

寄書

カラーレインボウ・ホログラム

鈴木 正根*・斎藤 隆行*・松岡 猛**

(1977年9月29日受理)

Multicolor Rainbow-Hologram

Masane SUZUKI, Takayuki SAITO and Takeshi MATSUOKA*

Research Section, Department of Optical Instrument, Fuji Photo Optical Co., Ltd.
(1-324, Uetake-machi, Omiya-city, Saitama-ken 330)

* Present address: Ship Research Institute (6-38-1, Shinkawa, Mitaka-City, Tokyo 181)

A method for making a multicolor hologram is described. This hologram can reconstruct a bright and multicolor image of three dimensional objects with a white light illumination. The reconstructed image presents a fully stereoscopic view.

レインボウ・ホログラムは1969年にポラロイド社(Polaroid Corp.)のステファン・A・ベントン(Stephen A. Benton)が考案したホログラムであり^{1,2)}、一種のイメージホログラムであるといえる。レインボウ・ホログラムは、まずフレネル型のホログラム(以下マスターホログラムと呼ぶ)を作製し、そのホログラムから実像を再生する事により作られるが、実像を再生する際、マスターホログラムにスリットを重ねて情報を低減しているために白色光で再生でき、深度の深い像が得られ、一方向の視差しか持たないが、人間の眼の構造上十分な立体感が得られるという特長を持っている。筆者らはこのレインボウ・ホログラムをカラーホログラムにする事を試みたので報告する。

上述したように、レインボウ・ホログラムを作製するためには二つの手順を踏まなければならないが、カラーホログラムを作製する場合も同様である。第一段階としてはFig. 1のごとき光学系により、3色のレーザー光を用いて被写体を3枚のマスターホログラム H_R, H_G, H_B に記録する。次に第二段階としてFig. 2のごとき光学系により、スリットにより開口を制限された3枚のマスター

ホログラムから個々に被写体のシュードスコピックな実像を再生してその実像を乾板に三重記録し、レインボウ・ホログラムを作製する。三重記録する方法としては、まず赤色レーザー光により記録したマスターホログラム H_R を元の赤色レーザー光により再生し、乾板に実像を記録する。次にマスターホログラムを H_G に交換して同様に同じ乾板に重ねて記録し、最後に H_B で記録する。この乾板を現像処理するとカラーレインボウ・ホログラムとなる。

ここで以下の点に留意するとカラーレインボウ・ホログラムを作製する上で都合が良い。つまり、最終的にできるホログラム(レインボウ・ホログラム)は被写体のオルソスコピックな実像と共にスリットにより開口の制限されたマスターホログラムの実像を再生する。この細長いマスターホログラムの実像の位置に眼を置けば被写体の像を見る事ができる。そこで、人間の眼が水平方向に並んでいるため、細長いマスターホログラムの実像も水平になるように再生されなければならない。したがってレインボウ・ホログラムを再生するためには、上方または下方より白色光を照射しなければならない。しかしながらレインボウ・ホログラムを作製する場合、参照光を上方または下方より入射させる事は光学系を組む上で振動などの影響を受け易く得策とはいえない。そこで筆者らは光学系の配置は平面的とし、マスターホログラム

* 富士写真光機株式会社光学機器部研究課
(埼玉県大宮市植竹町1-324)

** 現在、船舶技術研究所(東京都三鷹市新川6-38)

およびレインボウ・ホログラムを作製する時の参照光は光学系と同一平面内で向かって左方より入射させ、被写体を横にねかせた状態でセットし、マスターホログラムに重ねるスリットも縦方向とした (Fig. 1, Fig. 2 参照). レインボウ・ホログラムを再生する場合はできたホログラムを面内で90度回転させ、白色光を上方より照射した (Fig. 3 参照).

筆者らの実験では赤色レーザー光として15 mW He-Ne レーザーの6328 Å の光を、緑色および青色レーザー

光として4 W アルゴンイオンレーザーの 5145 Å および 4880 Å の光を用いてカラーホログラムを作製した. マスターホログラムの横幅が、最終的に像を観察する時の視域の幅に相当するがこれを10インチとし、スリットの幅は1 mm とした. またレインボウ・ホログラムは4×5インチの大きさである. 感光材料としてはマスターホログラムには Agfa 10E 75 および 10E 56 を、レインボウ・ホログラムには Kodak SO-131 (いずれも乾板) を用いた.

