نشریه علمی سازمان انرژی اتمی ایران
شماره ۱۰، صفحات ۹۷-۹۳ (۱۳۶۹)
چاپ ایران

ساخت یک تمام‌نگار قوس و قزحی

ناصر پرتوی شبستری و حبیب مجیدی ذوالبنین
مرکز تحقیقات لیزر
سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده

این نوع تمام‌نگار با نور سفید قابل بازسازی بوده و با حرکت دادن سر در راستای عمودی، تصویر بازسازی شده به رنگهای مختلف طیف نور سفید (از قرمز تا بنفش) مشاهده می‌شود و با حرکت دادن سر در راستای افقی، جسم از ابعاد مختلف به صورت سه بعدی مشاهده می‌شود. در این مقاله پس از معرفی تئوری مربوطه، طرز ساخت این نوع تمام‌نگار و نتایج حاصله ارائه می‌گردد.

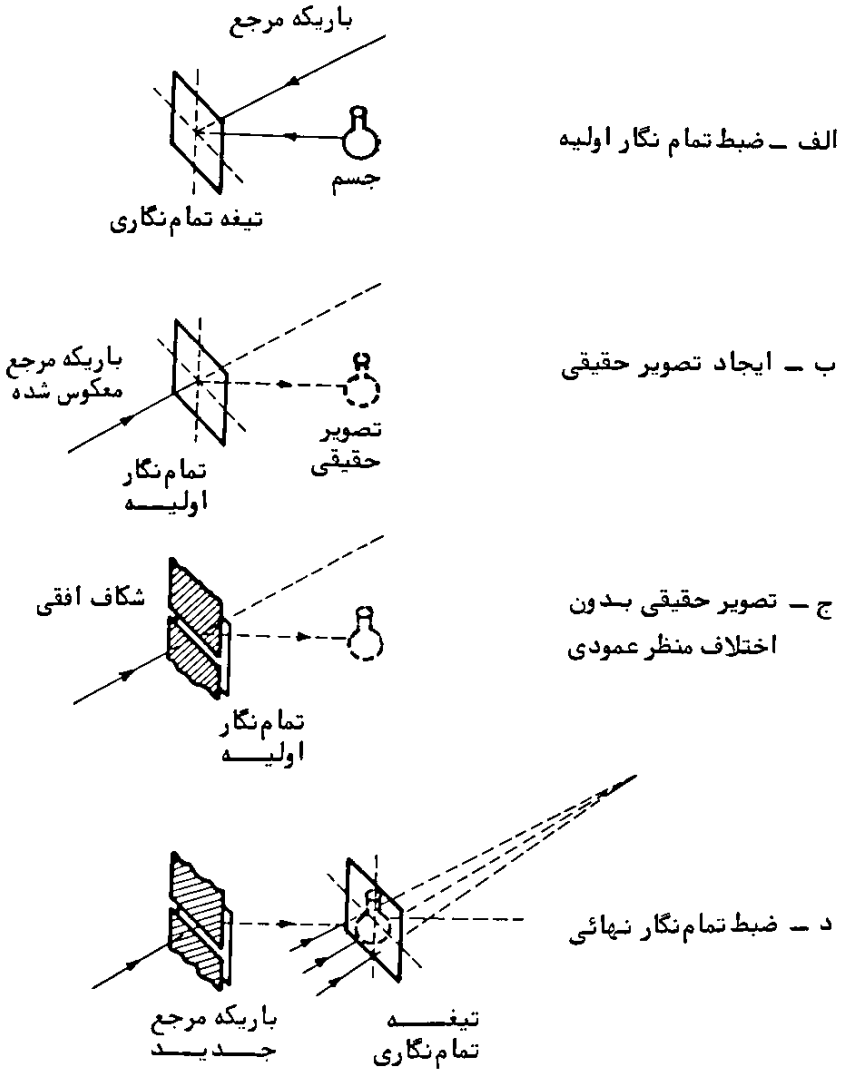
مقدمه

تمام‌نگار قوس و قزحی اولین بار توسط استفان بنتون (۱) در سال ۱۹۶۸ ارائه شد. این تمام‌نگار از نوع تمام‌نگارهای نمایشی است که با نور سفید قابل بازسازی می‌باشد. آزمایشگاه گروه تمام‌نگاری مرکز تحقیقات لیزر سازمان انرژی اتمی ایران پس از تلاشهای زیاد و پی‌گیر و بهره‌گیری از توجه مسئولین مرکز لیزر توانست ساخت اولین تمام‌نگار عبوری را با موفقیت به انجام برساند. پس از آن درباره ساختن تمام‌نگار بازتابی که با استفاده از شرط گزینش براگ در حجم محیط حساس به نور ضبط می‌شود و با نور سفید قابل بازسازی است، مطالعاتی را انجام داد ولی به علت موجود نبودن تیغه مخصوص تمام‌نگار حجمی، موقتا" تا دسترسی به این نوع تیغه مطالعه خود را متوجه به ساخت تمام‌نگار قوس و قزحی نمود. مسائل و مشکلات ساخت این نوع تمام‌نگار به سرعت برطرف و نتیجه حاصل کاملا" رضایت بخش است. در این مقاله پس از ذکر تئوری تمام‌نگار قوس و قزحی به مشکلات کار و روش برطرف کردن آنها اشاره شده و نتیجه بدست آمده ارائه می‌شود.

