

可搬型ホログラム記録装置 Portable holographic recording setup

原田建治*, 酒井大輔*, 亀丸俊一*, 福田隆史**

Kenji Harada*, Daisuke Sakai*, Shun-ichi Kamemaru* and Takashi Fukuda*

*北見工業大学情報システム工学科, 〒090-8507 北海道北見市公園町 165

**産業技術総合研究所, 〒305-8565 茨城県つくば市東1-1-1

*Department of Computer Science, Kitami Institute of Technology,
165 Koen-cho, Kitami, Hokkaido 090-8507 Japan

**Photonics Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and
Technology (AIST), 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8565 Japan

Abstract

Two types of portable holographic recording setups using azobenzene polymer materials have been designed as educational equipment for students. The sizes of these optical setups were 45 cm × 75 cm and 30 cm × 40 cm. A Nd:YVO₄ laser at a wavelength of 532 nm was used. The recording characteristics of the setups were evaluated. Fourier transform holograms were successfully recorded and reconstructed on a conventional desk in a high school classroom.

Keywords: hologram, azobenzene polymer, surface relief hologram, Fourier transform hologram, educational equipment

1. はじめに

ホログラフィー技術は、1948年にガボールによって発表された。ホログラフィーとは、光の干渉を利用して光波の位相、振幅分布を記録・再生する方法であり、干渉縞を記録材料に記録したものをホログラムという。ホログラム記録実験は魅力的な教材の一つであり、光の干渉性を理解するのに非常に効果的である。しかし、通常のホログラム記録・再生実験は暗室や除振台などの設備が整った教育機関以外では実施できないのが現状である。また、ホログラム記録に使用する銀塩感光材料は取り扱いが難しく、現像・定着処理に暗室を必要とするため、学生実験等で実施する際には、実験場所や実験

時間等の問題が生じる。そこで、ホログラム記録材料として取り扱いが容易で現像処理のいらないアゾベンゼン高分子材料を使用したホログラム記録装置を提案する。また、大学の講義や高校での出前授業で使用するための可搬型ホログラム記録装置を試作し、実際に出前授業で使用したので報告する。

2. アゾベンゼン高分子材料

アゾベンゼン高分子材料は多様かつユニークな光機能を有するため、幅広い研究が進められてきた。近年、青～緑色の干渉光を照射することにより、アゾベンゼン高分子薄膜上にレリーフ型のホログラムが形成されることが報告

された^{1,2)}。このホログラムは明るい部屋でも記録が可能であり、現像処理を必要としない。また、ホログラムの書き換えも可能であるため、新しい記録材料として注目されている³⁾。本研究では、アゾベンゼン高分子材料として粉末状のポリオレンジトム1を用いる。これを溶媒のシクロヘキサノンに溶かしガラス上にコートして使用する。作製したアゾベンゼン高分子薄膜を図1に示す。作製した材料はオレンジ色をしており、基板の大きさは約17 mm×25 mmとした。用途に合わせてさまざまなサイズの基板にコートすることが可能である。



図1 アゾベンゼン高分子薄膜

3. 可搬型ホログラム記録装置

アゾベンゼン高分子材料を記録材料として用いる可搬型ホログラム記録装置を試作した。持ち運びが可能で、場所を選ばずにどこでも使用可能なホログラム記録装置であることから、本装置の名称を『どこでもホログラム』とした。図2に試作した『どこでもホログラム』を示す。45 cm×75 cm (厚さ1 cm, 重量10 kg) のブレッドボード上に光学素子を配置した。光学素子、ブレッドボード、光源を含めた総重量は約15 kgである。光源には20 mW, 波長532 nmのNd:YVO₄ レーザー(高知豊中技研社製)を用いた。光学素子は、図3に示すレンズ、スペイシャルフィルター、ミラー、サンプルホルダー等で構成されており、全体の価格は約62万円である。本装置を用いることで、明るい部屋でもフーリエ変換ホログラムを簡単に記録・再生できる。光学装置の概略図は図4に示す。レーザー光をハーフミラーで二分割し、一方を物体光

とする。物体光をスペイシャルフィルターで拡げ、レンズを用いて平行光にして入力画像に入射する。入力画像を透過した光をレンズで集光して記録材料に照射する。このとき、参照光が記録材料上で物体光と同じ場所に照射されるように調整する。

