

機関番号：10106

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19760030

研究課題名（和文） コロナ帯電を用いたガラスへのホログラム記録

研究課題名（英文） Hologram recording in glass plate using corona charging

研究代表者

原田 建治 (HARADA KENJI)

北見工業大学・工学部・准教授

研究者番号：30312820

研究成果の概要（和文）：本研究では、新しいガラスへの記録方式である、コロナ帯電を利用したガラスへのホログラム記録に関する評価を行なった。現在までに、コロナ帯電を用いたガラスへのホログラム記録のメカニズム解明および、ホログラム記録の最適化、耐環境性評価をおこなった。本ホログラムは他の材料にない高い耐環境性を有しており、今後の実用化が可能であることを確認した。

研究成果の概要（英文）：In this research, we estimated the recording characteristics of hologram in glass plate using corona charging. Recording mechanism was clearly understood. The thermal and UV light resistances of the hologram were evaluated. This glass hologram has high thermal and UV resistances. This technique is a promising technique of recording holograms in glass plate.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	0	1,200,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
総計	3,200,000	600,000	3,800,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎 応用光学・量子光工学

キーワード：ガラス、ホログラム、アゾベンゼン、コロナ帯電、複製

1. 研究開始当初の背景

ホログラム記録材料として、従来から銀塩感光材料やフォトポリマー等が用いられているが、耐環境性に弱く代替材料の発掘が望まれていた。そのような中、ホログラムを記

録したポリマー薄膜をコートしたスライドガラスをコロナ帯電することで、ホログラム情報がガラス内部にも転写・記録されていることを偶然発見した。ガラス自体を情報記録媒体として利用する新しい記録方式になり

うると考え、研究をスタートした。

2. 研究の目的

ガラスは透明性が高く、化学的安定性に優れているため、様々な用途に用いられている。窓ガラス、テレビのガラスパネル、ガラス光ファイバー、光学レンズ等、我々の生活にガラスは欠かせないものとなった。時代とともにガラスの加工技術も進化し、機械的研磨・切断や、電子ビーム、レーザービーム等の様々な方法でガラス表面の加工を行う技術が確立された。

我々が提案・研究をおこなうガラスへの記録方式は、一般的な可視光レーザーを用いて、一般的なガラスにレーザー干渉光として情報を簡便にホログラム記録する新しい方式である。記録メカニズムの解析や、記録特性評価およびデバイス応用を目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、新しいガラスへの記録方式である、“コロナ帯電を利用したガラスへのホログラム記録”の方式を確立し、将来の実用化につながるような研究を実施していく。具体的には、(1) ガラスへのホログラム記録の評価および最適化、(2) ガラスへのホログラム記録時のメカニズムの解明、(3) ガラスへのホログラム記録の光学素子応用、の3つを軸として研究を進めた。

4. 研究成果

本研究でのガラスへのホログラム記録方法は、これまでに報告されている記録方法とは異なり、電場の印加をブレイクスルーとして、従来の可視域波長のレーザーを用いて一般的なガラスへのホログラム記録を可能とする、全く新しい記録方法である。

ソーダ石灰ガラス、硼珪酸ガラス、熔融石英ガラスの3種類のガラス基板を用いて回折格子の記録特性を評価した。それぞれのガラス基板の大きさは25×25×1 (mm)である。アゾベンゼン高分子薄膜上に記録された、1次回折効率が2%の表面レリーフ型回折格子をテンプレートとして用いた。それぞれのサコロナ帯電装置を用いて140°Cに加熱しながら6kVの電圧を印加し、30分間帯電を行なうことで、薄膜上の回折格子をガラス基板に記録した。その後アセトンによる超音波洗浄により、それぞれのサンプル上からアゾベンゼン高分子薄膜を完全に除去した。コロナ帯電後はソーダ石灰ガラス及び硼珪酸ガラスのサンプルの回折効率が増強された。また、アゾベンゼン高分子薄膜を完全に除去したサンプルでは、ソーダ石灰ガラスのみで1次回折光を確認することができた。ガラスに記録された回折格子は回折効率が非常に低いが、ハロゲンライト等を用いて観察することが可

能である。Fig.1 に半円状の回折格子が記録されたガラス基板の写真を示す。

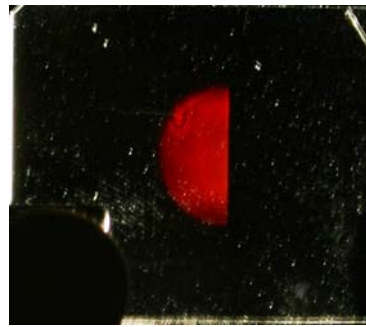


Fig. 1 ガラスに記録された回折格子

ガラス基板上にアゾベンゼン高分子薄膜を再コーティングし、もう一度コロナ帯電を行なうことで、ガラス基板に記録されている回折格子を、アゾベンゼン高分子薄膜上にレリーフ構造として再現することが可能である。ソーダ石灰ガラスにおいては再コロナ帯電を行うことで、回折効率24.2%の回折光が得られた。また、ガラス単体では回折光を確認できなかった、硼珪酸ガラスにおいても、アゾベンゼン薄膜を再コートしコロナ帯電することで、回折効率12.3%の回折光が得られた。現在までに実験により確認されているソーダ石灰ガラスへのホログラム記録特性をTable.1に示す。300°Cの加熱に耐えうる等、非常に高い耐環境性を有していることが分かった。