こうしてできたカラーレインボウ・ホログラムに白色平行光を上方より照射すると Fig. 3 のごとく、細長いマスターホログラムの実像が水平に再生されるが、白色光に含まれる各波長成分の光は回折方向が異なり、白色光のスペクトルが連続スペクトルであれば、水平に再生された細長いマスターホログラムの実像は上下方向に引き伸ばされる事になる. ここで簡単のため、R, G, B 3色の光だけについて考えてみると、三重記録されたカラーレインボウ・ホログラムからは合計九つの細長いマスターホログラムの実像が再生される事になる. しかし元のス

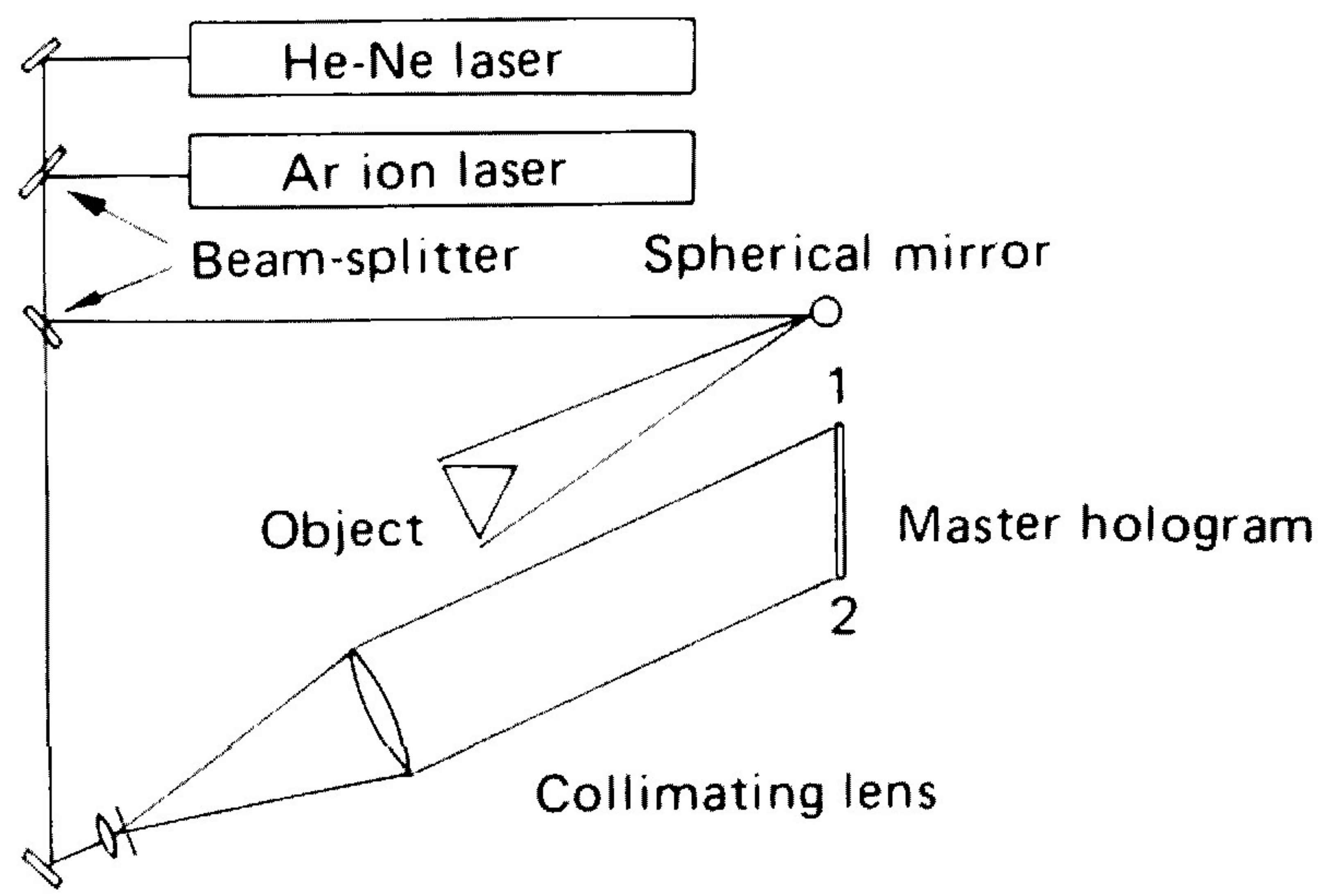


Fig. 1 Recording step 1 (top view)