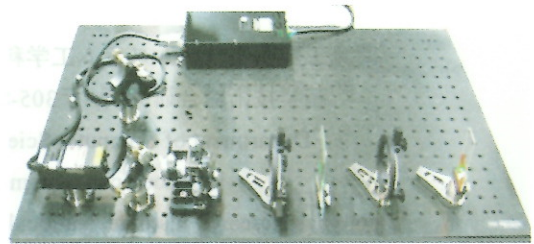


図2 可搬型ホログラム記録装置
『どこでもホログラム』

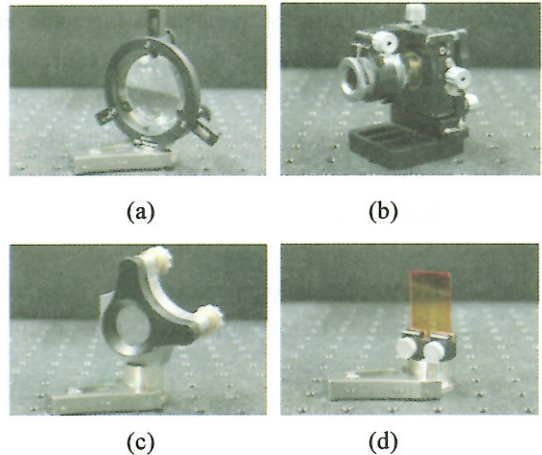


図3 使用した各種光学素子 (a)レンズ, (b)スペイシャルフィルター, (c)ミラー, (d)サンプルホルダー

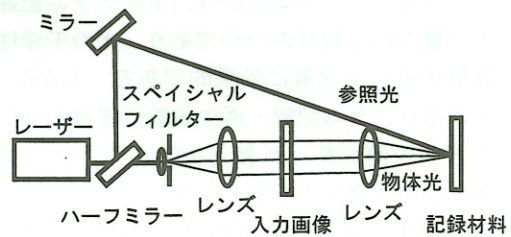
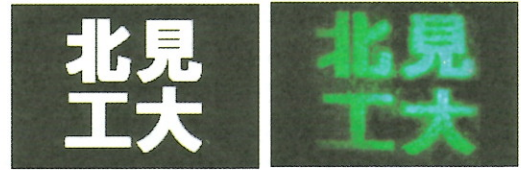


図4 光学系の概略図

図5 (a)に示す入力画像(北見工大の文字)を記録したところ、数秒で再生像が視認でき、約2分で回折効率6%の再生像が得られた(図5 (b)). 本装置は光学素子を自由に組み替えることが可能であり、干渉実験や、回折格子記録実験、フレネルホログラム⁴⁾記録実験等が可能である。図6にフレネルホログラム記録装置を示す。フレネルホログラム記録にはレーザー、スペイシャルフィルター、記録物体およびサンプルホルダーを使用する。レーザーから出力された光をスペイシャルフィルターで拡げる。アゾベンゼン高分子薄膜の背面に記録物体を配置し、アゾベンゼン高分子材料に照射された光(参照光)と記録物体から反射された光(物体光)が干渉することでホログラム記録される。記録物体には本大学のピンバッチを用いた。図7 (a),(b)に記録物体と再生像を示す。3次元物体が再生されているのが確認できる。

次に、実施可能な実験をフーリエ変換ホログラム記録・再生のみに限定した小型の『どこでもホログラム』を試作した。図8にその写真を示す。サイズは30 cm×40 cmである。光学素子、ブレッドボード、光源を含めた総重量は約6.5kgであり、大人1人で気軽に持ち運べる軽さとなった。光学装置は、スペイシャルフィルター、ミラー、レンズ、サンプルホルダー等で構成されており、価格は総額約50万円である。

『どこでもホログラム』を教育用光学実験装置として用いる場合、実験場所は光学用の設備が整えられていない高校の理科室や講義室になると考えられる。通常、光学実験室で使用されているような除振台が無い場合、振動がホログラム記録に大きな影響を与える。そこで、小型の『どこでもホログラム』を用いて、除振台上と教室の机の上でホログラムを記録したときの記録特性を比較した。その結果、教室の机の上で記録した場合は、回折効率が除振台上での実験データの半分程度になるものの、問題なくホログラムを記録・再生できることが確かめられた。



(a) (b)
図5 入力画像(a)と再生像(b)

