

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6199555号
(P6199555)

(45) 発行日 平成29年9月20日(2017.9.20)

(24) 登録日 平成29年9月1日(2017.9.1)

(51) Int.Cl. F I
GO3H 1/04 (2006.01) GO3H 1/04
GO3H 1/02 (2006.01) GO3H 1/02

請求項の数 2 (全 21 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-263938 (P2012-263938) (22) 出願日 平成24年12月3日(2012.12.3) (65) 公開番号 特開2014-109687 (P2014-109687A) (43) 公開日 平成26年6月12日(2014.6.12) 審査請求日 平成27年11月27日(2015.11.27)</p> <p>特許法第30条第2項適用 平成24年8月27日発行の第73回応用物理学会予稿集で発表 平成24年9月5日発行の第61回高分子討論会予稿集(61巻2号)で発表 平成24年11月26日発行のThe 9th SPSJ International Polymer Conference (IPC2012)の予稿集で発表</p>	<p>(73) 特許権者 504255685 国立大学法人京都工芸繊維大学 京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地 (74) 代理人 100143122 弁理士 田中 功雄 (72) 発明者 堤 直人 京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地 国立大学法人京都工芸繊維大学内 (72) 発明者 木梨 憲司 京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地 国立大学法人京都工芸繊維大学内 (72) 発明者 ジャン・ゴック・ハ 京都府京都市左京区松ヶ崎橋上町1番地 国立大学法人京都工芸繊維大学内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	--

(54) 【発明の名称】 3次元ホログラム形成方法及び3次元ホログラム形成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

フォトリフラクティブ複合体が設けられたフォトリフラクティブ素子に、電界を印加した状態で、フォトリフラクティブ性を発現可能な波長を有する物体光及び参照光を照射してホログラム像を記録するステップであって、

10V/μm～40V/μmの電界で10%以上の回折効率を生じる前記物体光及び参照光の400nm～650nmの波長を選択し、前記フォトリフラクティブ素子に当該物体光及び参照光を照射してホログラム像を記録するステップと、

ホログラム像が記録された前記フォトリフラクティブ素子にプローブ光を照射して当該ホログラム像を表示するステップと、を含み、

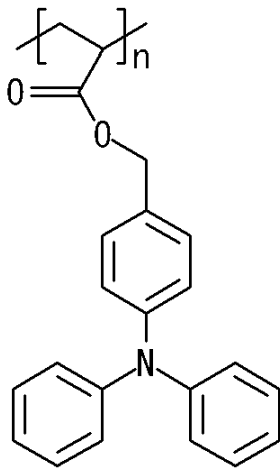
前記フォトリフラクティブ複合体が下記式(1)で表されるトリフェニルアミンアクリレートポリマー、増感剤、非線形光学色素、及び可塑剤を含有し、

前記増感剤が、[6,6]-フェニルC₆₀ブタン酸メチルエステル(PCBM)であり、前記非線形光学色素が、[[4-(ヘキサヒドロ-1H-アゼピン-1-イル)フェニル]メチレン]プロパンジニトリル(7-DCT)であり、前記可塑剤がフタル酸ベンジルブチル(BBP)であり、

前記増感剤の含有量が、当該フォトリフラクティブ複合体100重量%に対して1.0～10重量%であり、前記非線形光学色素の含有量が、当該フォトリフラクティブ複合体100重量%に対して30～40重量%であり、前記可塑剤の含有量が、当該フォトリフラクティブ複合体100重量%に対して、4～10重量%であることを特徴とする3次元

ホログラム形成方法。

【化 1】



(1)

10

【請求項 2】

フォトリフラクティブ複合体が設けられたフォトリフラクティブ素子と、

前記フォトリフラクティブ素子に、電界を印加した状態で、フォトリフラクティブ性を発現可能な波長を有する物体光及び参照光を照射してホログラム像を記録する記録機構であって、 $10\text{ V} / \mu\text{m} \sim 40\text{ V} / \mu\text{m}$ の電界で10%以上の回折効率を生じる前記物体光及び参照光の $400\text{ nm} \sim 650\text{ nm}$ の波長を選択し、前記フォトリフラクティブ素子に当該物体光及び参照光を照射してホログラム像を記録する記録機構と、

20

ホログラム像が記録された前記フォトリフラクティブ素子にプローブ光を照射して当該ホログラム像を表示させる表示機構と、を備え、

前記フォトリフラクティブ複合体が請求項 1 に記載の上記式 (1) で表されるトリフェニルアミンアクリレートポリマー、増感剤、非線形光学色素、及び可塑剤を含有し、

前記増感剤が、[6, 6] - フェニル C_{60} ブタン酸メチルエステル (PCBM) であり、前記非線形光学色素が、[[4 - (ヘキサヒドロ - 1H - アゼピン - 1 - イル) フェニル] メチレン] プロパンジニトリル (7 - DCST) であり、前記可塑剤がフタル酸ベンジルブチル (BBP) であり、

30

前記増感剤の含有量が、当該フォトリフラクティブ複合体 100 重量% に対して 1.0 ~ 10 重量% であり、前記非線形光学色素の含有量が、当該フォトリフラクティブ複合体 100 重量% に対して 30 ~ 40 重量% であり、前記可塑剤の含有量が、当該フォトリフラクティブ複合体 100 重量% に対して、4 ~ 10 重量%であることを特徴とする 3 次元ホログラム形成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は静止画及び動画像を 3 次元映像として立体表示させる 3 次元ホログラム形成方法及び 3 次元ホログラム形成装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