Table. 1 ガラスホログラムの記録特性

解像度	3000 本/mm 以上
回折効率	0.04% (454 nm)
記録方式	表面レリーフ型及び内部変調型
透明性	高透明
耐熱性	300°C 24 時間以上
耐光性	UV 照射(170mW/cm) 24 時間以上
耐水性	室温の水道水 24 時間以上

デバイス応用として、ガラスへのフーリエ変換ホログラムの記録実験を行った。回折格子作製と同様の手順で作製をおこない、波長532nmのNd:YVO₄レーザーを用いてガラス基板に記録されたフーリエ変換ホログラムを再生した。得られた回折像をFig. 2(a)に示す。この時、波長532nmで0.03%の1次回折効率

が得られた。また、QRコードのようなデジタルデータを記録・再生することも可能であった。(Fig. 2(b))

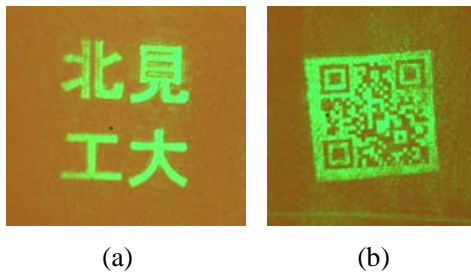


Fig. 2 フーリエ変換ホログラムの再生像

周期 $1\mu\text{m}$ のホログラムが記録されたガラス基板を原子間力顕微鏡により観察した。Fig. 3に観察像を示す。2nm程度の凹凸としてホログラムが記録されていることを確認できた。この凹凸は高温で加熱しても消去されることなく、逆に増強される。Fig. 4にFig. 3のサンプルを 300°C で24時間加熱した後のAFM像を示す。レリーフの周期は変わらないが、レリーフ深度がおよそ7nmに増大されており、1次回折効率も増加した。共焦点顕微鏡を用いることにより、ガラス内部にも周期構造が記録されていることを確認しており、ホログラムはガラスの表面および内部の両方に記録されていることがわかった。

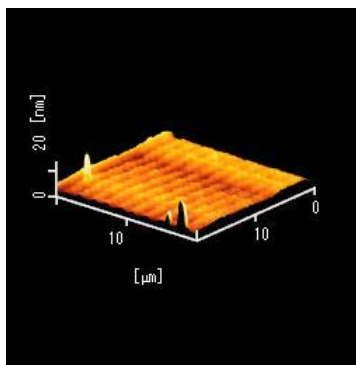


Fig. 3 ガラスに記録されたホログラムのAFM像

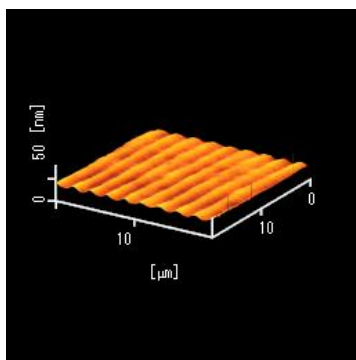


Fig. 4 加熱後のAFM像

本研究では、ガラスへのホログラム記録に関する研究を行った。本記録方法では、これまでに報告されてきたガラスへの記録方法とは異なり、従来の可視域波長のレーザーを用いて一般的なガラスへのホログラム記録が可能である。ガラスに記録されたホログラムは可視域波長のレーザーで直接読み出すことができる。このホログラムは耐環境性に優れ、アゾベンゼン高分子薄膜や一般的なPMMA薄膜を用いることで、レリーフ形状として高い回折効率で再現することも可能であることから、本記録方法はガラスへの新しい記録方法の一つとして期待される。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計5件)