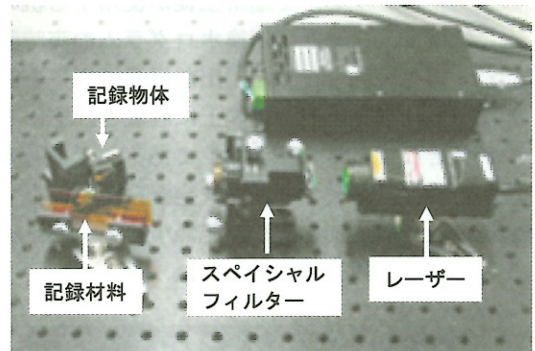
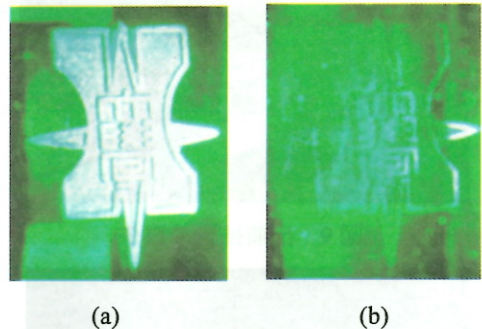


図6 フレネルホログラム記録装置



(a) (b)
図7 フレネルホログラムの(a)記録物体と(b)再生像

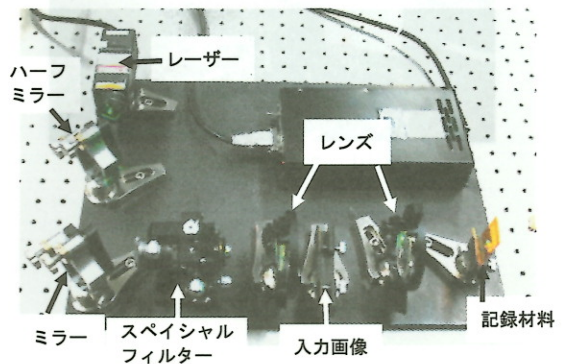


図8 小型の『どこでもホログラム』

4. 出前授業でのデモンストレーション

試作した『どこでもホログラム』のデモを北海道富良野緑峰高校での出前授業で行った。出前授業は“実験で学ぶ光の不思議”というタイトルで、光の反射・屈折、回折、干渉等の基礎から、光情報処理やホログラム等の応用を視覚的に学べる内容になっている。授業の中で『どこでもホログラム』を通常生徒が使用する机の上に設置し、フーリエ変換ホログラムの実時間記録・再生実験を行った。出前授業の様子を図9に示す。写真手前の机の上に設置されているのが『どこでもホログラム』である。デモを実施する際は、レーザー光の安全を確認した上で装置の近くに生徒を集め、記録・再生が行われている様子を観察してもらった。



図9 出前授業の様子



図10 光学装置と再生像



図11 再生像

図10に光学装置と再生像を示す。また、図11に再生像の拡大写真を示す。生徒は『緑峰』の文字が記録・再生される様子に興味を示していた。このような、実験設備が整っていない教室においても効率的にホログラムが記録・再生可能であることを確認できた。

5. まとめ

本研究では教育用の光学実験装置として、大学の講義や高校の出前授業などに持ち運び、その場で実験が可能な可搬型ホログラム記録装置『どこでもホログラム』を試作した。記録材料としてアゾベンゼン高分子薄膜を用いることで、明るい部屋でも数秒でホログラムが記録・再生できることが確認できた。出前授業でのデモでは生徒の関心が高く、光や干渉について興味を持ってもらえ、非常に好評であった。本装置は更なる軽量化、低価格化の余地を残しており、光を学ぶ上で魅力的な実験教材として利用できると思われる。

参考文献

- 1) D. Y. Kim, L. Li, J. Kamar and S. K. Tripathy: Appl. Phys. Lett. 66, 136 (1995).
- 2) P. Rochon, E. Batalla and A. Natansohn: Appl. Phys. Lett. 66, 1166 (1995).
- 3) K. Harada, H. Inoue, M. A. Elmorsy, M. Itoh, S. Umegaki and T. Yatagai: Jpn. J. Appl. Phys. 41, 1851 (2002).
- 4) 久保田敏弘: ホログラフィ入門 朝倉書店
(受理 2008年3月19日)