ある種の物質は良好な電荷輸送能を有することが知られており、その応用事例としてフォトリフラクティブ効果がある。フォトリフラクティブ効果とは、レーザーを照射するとポッケルス効果によって物質の屈折率が変化することである。具体的には 2 本のコヒーレントなレーザー光をクロスさせて媒体に照射する場合が挙げられる。クロスしたビームは互いに干渉し、媒体に周期的な干渉縞が形成される。この干渉縞においては、明所・暗所が交互に交差し、明所では媒体が光励起されて電荷キャリアが生成され、生成された電荷キャリアは、媒体に印加された外部電場によって明所からドリフト移動し、暗所でトラップされる。これにより、媒体には、周期的な電荷密度の分布が生じる。この周期的な電荷

50

密度の分布は、ポッケルス効果を介して媒体に屈折率の周期的な変化を誘起する。

【 0 0 0 3 】

このようなフォトリフラクティブ効果を用いることで、歪曲した媒体からのイメージング、実時間ホログラフィー、超多重ホログラム記録、3Dディスプレイ、3Dプリンター、更には光増幅、光ニュートラルネットワークを含む非線形光情報処理、パターン認識、光リミッティング、高密度光データの記憶等への応用が期待されている。

【 0 0 0 4 】

フォトリフラクティブ媒体を用いて3次元画像を記録及び再生する技術として例えば次の技術が挙げられる。フォトリフラクティブ材料に、芳香族第3級アミンとアルデヒドとの付加重合体を用いることで当該材料の応答速度、安定性、機械強度等を向上させたホログラム表示装置が知られている（特許文献1）。

10

【 0 0 0 5 】

分子量1500以上のカルバゾール化合物、分子量1000以下のカルバゾール化合物及び増感剤、可塑剤をそれぞれ所定の配合量で含有させたフォトリフラクティブ材料を用いた素子を組み込んだホログラム表示装置が知られている（特許文献2）。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 1 - 2 5 5 5 6 6 号 公 報

【 特許文献 2 】 特許 2 0 0 5 - 2 2 7 3 1 1 号 公 報

20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

特許文献1及び特許文献2のホログラム表示装置でホログラム像を表示させる場合、高い電界下でフォトリフラクティブ素子の応答性等の機能を発現させている。装置の高機能化を実現するには、フォトリフラクティブ素子に高電界を印加する必要があるが、高電界を長時間印加すると、当該素子を構成する樹脂の劣化が生じてしまう。例えば有機ELディスプレイを高機能化するには高電界を印加することが必要であるが、高電界を長時間印加することで素子が絶縁破壊し易くなる。更に、高い電圧を要するため必要電力量が大きくなり、非効率であるといった問題もある。

30

【 0 0 0 8 】

そこで本発明は上記従来技術の問題点に鑑み、高性能であると共に信頼性が高く、かつ高効率で3次元ホログラムを形成できる3次元ホログラム形成方法及び3次元ホログラム形成装置を提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

本発明者は上記課題を解決するべく鋭意検討を行った。高機能化、信頼性及び高効率の観点から3次元ホログラム像をより低電界で形成させることが重要であると考えこの点に着目した。その結果、回折効率と印加電界の相関関係がレーザー波長に依存することを見だし、これにより上記課題を解決するに至った。

40

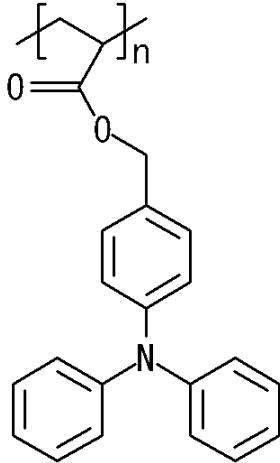
【 0 0 1 0 】

即ち本発明の3次元ホログラム形成方法は、フォトリフラクティブ複合体が設けられたフォトリフラクティブ素子に、電界を印加した状態で、フォトリフラクティブ性を発現可能な波長を有する物体光及び参照光を照射してホログラム像を記録するステップであって、 $10\text{V}/\mu\text{m} \sim 40\text{V}/\mu\text{m}$ の電界で10%以上の回折効率を生じる前記物体光及び参照光の $400\text{nm} \sim 650\text{nm}$ の波長を選択し、前記フォトリフラクティブ素子に当該物体光及び参照光を照射してホログラム像を記録するステップと、ホログラム像が記録された前記フォトリフラクティブ素子にプローブ光を照射して当該ホログラム像を表示するステップと、を含み、前記フォトリフラクティブ複合体が下記式(1)で表されるトリフェニルアミンアクリレートポリマー、増感剤、非線形光学色素、及び可塑剤を含有し、前記

50

増感剤が、[6、6] - フェニル C_{6,1} ブタン酸メチルエステル (P C B M)であり、前記非線形光学色素が、[[4 - (ヘキサヒドロ - 1 H - アゼピン - 1 - イル) フェニル] メチレン] プロパンジニトリル (7 - D C S T)であり、前記可塑剤がフタル酸ベンジルブチル (B B P) であり、前記増感剤の含有量が、当該フォトリフラクティブ複合体 1 0 0 重量%に対して 1 . 0 ~ 1 0 重量%であり、前記非線形光学色素の含有量が、当該フォトリフラクティブ複合体 1 0 0 重量%に対して 3 0 ~ 4 0 重量%であり、前記可塑剤の含有量が、当該フォトリフラクティブ複合体 1 0 0 重量%に対して、4 ~ 1 0 重量%であることを特徴とする。

【化 1】



【 0 0 1 1 】

本発明の 3 次元ホログラム形成方法によれば、ホログラム像を記録するステップで、フォトリフラクティブ素子に、低強度の電界で 1 0 % 以上の回折効率を生じる波長の物体光及び参照光を選択して照射するため、従来よりも格段に低い電界強度で高い性能を発現させることができる。フォトリフラクティブ素子に高電界が印加されず、絶縁破壊を生じさせることがないため、高い耐久性を得ることができる。更に、低電圧でホログラム像の記録が可能となっているため必要電力量が小さくてすみ、効率的である。