- ① Daisuke Sakai, Kenji Harada, Shun-ichi Kamemaru, and Takashi Fukuda, Hologram Recording in Various Glass Plates by Corona Charging, *Opt. Rev.* **14** (2007) 339-342 査読有
- ② Daisuke Sakai, Kenji Harada, Shun-ichi Kamemaru, Daisuke Barada, Fuminobu Sato, and Takashi Fukuda, Recording Characteristics of Hologram in Glass Plate Using Corona Charging, *Japanese Journal of Applied Physics* **47** (2008) 7929-7931 査読有
- ③ Daisuke Sakai, Daichi Miho, Kenji Harada, and Takashi Fukuda, Improved Corona-Charging-Assisted Surface Relief Amplification on Polymer Film for Low-Noise Hologram, *Japanese Journal of Applied physics* **48** (2009) 09LE01 査読有
- ④ Daisuke Sakai, Kenji Harada, Shun-ichi Kamemaru, Daisuke Barada, Fuminobu Sato, and Takashi Fukuda, Hologram Recording in Glass and Direct Reconstruction Using Visible-Wavelength Laser Beam, *Optical Review* **16** (2009) 335-338 査読有
- ⑤ Daisuke Sakai, Daichi Miho, Kenji Harada, and Takashi Fukuda, Study of Grating Structures Transferred of Glass Substrates via Corona Charging, *Japanese Journal of Applied physics* **49** (2010) 01AE01 査読有

[学会発表] (計12件)

- ① D. Sakai, K. Harada, S. Kamemaru, and T. Fukuda, A method of holographic recording in glass using corona charging (invited), The Seventh Finnish-Japanese Joint Symposium on Optics in Engineering 2007, Hotel Cumulus Pinja, Finland, 2007年8月9日
- ② 酒井大輔, 原田建治, 塚原俊之, 亀丸俊

- 一、福田隆史，コロナ帯電を用いたガラス基板へのホログラム記録時の露光及び帯電条件，第 68 回応用物理学学会学術講演会，北海道工業大学，2007 年 9 月 6 日
- ③ 塚原俊之，酒井大輔，原田建治，亀丸俊一，コロナ帯電を用いたアゾベンゼン高分子の表面レリーフ形成に関する研究，第 68 回応用物理学学会学術講演会，北海道工業大学，2007 年 9 月 8 日
- ④ D.Sakai, K.Harada, S.Kamemaru, D.Barada, F.Sato and T.Fukuda, Holographic recording in glass and direct reconstruction by visible wavelength laser beam, 6th international conference on optics-photonics design and fabrication, Taiwan, 2008 年 6 月 10 日
- ⑤ K.Harada, T.Tsukahara, D.Sakai, S.Kamemaru, T.Fukuda, D.Barada, and T.Yatagai, Replication technique of hologram using azobenzene-containing polymer film, 6th international conference on optics-photonics design and fabrication, Taiwan, 2008 年 6 月 10 日
- ⑥ D.Miho, K.Harada, D.Sakai, T.Tsukahara and S.Kamemaru, Recording of Fourier transform hologram in glass plate, International topical meeting on information photonics 2008, Awaji yumebutai, 2008 年 11 月 19 日
- ⑦ 酒井大輔，原田建治，三保大地，茨田大輔，福田隆史，コロナ帯電による表面レリーフ増強法におけるベーキング処理の効果，第 56 回応用物理学関係連合講演会，筑波大学 2009 年 4 月 1 日
- ⑧ 三保大地，原田建治，酒井大輔，福田隆史，コロナ帯電を用いたガラスへの表面レリーフホログラム記録とその増強，第 56 回応用物理学関係連合講演会，筑波大学，2009 年 4 月 1 日
- ⑨ D. Sakai, D. Miho, K. Harada, D. Barada, and T. Fukuda, Replicative fabrication of diffractive structure from self-assembled particles onto a glass substrate using corona charging treatment, Optics in Engineering 2009, Tokyo University of Science, 2009 年 9 月 4 日
- ⑩ 酒井大輔，原田建治，三保大地，茨田大輔，福田隆史，ガラスへの機能性付加に向けたコロナ帯電による光学記録の転写・消去に関する研究，第 70 回応用物理学学会学術講演会，富山大学，2009 年 9 月 8 日
- ⑪ 三保大地，蓑口諒平，酒井大輔，福田隆史，原田建治，ガラスに記録されたホロ

グラムを増強における加熱温度依存性，第 70 回応用物理学学会学術講演会，富山大学，2009 年 9 月 8 日

- ⑫ D. Miho, K. Harada, D. Sakai, T. Tsukahara, and S. Kamemaru, Recording of Fourier Transform Hologram in Glass Plate, Information Topical Meeting on Information Photonics 2008, Awaji Yumebutai International Conference Center, 2009 年 11 月 19 日
- ⑬ R. Minoguchi, T. Yamaguchi and K. Harada, Hologram recording in glass plates, IWMST 2010, Kitami Inst. of Tech., 2010 年 9 月 5 日

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 1 件）

名称：情報記録媒体の製造方法及び情報記録媒体

発明者：原田建治 ほか

権利者：北見工業 大学

種類：特願

番号：2009-189460

出願年月日：2009年8月18日

国内外の別：国内

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

特筆事項なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

原田 建治 (HARADA KENJI)

北見工業大学・工学部・准教授

研究者番号：30312820

(2) 研究分担者

なし