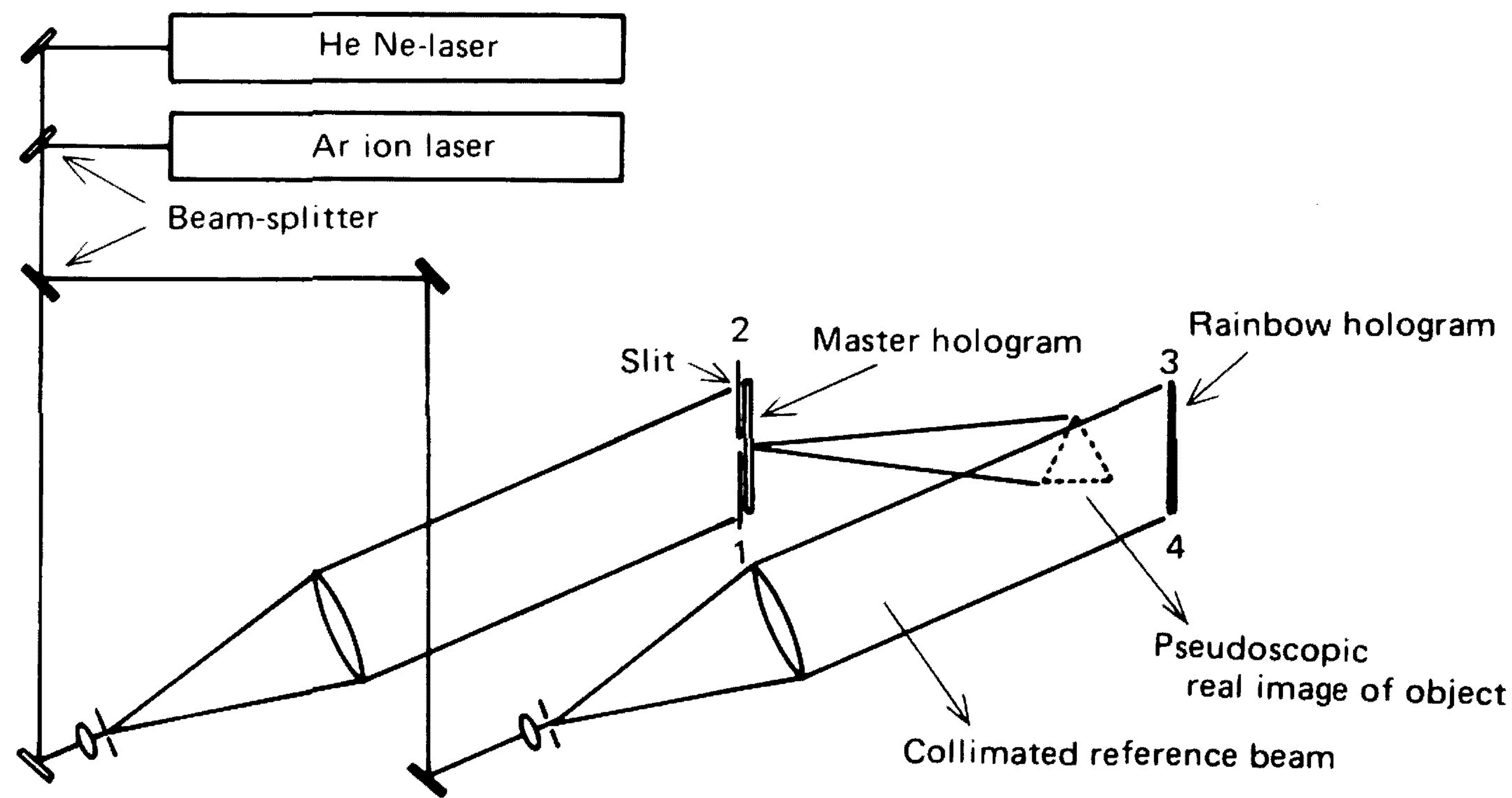


Fig. 2 Recording step 2 (top view)