【 0 0 1 3 】

上記式で表されるトリフェニルアミンアクリレートポリマーは、3次元ホログラムを形成するためのフォトリフラクティブ複合体の組成物として本発明に用いられるものである。この化合物は、フォトリフラクティブ複合体として従来では用いられていなかった全く新規な化合物であり、本発明の目的である高性能化、高い信頼性及び高効率化を高い次元で達成可能とすることができる。

【 0 0 1 4 】

本発明の 3 次元ホログラム形成装置は、フォトリフラクティブ複合体が設けられたフォトリフラクティブ素子と、前記フォトリフラクティブ素子に、電界を印加した状態で、フォトリフラクティブ性を発現可能な波長を有する物体光及び参照光を照射してホログラム像を記録する記録機構であって、 $10\text{ V} / \mu\text{m} \sim 40\text{ V} / \mu\text{m}$ の電界で 1 0 % 以上の回折効率を生じる前記物体光及び参照光の $400\text{ nm} \sim 650\text{ nm}$ の波長を選択し、前記フォトリフラクティブ素子に当該物体光及び参照光を照射してホログラム像を記録する記録機構と、ホログラム像が記録された前記フォトリフラクティブ素子にプローブ光を照射して当該ホログラム像を表示させる表示機構と、を備え、前記フォトリフラクティブ複合体が上記式 (1) で表されるトリフェニルアミンアクリレートポリマー、増感剤、非線形光学色素、及び可塑剤を含有し、前記増感剤が、[6、6] - フェニル C_{6,1} ブタン酸メチルエステル (P C B M)であり、前記非線形光学色素が、[[4 - (ヘキサヒドロ - 1 H - アゼピン - 1 - イル) フェニル] メチレン] プロパンジニトリル (7 - D C S T)であり、前記可塑剤がフタル酸ベンジルブチル (B B P)であり、前記増感剤の含有量が、当該フォトリフラクティブ複合体 1 0 0 重量%に対して 1 . 0 ~ 1 0 重量%であり、前記非線

10

20

30

40

50

形光学色素の含有量が、当該フォトリフラクティブ複合体 100 重量%に対して 30 ~ 40 重量%であり、前記可塑剤の含有量が、当該フォトリフラクティブ複合体 100 重量%に対して、4 ~ 10 重量%であることを特徴とする。

【0015】

本発明の3次元ホログラム形成装置によれば、ホログラム像を記録する記録機構で、フォトリフラクティブ素子に、低強度の電界で10%以上の回折効率を生じる波長の物体光及び参照光を選択して照射するため、従来よりも格段に低い電界強度で高い性能を発現させることができる。フォトリフラクティブ素子に高電界が印加されず絶縁破壊を生じさせることがないため、高い耐久性を得ることができる。更に、低電圧でホログラム像の記録が可能となっているため必要電力量が小さくてすみ、効率的である。

10

【発明の効果】

【0016】

上記の通り本発明によれば、ホログラム像を記録するステップで、低強度の電界で10%以上の回折効率を生じる波長の物体光及び参照光を選択してフォトリフラクティブ素子に照射することで、格段に低い電界強度で高い性能を発現させることができる。従って、フォトリフラクティブ素子に絶縁破壊を生じさせないことから高い耐久性を得ることができる。更に、低電界でホログラム像の記録が可能となっているため必要電力量が小さくてすみ、効率的である。これにより、高性能、高い信頼性及び高効率性を兼ね備えた3次元ホログラム形成装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0017】

【図1】本発明の3次元ホログラム形成装置の一例を示す概略構成図である。

【図2】本発明の3次元ホログラム形成装置の他の例を示す概略構成図である。

【図3】(a)はレーザー波長を変えた場合の電界強度と回折効率の関係を表したグラフであり(b)は可塑剤を変えた場合の電界強度と回折効率の関係を表したグラフである。

【図4】コインのホログラム像を描く前の写真と、フォトリフラクティブ素子に映し出されたホログラム像の写真である。

【図5】図2の装置を用いた場合のフォトリフラクティブ素子に連続的に映し出されたホログラム像の写真である。

【図6】PVCzに配合する可塑剤を変えた場合のレーザー波長と回折効率及び感度の関係を表すグラフである。

30

【図7】PDASを用いた場合のレーザー波長と回折効率及び感度の関係を表すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の実施形態について説明する。図1は本発明の3次元ホログラム形成装置の一例を示す概略構成図である。3次元ホログラム形成装置1は、ホログラム像を記録かつ表示させるフォトリフラクティブ素子2と、物体光及び参照光をフォトリフラクティブ素子2に照射することによりホログラム像を記録する記録機構3と、プローブ光をフォトリフラクティブ素子2に照射することにより、記録機構3で記録されたホログラム像を表示する表示機構4とで主に構成されている。

40

【0019】

ホログラム像を記録する本実施形態の記録機構3は、レーザーを発振するレーザー発振器10と、このレーザー発振器10から発振されたレーザービームを反射させる第1の固定ミラー11と、この第1の固定ミラー11で反射したレーザービームの光軸上に配置された第1の半波長板12と、この第1の半波長板12を通過したレーザービームを分割してp-偏光とs-偏光の第1、第2の偏光レーザービームB1、B2とする偏光ビームスプリッター13と、第1の偏光レーザービームB1の光軸上に配置された第2の半波長板14と、この第2の半波長板14を通過した第1の偏光レーザービームB1を反射させる第2の固定ミラー15と、この第2の固定ミラー15で反射したレーザービームのビーム

50

径を拡大して物体 5 へ照射し、物体光 B 1 1 とする第 1 の光学系 1 6 と、第 2 の偏光レーザービーム B 2 のビーム径を拡大する第 2 の光学系 1 7 と、この第 2 の光学系 1 7 で拡大されたレーザービームを反射させて参照光 B 2 1 とする第 3 の固定ミラー 1 8 とで構成されている。