روش تمام‌نگار قوس و قزحی

این تمام‌نگار نوع نسبتا" جدیدی از تمام‌نگارهاست که با نور سفید قابل بازسازی است و طرز ساخت آن از این قرار است:

ابتدا یک تمام‌نگار عبوری (تمام‌نگار مادر) به روش عادی ساخته می‌شود (شکل ۱ـالف)، پس از فرآیند پردازش، تمام‌نگار با مزدوج موج مرجع (در جهت مخالف موج مرجع) بازسازی می‌شود تا یک تصویر حقیقی از شیئی ایجاد شود (شکل ۱ـ ب). ولی بجای اینکه همه سطح تمام‌نگار روشن شود، یک شکاف باریک افقی به عرض تقریبی ۱۰ میلی‌متر (۲) جلوی تمام‌نگار گذاشته می‌شود (شکل ۱ـ ج). این شکاف اختلاف منظر (Parallax) عمودی جسم را حذف می‌کند ولی اختلاف منظر افقی که مهمتر است



شکل ۱ــ مراحل تولید تمام‌نگار قوس و قزح

و باعث دیده شدن جسم به صورت سه بعدی اســت ، حذف نمی‌شود . بــا حــذف اختلاف منظر عمـودی ، رنگهای مختلف به هنگام بازسازی با نور سفید در هم مخلوط نمی‌شوند . با قرار دادن صفحه حساس تمام‌ــ نگاری در محل تصویر حقیقی و تابانــدن یــک مــوج مرجع بــه آن ، دومین تمـام نگـار ضبط مــی‌شـــود (شکل ۱ــ د) . پس از فرآیند پردازش، تمـام‌نگـار دوم با نور سفیدی که در خلاف جهت باریکه مـرجع به آن می‌تابد بازسازی می‌شود . در بازســازی جسم، فقط پرتوهائی که در خلاف جهت پرتوهای شیئی، در جریان ضبط دوم به تمام‌نگار می‌رسند شرکت می‌کنند. بنابر این نور تنها بسمت تصویر حقیقی شکاف باریک

