の方法として提案されており、いくつかの優れた特長をもつ³⁾。そこでは、ホログラムを照明する光束は球面レンズと円筒レンズを組み合わせで得ているが、とくにレーザー光再生の場合は、素子1を使用すれば簡単に所望の照明光が得られる。この場合の再生の配置をFig. 4に示す。(a)は正面から、(b)は横から見た図である。左横からの入射レーザー光によってホログラム

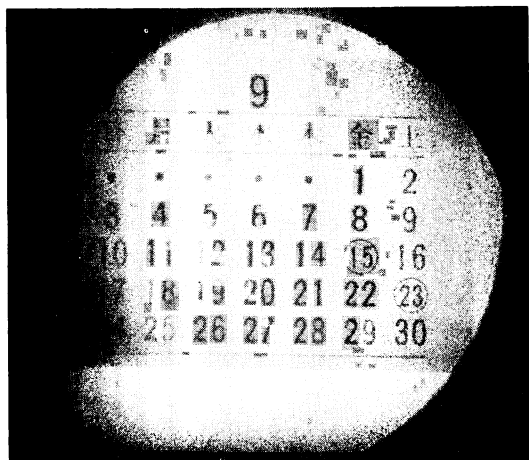


Fig. 5 Photograph of the reconstructed image obtained by the optical system shown in Fig. 4.

全面が照明されるように、回折格子は入射光を垂直上方かつ斜めに回折するように作製する。ホログラムは、これを再生する光と同じ波面をもつ光を参照光とし、これにホログラム面にほぼ垂直な方向からの物体光を加えて作製する。回折格子、ホログラムとも干渉する二つの光のなす角度は直角に近い。このため、高い回折効率を得るにはレーザー光の偏光方向は入射面に垂直でなければならない。厚いホログラム格子の場合、理論的には最大100%の回折効率を得られる。

光源に He-Ne レーザー、記録材料として 8E75HD 乾板を使った実験において得られた再生像の一例を Fig. 5 に示す。ホログラムの大きさは $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ 、ガラス板の厚みは 7 mm である。再生像はホログラム面から 10 cm 離れているが、レーザー光再生のためぼけはない。この方法では、ガラス板の面に垂直な方向に対し大きな角度で光が入射するため、この面の精度が像の

質に影響を与える。

この配置において、素子1を使わず白色光でホログラムを再生すれば、レインボーホログラムにも適用できる。

4. おわりに

回折格子、ミラーを使ったコンパクトで薄い照明装置を提案し、その一つの応用としてホログラムの再生について述べた。この方法は一般の表示物体のための照明装置として使えるほかに、光コンピューティング用各種デバイスの照明、ホログラム光学素子の再生など広い範囲の利用が可能である。また液晶テレビなどの画像を遠方に投影するスクリーンとしての利用も考えられる。ホログラムの再生に利用した場合の特長は、再生のための広い空間を必要としないこと、零次透過光は素子の中にとじ込められ外にはもれないこと、また光源とホログラムが一体になるため常に最適な条件で再生され、どこにでも置いて再生像をみることができることなどである。

ここで述べた素子は、入射光束と出射光束の幅を変換する素子である。回折格子を使った素子の場合、入射光束を細くしそれを移動させれば出射光束はその移動の幅が拡大され、偏向のための素子として使うことができる。逆に光を入射させれば縮小される。

文 献

- 1) T. Kubota and M. Takeda: "Array illuminator using grating couplers," *Opt. Lett.*, **14** (1989) 651-652.
- 2) 武田光夫, 久保田敏弘: "格子結合器を用いたアレー・イルミネータ (II): 光パワー分配の均等化と高効率化", 第50回応用物理学学会学術講演会講演予稿集第3分冊 (1989) p. 790.
- 3) J. Upatnieks: "Compact holographic sight," *Proc. SPIE*, **883** (1988) 171-176.