【 0 0 2 0 】

第 1 の光学系 1 6 はレンズ 2 0 からなり、第 2 の光学系 1 7 はレーザービームのビーム径を拡大するレンズ 2 1 とレンズ 2 2 とからなるが、これらの光学系を構成するレンズの数、種類は限定するものではない。

【 0 0 2 1 】

レーザー発振器 1 0 から発振されたレーザービームは第 1 の固定ミラー 1 1 で反射され、第 1 の半波長板 1 2 を通過後、偏光ビームスプリッター 1 3 で分割される。p - 偏光の第 1 の偏光レーザービーム B 1 は偏光ビームスプリッター 1 3 を直進し、s - 偏光の第 2 のレーザービーム B 2 は偏光ビームスプリッター 1 3 で反射される。第 1 の半波長板 1 2 を回転させることによって、偏光ビームスプリッター 1 3 を直進する p - 偏光の第 1 の偏光レーザービーム B 1 と、偏光ビームスプリッター 1 3 で反射される s - 偏光の第 2 の偏光レーザービーム B 2 の強度比を変えることができる。

10

【 0 0 2 2 】

偏光ビームスプリッター 1 3 を通過した p - 偏光の第 1 の偏光レーザービーム B 1 は、第 2 の半波長板 1 4 で s - 偏光に変換される。第 2 の半波長板 1 4 で変換された s - 偏光の第 1 の偏光レーザービーム B 1 は、第 2 の固定ミラー 1 5 で反射される。第 2 の固定ミラー 1 5 で反射された s - 偏光の第 1 の偏光レーザービーム B 1 のビーム径は、レンズ 2 0 で拡大される。ビーム径を拡大された s - 偏光の第 1 の偏光レーザービーム B 1 は、物体 5 に照射され、物体光 B 1 1 となる。

20

【 0 0 2 3 】

偏光ビームスプリッター 1 3 で反射した s - 偏光の第 2 の偏光レーザービーム B 2 は、レンズ 2 1 とレンズ 2 2 とを通過後、そのビーム径が拡大される。ビーム径が拡大された s - 偏光の第 2 の偏光レーザービーム B 2 は、第 3 の固定ミラー 1 8 で反射され、参照光 B 2 1 となる。本実施形態の装置では、複数のレーザー発振器が備えられているか、又は波長を可変のレーザー発振器が備えられており、レーザー波長を調整することができる。従って、レーザー波長を調整することで、物体光 B 1 1 と参照光 B 2 1 の波長を変更して

30

【 0 0 2 4 】

物体光 B 1 1 が参照光 B 2 1 と共にフォトリフラクティブ素子 2 に照射され、当該物体光 B 1 1 に含まれる空間的な強度分布及び位相分布を干渉縞として、当該物体光 B 1 1 の空間情報がフォトリフラクティブ素子 2 に記録される。

【 0 0 2 5 】

記録されたホログラム像を表示する表示機構 4 は、レーザーを発振するレーザー発振器 2 4 と、このレーザー発振装置 2 4 から発振されたレーザービームの光軸上に配置されたプローブ光用半波長板 2 5 と、このプローブ光用半波長板 2 5 を通過したレーザービームを反射させる第 4 の固定ミラー 2 6 と、この第 4 の固定ミラー 2 6 で反射されたレーザービームのビーム径を拡大するプローブ光用光学系 2 7 と、このプローブ光用光学系 2 7 で拡大されたレーザービームを反射させてプローブ光 B 3 1 とする第 4 の固定ミラー 2 8 とで構成されている。プローブ光用光学系 2 7 は、2 つのレンズ 2 9、3 0 からなるが、当該光学系を構成するレンズの数、種類は限定するものではない。

40

【 0 0 2 6 】

レーザー発振器 2 4 から発振されたレーザービームは、プローブ光用半波長板 2 5 で p - 偏光に変換され、第 4 の固定ミラー 2 6 で反射される。反射した p - 偏光のレーザービームのビーム径は、レンズ 2 9 とレンズ 3 0 とで拡大される。ビーム径が拡大された p - 偏光のレーザービームは、第 4 の固定ミラー 2 8 で反射されてプローブ光 B 3 1 となる。記録機構 3 によって書き込まれた空間情報は、p - 偏光のプローブ光 B 3 1 でホログラム

50

像として読み出され、フォトリフラクティブ素子 2 に表示される。

【 0 0 2 7 】

フォトリフラクティブ素子 2 には、電界を印加するための電界印加装置 3 4 が接続されており、当該素子 2 に電界を印加した状態で、ホログラム像を記録及び表示できる。更に、フォトリフラクティブ素子 2 と視認点 3 5 との間には、物体光 B 1 1 と参照光 B 2 1 とをカットするためのカラーフィルター 3 6 が設置されている。

【 0 0 2 8 】

以上の 3 次元ホログラム形成装置 1 によって、フォトリフラクティブ素子 2 へ記録機構 3 による物体光 B 1 1 と参照光 B 2 1 とを照射し、それと同時に、表示機構 4 によるプローブ光 B 3 1 を照射する。これにより、物体画像をホログラム像としてフォトリフラクティブ素子 2 に記録すると同時に、そのホログラム像をフォトリフラクティブ素子 2 へ表示させ、カラーフィルター 3 6 を通して再生画として見ることができる。

【 0 0 2 9 】

図 2 は本発明の 3 次元ホログラム形成装置の他の例を示す概略構成図である。3 次元ホログラム形成装置 5 0 は、ホログラム像を記録かつ表示させるフォトリフラクティブ素子 2 と、物体光及び参照光をフォトリフラクティブ素子 2 に照射することによりホログラム像を記録する記録機構 5 1 と、プローブ光をフォトリフラクティブ素子 2 に照射することにより、記録機構 5 1 で記録されたホログラム像を表示する表示機構 5 2 とで主に構成されている。