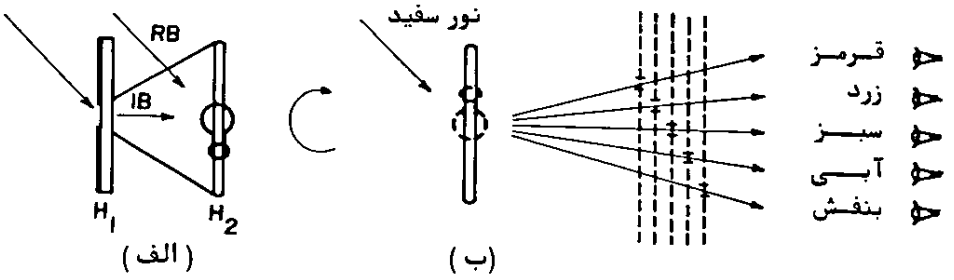
افقی که در جلو تمام‌نگار مادر قرار داده شـده بود ، پراشیده خواهد شد . وقتی برای بازسازی از نورسفید استفاده شود ، شکافهای بسیاری در فضا ، یکی بالای دیگری تشکیل خواهد شد که هر کدام رنگ مربوط بـه خود را دارد . چون نور قرمز تحت زاویـه بـزرگتـری پراشیده می‌شود ، در بـالای رنگهـای دیگـر دیـده می‌شود در حالیکه شکاف بنفش در پائین رنگها قـرار دارد (۳) . همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد ، یک شکاف افقی روی تمام‌نگار مـادر H_1 (الف) قرار داده شده است . این عمل باعث بوجود آمـدن یک تمام‌نگار تصویری H_2 می‌شـود کـه در آن بـه جای اطلاعات عمودی یک توری پراش جایگزین شده است . (یک هولوگرام جزئی کـه از تـداخل بین IB و RB ایجاد شده است) . هنگامی که H_2 بازسازی می‌شـود (ب) ، تصویر شکاف در نزدیکی چشم نـاظر ایجـاد می‌شود ، و هنگامی که H_2 بـا نـور سفید بـازسازی می‌شود ، موقعیت تصویر شکاف برحسب طـول مـوج نور تغییر می‌کند . ناظر بسته به ارتفاع نقطه‌نظری که دارد ، تصویر را با یکی از رنگهـای طیف نـور سفید خواهد دید .

وقتی که ناظر چشمهای خـود را در محل تصویـر حقیقی شکاف قرار می‌دهد ، تصویر جسم را فقط بـا یک رنگ (رنگی که به چشم ناظر می‌رسد) مـی‌بینـد . اگر ناظر چشمهای خود را در راستای قـائم حـرکت دهد ، جسم را به رنگهای دیگر خواهد دیـد . وجـه تسمیه این تمام‌نگار تحت عنوان تمـام‌نگـار قـوس و قزحی بدین جهت است که رنگ تصویر با تغییر زاویه، تغییر می‌کند (۴) .

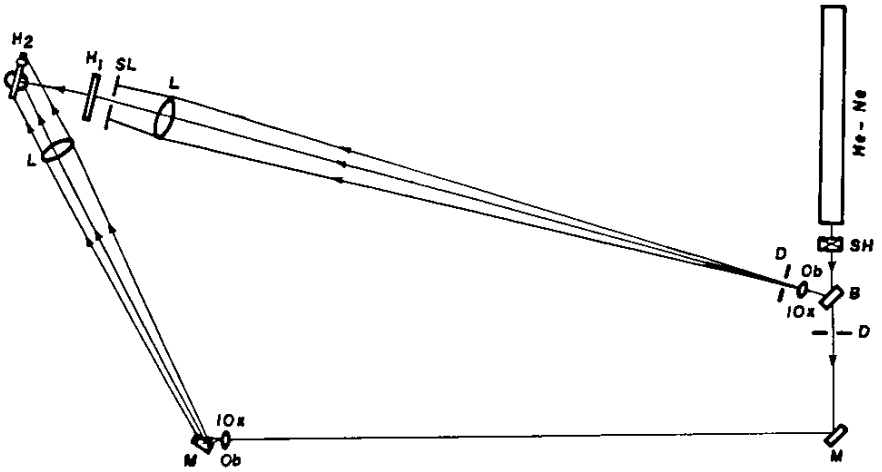
آرایش تجربی

شکل ۳ــ آرایش تجربی بکار رفتـه در تهیه ایـن تمام‌نگار قوس و قزحی را نشان می‌دهـد . المانهـای بکار رفته در این شکل عبارتند از : لیزر هلیوم نئون He-Ne ، شاتر (SH) ، تقسیم‌کننده باریکه (B) بـا نسبت ۱/۱۰۰ ، دیافراگم (D) ، آینه (M) ، عدسی (L) ، شیئی میکروسکوپ (Ob) با بزرگنمائی 10X ، شکاف (SL) ، هولوگرام مادر (H_1)، و هولـوگـرام نهائی (H_2) .