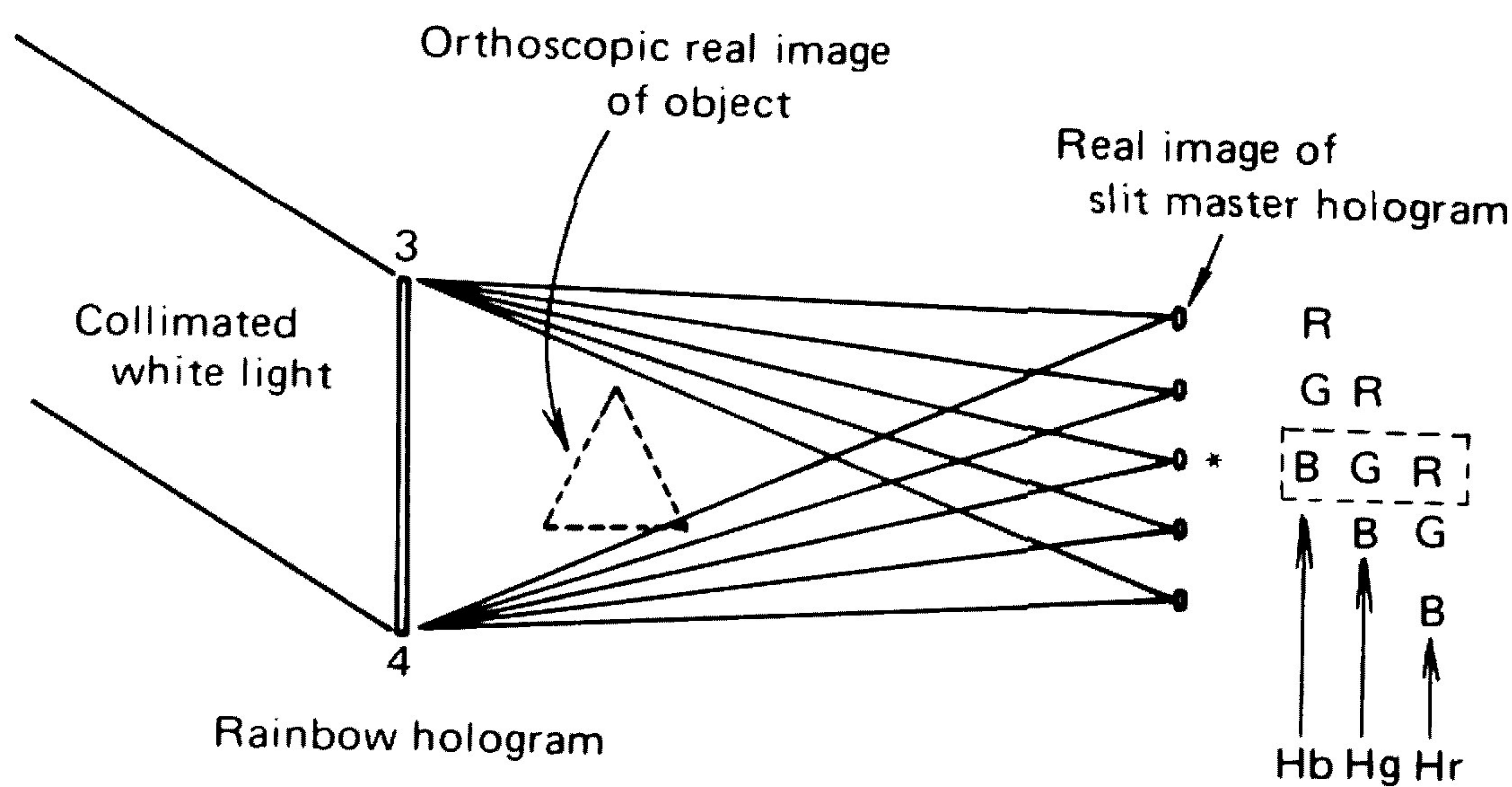


Fig. 3 Reconstruction (side view)

リットの位置には三重記録した各ホログラムから適正な色の光が到達するので、この位置 (Fig. 3 *印の位置) では細長いマスターホログラムの実像三つが重なり、ここに眼を置けば横方向の視差を持ったカラー像を観察する事ができる.

この方法によりカラーホログラムを作製する場合、問題となる事は次の2点である.

- (1) 3色の像のレジストレーション
- (2) 色再現性

レジストレイションを良くするためには3枚のマスターホログラムを正確に位置合わせして交換する必要がある。すなわち縦方向 (Fig. 2の光学系では横方向)はスリットにより規定されるので、横方向の位置合わせを正確にしなければならない。スリットの位置ももちろん正確に一致していなければならない。

色再現性が悪くなる原因としては前述のレジストレイションの不良、および各ホログラムの回折効率が一致していない場合が考えられる。

実験では、マスターホログラムおよびスリットの位置合わせの精度は0.2mm程度で、色再現性を良くするために三重露光する時の各露出時間を変化させ、試行錯誤により回折効率を一致させ、比較的良好な再生像を得た (Fig. 4)。

カラーレインボウ・ホログラムは、撮影がやや面倒で観察位置がやや限定されるという欠点をもっているが、再生が非常に簡単で、十分な立体感が得られ、色再現も良いカラーホログラムであるといえる。

本研究を行なうにあたり、貴重な御助言をいただいた東京工業大学辻内順平教授に感謝致します。

文 献

- 1) E. N. リーン: 「白色光ホログラフィ」,サイエンス1976年12月号.
- 2) S. A. Benton: Method for making reduced bandwidth holograms, US Patent 3633989.
- 3) P. Hariharan et al.: Multicolor holographic imaging with a white light source, Opt. Letters, 1 (1977) 8.



Fig. 4