【 0 0 3 0 】

ホログラム像を記録する記録機構 5 1 は、レーザーを発振するレーザー発振器 5 5 と、このレーザー発振装置 5 5 から発振されたレーザービームの光軸上に配置された第 1 の半波長板 5 6 と、この第 1 の半波長板 5 6 を通過したレーザービームを反射する第 1 の固定ミラー 5 7 と、この第 1 の固定ミラー 5 7 で反射されたレーザービームのビーム径を拡大する第 1 の光学系 5 8 と、この第 1 の光学系 5 8 で拡大されたレーザービームを分割して p - 偏光と s - 偏光の第 1、第 2 の偏光レーザービーム B 5、B 6 とする偏光ビームスプリッター 5 9 と、このうち第 1 の偏光レーザービーム B 5 の偏光状態を変換して物体光 B 5 1 とする空間光変調器 5 3 と、物体光 B 5 1 を拡散板 6 7 に拡大投影させるための第 2 の光学系 6 0 と、第 2 の光学系 6 0 を通過した物体光 B 5 1 を反射させる第 2 の固定ミラー 6 1 と、物体光 B 5 1 を投影するための拡散板 6 7 と、偏光ビームスプリッター 5 9 で分割された第 2 の偏光レーザービーム B 6 のビーム径を拡大するレンズ 5 4 と、このレンズを通過した偏光レーザービーム B 6 を反射させて参照光 B 6 1 とする第 3 の固定ミラー 6 2 とを備えている。拡散板 6 7 に投影された像が物体光 B 5 1 となりフォトリフラクティブ素子 2 に照射される。

【 0 0 3 1 】

第 1 の光学系 5 8 はレーザービームのビーム径を拡大するレンズ 6 3 とレンズ 6 4 とからなり、第 2 の光学系 6 0 はレーザービームを拡散板 6 7 に拡大投影させるためのレンズ 6 5 からなるが、これらの光学系を構成するレンズの数、種類は限定するものではない。

【 0 0 3 2 】

レーザー発振器 5 5 から発振されたレーザービームは、第 1 の半波長板 5 6 を通過後、第 1 の固定ミラー 5 7 で反射される。反射したレーザービームのビーム径が、レンズ 6 3 とレンズ 6 4 とで拡大される。拡大されたレーザービームは、偏光ビームスプリッター 5 9 で分割され、p - 偏光の第 1 の偏光レーザービーム B 5 は偏光ビームスプリッター 5 9 を直進し、s - 偏光の第 2 のレーザービーム B 6 は偏光ビームスプリッター 5 9 で反射される。第 1 の半波長板 5 6 を回転させることによって、偏光ビームスプリッター 5 9 を直進する p - 偏光の第 1 の偏光レーザービーム B 5 と、偏光ビームスプリッター 5 9 で反射される s - 偏光の第 2 の偏光レーザービーム B 6 の強度比を変えることができる。

【 0 0 3 3 】

偏光ビームスプリッター 5 9 で反射された s - 偏光の第 2 のレーザービーム B 6 は、第 3 の固定ミラー 6 2 で反射されて参照光 B 6 1 となる。偏光ビームスプリッター 5 9 を通

10

20

30

40

50

過した p - 偏光の第 1 の偏光レーザービーム B 5 は、空間光変調器 5 3 に照射される。空間光変調器 5 3 の偏光特性により p - 偏光の第 1 の偏光レーザービーム B 5 は、s - 偏光のレーザービームに変換されて反射する。空間光変調器 5 3 で反射された s - 偏光の第 1 の偏光レーザービーム B 5 は、物体光 B 5 1 となり、偏光ビームスプリッター 5 9 に戻り、反射される。偏光ビームスプリッター 5 9 で反射された物体光 B 5 1 は、レンズ 6 5 で集光されつつ、第 2 の固定ミラー 6 1 で反射され、拡散板 6 7 に投影されフォトリフラクティブ素子 2 に照射される。本実施形態の装置でも、複数のレーザー発振器が備えられているか、又は波長を可変のレーザー発振器が備えられており、レーザー波長を調整することができる。従って、レーザー波長を調整することで、物体光 B 1 1 と参照光 B 2 1 の波長を変更してフォトリフラクティブ素子 2 に照射できる。

10

【 0 0 3 4 】

物体光 B 5 1 が参照光 B 6 1 と共にフォトリフラクティブ素子 2 に照射され、当該物体光 B 5 1 に含まれる空間的な強度分布及び位相分布を干渉縞として、当該物体光 B 5 1 の空間情報が、フォトリフラクティブ素子 2 に記録される。

【 0 0 3 5 】

空間光変調器 5 3 にはコンピューター 6 8 が接続されている。このコンピューター 6 8 には、動画を記録する CMOS カメラが 6 9 繋がれている。回転ステージ 7 0 上で回転する人形 (物体) 7 1 の動きが CMOS カメラ 6 9 で記録され、その映像がコンピューター 6 8 の画面上に映し出されるようになっている。

20

【 0 0 3 6 】

表示機構 5 2 のレーザー発振器 2 4 から発振されたレーザービームは、プローブ光用半波長板 7 9 で p - 偏光に変換される。p - 偏光のレーザービームのビーム径はレンズ 2 9 とレンズ 3 0 とで拡大されてプローブ光 B 7 1 となる。

【 0 0 3 7 】

フォトリフラクティブ素子 2 には、電界を印加するための電界印加装置 3 4 が接続されており、当該素子 2 に電界を印加した状態で、ホログラム像を記録及び表示できる。電界印加装置 3 4 の電界強度は調整可能である。フォトリフラクティブ素子 2 と視認点 3 5 との間には、物体光 B 5 1 と参照光 B 6 1 とをカットするためのカラーフィルター 3 6 が設置されている。記録機構 5 1 によって書き込まれた空間情報が p - 偏光のプローブ光 B 7 1 によってホログラム像として読み出され、フォトリフラクティブ素子 2 に表示される。フォトリフラクティブ素子 2 に表示されたホログラム像の光はカラーフィルター 3 6 を通過し視認される。