قبل از رسیدن به نتیجـه مطلوب ، چنـد آرایش تجربی مورد استفاده قرار گرفت کـه چون در آنهـا زاویه بین موج تصویر (مـوجی کـه از بازسـازی H_1 ایجاد می‌شود) و موج مرجع مناسب انتخـاب نشـده بود ، در بازسازی H_2 ، تصویر مـرتبه اول و تصویـر مستقیم روی هم افتاده و در نتیجـه در هـم رفتگی



شکل ۲ــ ساخت یک هولوگرام قوس و قزح



شکل ۳ـ آرایش تجربی استفاده شده در این پرتونگار .

رنگها ، تصویر نه تنها واضح نبود بلکه به رنگ یکنواخت نقره‌فام دیده می‌شد . با استفاده از آرایش تجربی شکل ۳ که در آن موج مرجع از زیر تصویر به آن تابیده و زاویه‌آن با موج تصویر حدود 45° بود ، در بازسازی تمام‌نگار H_2 ، تصویر مرتبه اول کاملا" واضح و جدا از تصویر مستقیم و طبق پیش‌بینی نظریه ، به رنگهای مختلف (قرمز در بالا و بنفش در پائین) مشاهده می‌شود .

نتیجه‌گیری

پس از موفقیت در ساختن تمام‌نگار عبوری با نور لیزر He-Ne ، تمام‌نگار قوس و قزحی با نور همان لیزر ساخته شده و با نور سفید بازسازی گردید . اگر چه کار انجام یافته برای دنیای تمام‌نگاری تازگی ندارد ولی باید پذیرفت که همواره تحقق بخشیدن به نظریه از طریق تجربه کار آسانی نیست . خوشحالی گروه تمام‌نگاری مرکز لیزر سازمان انرژی اتمی از بدست آوردن این موفقیت ازاین جهت است که رفع موانع و مشکلات در مدت کوتاه کمتر از یک ماه آن هم با کمبود وسایل و لوازم و فضای آزمایشگاهی انجام گرفته است و امید است این گام اول راه را برای برداشتن گامهای بعدی که قطعا" با توجه بیشتر مسئولین باید توام باشد باز نماید .

قدردانی

از کلیه مسئولین و همکاران مرکز لیزر که ما را در به انجام رساندن این کار یاری کرده‌اند تشکر و قدردانی می‌گردد .

References

1. P. Hariharan, Optical Holography, Principles, Techniques and Applications, Cambridge University Press (1984).

2. N. Abramson, the Making and Evaluation of Holograms, Academic Press (1981).
3. G. Saxby, Practical Holography, Prentice Hall International (UK) Ltd. (1988).
4. N. Abramson, Holographic Contouring by Translation, Applied Optics, Vol. 15, 4 (1976).

CONSTRUCTION OF A RAINBOW HOLOGRAM

N. Partovi-Shabestari and H. Madjidi-Zolbanine
Laser Research Centre
Atomic Energy Organization of Iran

Abstract

This is a new type of transmission hologram in which vertical parallax is sacrificed by puting a rectangular slit horizontally in front of the master hologram in reconstruction. The rainbow hologram is an image hologram which consists of recording the image reconstructed by the master hologram. Since depth perception depends essentially upon horizontal parallax, the loss of information due to giving up the vertical parallax is less important

This hologram can be reconstructed by white light and observer can see the image in different colors by changing the height of his viewpoint. In this paper, the theory of this hologram, the methods of construction and reconstruction and the results are presented and discussed.