30

【 0 0 3 8 】

以上の 3 次元ホログラム形成装置 5 0 によって、フォトリフラクティブ素子 2 へ記録機構 5 1 による物体光 B 5 1 と参照光 B 6 1 とを照射し、それと同時に表示機構 5 2 によるプローブ光 B 7 1 を照射する。空間光変調器 5 3 に表示されるコンピューター 6 8 の映像をホログラム像としてフォトリフラクティブ素子 2 に記録すると同時に、そのホログラム像をフォトリフラクティブ素子 2 へ表示させることができる。即ち、空間光変調器 5 3 に表示される動画像のホログラム像をリアルタイムに表示させることができる。なお、以上の各 3 次元ホログラム形成装置 1、5 0 は例示であり、限定するものではなく、例えば他の構成を含ませるようにしてもよい。

40

【 0 0 3 9 】

本願発明者は、フォトリフラクティブ性能に反映される回折効率と、電界強度との相関関係が物体光及び参照光の波長に依存することを見だし、低電界下で所定以上の回折率が得られる波長を選択することで、3次元ホログラム形成装置の高性能化、高信頼性及び高効率化を実現するに至った。フォトリフラクティブ性能が物体光及び参照光の波長に依存するという考え方は、従来には無かった全く新しい概念であり、本発明は、この概念を基礎とし、更には、特定のフォトリフラクティブ複合体を用いる技術からなる。

【 0 0 4 0 】

物体光及び参照光を形成するレーザー波長の好ましい範囲は 4 0 0 nm ~ 6 5 0 nm で

50

あり、現実的に用いられるレーザー波長としては532nm～633nmである。縦軸を回折効率とし横軸を電界強度とした相関関係は、ある電界強度で回折効率のピークが現れる山型となる。物体光及び参照光の波長が短くなるに従って、回折効率のピークが低電界側にシフトし、同じ電界値でも回折効率が高くなることが認められる。ただ、物体光及び参照光の波長が短くなりすぎると、フォトリフラクティブ素子2への物体光及び参照光の透過性が極度に低下する。物体光及び参照光の透過性が低下すると、回折効率が低下する。つまり、物体光及び参照光の波長は、単に短くなればよいのではなく、当該波長には上記の好適な範囲が存在する。従って、高い回折効率を得ると同時に、印加する電界がより低くなるように、最適なレーザー波長を選択する点に本発明の特徴がある。更には、

10

【0041】

良好なフォトリフラクティブ性能を得るための回折効率の好ましい値は10%以上である、ここでいう性能とは、ホログラム像の明るさ及び鮮明性、ホログラム像を形成する応答時間をいう。回折効率を高くするに伴って、印加する電界強度も大きくなる。回折効率と電界強度との相関関係は、フォトリフラクティブ複合体の種類等に関係して変化するが、回折効率は、例えば10%～60%程度、10%～45%程度、又は10%～30%程度となるように電界強度を調整する。電界強度の好ましい範囲は10～40V/μmであり、より好ましくは10～30V/μm、最も好ましくは10～20V/μmである。フォトリフラクティブ素子2に印加する電界に、このような低強度の電界を用いれば、フォトリフラクティブ素子2の絶縁破壊を生じ難くし、フォトリフラクティブ素子2を長期に渡って使用し続けることができる。また、低い電圧を使用すればよいので、必要電力量が大きくなり、高効率な装置とすることができる。

20

【0042】

以上説明したとおり、低強度の電界で高い回折効率を得られるレーザー波長を選択し、それと共に10%以上の回折効率を得られるように電界強度を調整し、調整した電界をフォトリフラクティブ素子2に印加し、選択した波長を当該フォトリフラクティブ素子2に照射する。

【0043】

フォトリフラクティブ性能の指標として次の数式で表される感度Sを用いることができる。回折効率が大きく、単位面積当たりのレーザーエネルギーが小さく、応答時間が短くなると、感度Sは高くなる。即ち、感度Sが高くなることは、ホログラム像が明るくなり、ホログラム像を形成する速度が大きくなることを意味する。

30

【0044】

【数1】

$$S = \frac{\sqrt{\eta}}{I \times \tau}$$

(η : 回折効率、I : 単位面積当たりのレーザーエネルギー、 τ : 応答時間)

40

【0045】

従って、上記式で表される感度Sが高くなるレーザー波長を選択し、低強度の電界を印加することで、フォトリフラクティブ素子2の高い応答性、明るさ及び高い耐久性を得ることができる。このような条件下でフォトリフラクティブ素子2を用いれば、良好な応答時間が得られ、それと共に電界強度が抑えられてフォトリフラクティブ素子2が長時間の印加に耐えることができる。即ち、低い電界強度で高い性能を得ることができることになり、高性能化、高耐久性及び高効率化を実現することができる。

【0046】

以上の各3次元ホログラム形成装置1、50によって次の3次元ホログラム形成方法を実現することができる。即ち、フォトリフラクティブ複合体が設けられたフォトリフラク

50

ティブ素子 2 に、電界を印加した状態で、フォトリフラクティブ性を発現可能な波長の物体光及び参照光を照射してホログラム像を記録するステップであって、低強度の電界で 10% 以上の回折効率を生じる前記波長を選択して前記フォトリフラクティブ素子に照射し、ホログラム像を記録するステップと、ホログラム像が記録された前記フォトリフラクティブ素子にプローブ光を照射して当該ホログラム像を表示するステップとを含む 3 次元ホログラム形成方法である。

【0047】

(回折効率及び応答時間の測定)

回折効率 (%) 及び応答時間の測定は公知の方法を用いた。回折効率の測定は、フォトリフラクティブポリマー素子 2 に電界を印加した状態で 4 光波混合法によって測定した。測定には波長 633 nm の He-Ne レーザー、波長 594, 561, 532 nm の半導体レーザーを用いた。フォトリフラクティブ効果によって生じる回折効率、即ち屈折率変化の大きさ n は、ブラッグ回折の強度測定から評価できる。書き込み光により屈折率格子を生じた試料に、ブラッグ条件で同一波長の低出力のプローブ光を逆伝搬で入射させ、屈折率格子により回折する光の強度を観測することで回折効率を測定できる。応答時間は、Kohlrusch-Williams-Watts (KWW) 式によるフィッティングで算出した値を用いた。

10

【0048】

フォトリフラクティブ素子 2 の構造は限定するものではない。フォトリフラクティブ素子 2 の具体的な構成として、フォトリフラクティブ複合体と、このフォトリフラクティブ複合体を挟持する 2 枚の板材で構成されたものが挙げられる。各板材の内側に、導電性透明膜を被覆してもよい。導電性透明膜としては、例えば酸化インジウムスズ (ITO) 膜などが挙げられる。各板材は、例えば四方形に形成されたガラス製の板材である。

20

【0049】

(フォトリフラクティブ複合体)

フォトリフラクティブ複合体は、フォトリフラクティブポリマーに増感剤、非線形光学色素等を添加するか、又はフォトリフラクティブ機能を有するポリマーに、必要に応じてその他の化合物を配合することによって得ることができる。本発明では、ホログラム像を書き換え可能なフォトリフラクティブ複合体を用いている。

【0050】

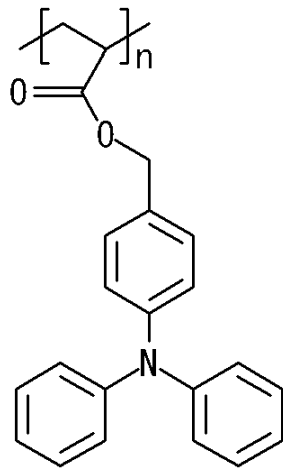
本発明に適用される最も好適なフォトリフラクティブ複合体として、下記式 (1) で表されるトリフェニルアミンアクリレートポリマー (PDAA) を主成分とし、このポリマーに他の化合物を配合した PDAA 複合体が挙げられる。この PDAA 複合体を用いることが最も好適であることを、本願発明者が多くの実験を積み重ねることで見出した。配合剤としては、例えば増感剤、非線形光学色素及び可塑剤が挙げられる。PDAA は、3 次元ホログラムを形成するためのフォトリフラクティブ複合体として従来では適用されていなかった全く新規な化合物であり、本発明の目的である高性能化、高信頼性化及び高効率化を高い次元で達成可能とすることができる。即ち、PDAA を用いれば、低電界下で高い性能を発揮できることから、高耐久性かつ高効率であり、ホログラム像が明るく、高い鮮明度が得られ、しかもホログラム像のフルカラー化を実現することができる。

30

40

【0051】

【化2】



(1)

10

【0052】

トリフェニルアミンアクリレートポリマーは、例えば下記式(2)のようにして合成できる。合成法が記載された文献としては下記のもの挙げられる。

Hsu, J.-C., Chen, Y., Kakuchi, T. & Chen, W.-C. Synthesis

of Linear and Star-Shaped Poly[4-(diphenylamino)benzyl methacrylate]s by Group Transfer Polymerization and Their Electrical Memory Device Applications.

20

Macromolecules 44, 5168-5177 (2011)。

Fehervari, A.F., Kagumba, L.C., Hadjikyriacou, S., Chen, F. & Gaudiana,

R.A. Photoluminescence

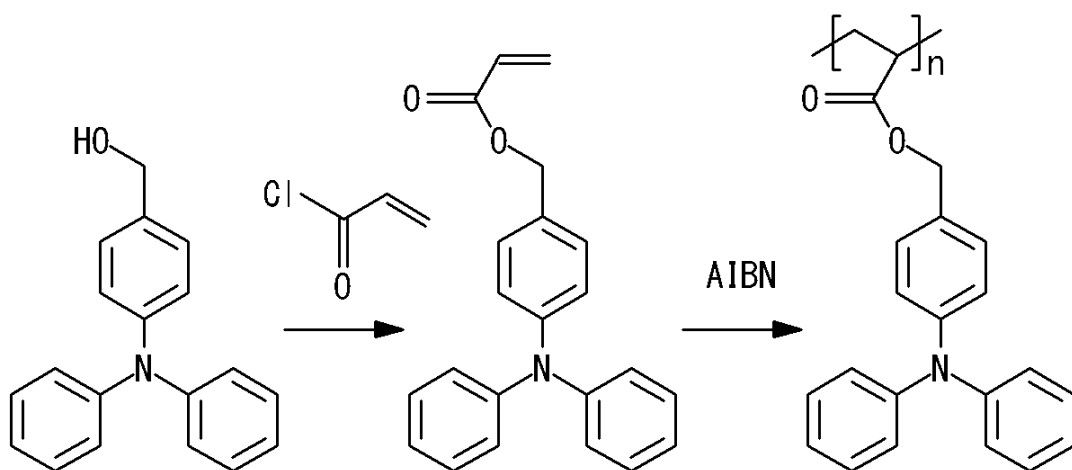
and excimer emission of functional groups

in

light-emitting polymers. J. Appl. Polym. Sci. 87, 1634-1645 (2003)。

【0053】

【化3】



(2)

30

40

【0054】

その他のフォトリラクティブ複合体として、ポリビニルカルバゾール(PVCz)、又はカルバゾールを側鎖に有するビニルポリマー類に、増感剤、非線形光学色素及び可塑剤を混合させたCzポリマー複合体が挙げられる。

【0055】

ポリ(ジフェニルアミノ)スチレン(PDAS)に、増感剤、非線形光学色素及び可塑剤を混合させたPDAS複合体が挙げられる。特にPDAS複合体は、電界を印加時に30フレーム毎秒のビデオレートに追従する応答性を発現させることができる。

【0056】

50

複数のカルバゾール環を分子内に有する低分子化合物に、増感剤、非線形光学色素及び可塑剤を混合させた分子ガラス複合体が挙げられる。芳香族第3級アミンとアルデヒドとの付加重合体に、増感剤、非線形光学色素を混合させたトリフェニルアミン類ポリマー複合体が挙げられる。

【0057】

(増感剤)

増感剤は、電子受容体としての性能を有しており、フォトリフラクティブ性を高めるために配合される。増感剤が配合されると、当該増感剤と、フォトリフラクティブポリマーとにより、電荷移動錯体が形成され、高いフォトリフラクティブ性が発現される。

【0058】

増感剤の具体例として、(2, 4, 7-トリニトロ-9-フルレニリデン)マロニトリル(TNF-DM)、[6, 6]-フェニルC₆₀ブタン酸メチルエステル(PCBM)、2, 4, 7-トリニトロ-9-フルオレノン(TNF)、フラレンC₆₀、フラレンC₇₀、テトラシアノベンゼン(TCBN)、テトラシアノキノジノメタン(TCNQ)、ベンゾキノン(BQ)及びその誘導体、2, 6-ジメチル-p-ベンゾキノン(MQ)、2, 5-ジクロロ-p-ベンゾキノン(Cl₂Q)、2, 3, 5, 6-テトラクロロ-p-ベンゾキノン(クロラニル)、2, 3-ジクロロ-5, 6-p-ベンゾキノン(DDQ)等が挙げられる。なお増感剤は、一種のものを単独で使用してもよく、2種類以上のものを併用しても良い。

【0059】

増感剤の含有量としては、フォトリフラクティブ複合体 100重量%に対して、下限値として0.1重量%が好ましく、0.5重量%が更に好ましく、1重量%が最も好ましい。上限値として30重量%が好ましく、20重量%が更に好ましく、10重量%が最も好ましい。増感剤の含有量が30重量%よりも多いと、増感剤による電荷移動錯体の濃度が高くなるため、光の吸収の増大が招来されて光の透過度が顕著に低下してしまう。

【0060】

(非線形光学色素)

非線形光学色素は、2次の非線形光学特性を示すドナーアクセプター型分子であり、電場によって屈折率が変化する2次非線形光学材料である。非線形光学色素の具体例として、2, 5-ジメチル-4-(p-ニトロフェニルアゾ)アニソール(DMNPA)、4-アミノ-4'-ニトロアゾベンゼン(ANAB)、s-()-1-(4-ニトロフェニル)-2-ピロリジン-メタノール(NPP)、4-(ジエチルアミノ)-(E)-ニトロスチレン(DEANST)、(ジエチルアミノ)ベンツアルデヒドジフェニルヒドラゾン(DEH)、PDCST、AODCST、[[4-(ヘキサヒドロ-1H-アゼピン-1-イル)フェニル]メチレン]プロパンジニトリル(7-DCST)、TDDCST、DCDHF-6、2-(4-アゼパン-1-イル-2-フルオロベンジリデン)-マロニトリル(FDCST)等のアミノシアノスチレン類が挙げられる。なお、非線形光学色素は、1種を単独で使用してもよく、2種類以上のものを併用しても良い。

【0061】

非線形光学色素の含有量は、フォトリフラクティブ複合体 100重量%に対して、下限値として20重量%が好ましく、30重量%が更に好ましい。上限値として50重量%が好ましく、40重量%が最も好ましい。非線形光学色素の含有量が20重量%よりも少ないと、フォトリフラクティブ効果に必要な回折効率や利得係数が得られない場合がある。非線形光学色素の含有量が50重量%よりも多いと、他の成分との量比にアンバランスが生じて、フォトリフラクティブ複合体の設計に悪影響を及ぼす場合がある。

【0062】

(可塑剤)

可塑剤はフォトリフラクティブポリマーのガラス転移温度を低下させる役割を果たす。可塑剤の具体例として、エチルカルバゾール(ECZ)またはプロピオン酸カルバゾイルエチル(CZEPA)、トリフェニルアミン(TPA)、フタル酸ベンジルブチル(BB

10

20

30

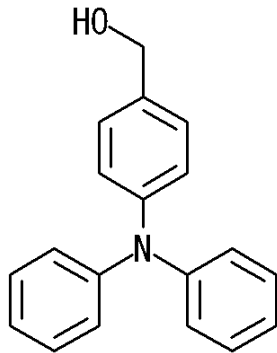
40

50

P)、フタル酸ジシクロヘキシル(DCP)リン酸トリクレジル(TCP)、フタル酸ジフェニル(DPP)、N-メチル-1-ピロリドン、N-オクチル-1-ピロリドン、N-デシル-1-ピロリドンなどのN-アルキル-1-ピロリドン類、並びに2-(1,2-シクロヘキサンジカルボキシイミド)エチルプロピオネート(AX22)、2-(1,2-シクロヘキサンジカルボキシイミド)エチルブチレート、2-(1,2-シクロヘキサンジカルボキシイミド)エチルベンゾエート、2-(1,2-シクロヘキサンジカルボキシイミド)エチルアクリレート、2-(フタルイミド)エチルプロピオネート(AX23)などのイミド化合物等、更には、下記式(3)で表される4-ジフェニルアミノフェニルメタノール(TPAOH)が挙げられる。

【0063】

【化4】



(3)

【0064】

可塑剤は、可塑効果のために入れる配合剤であるが、入れすぎるとフォトリラクティブポリマー及び非線形光学色素の含有率を下げ、フォトリラクティブ効果を低下させるおそれがある。例えば、フォトリラクティブポリマーであるPDAAのガラス転移温度は75であり、このガラス転移温度を下げるために用いられる。可塑剤の含有量は、フォトリラクティブ複合体100重量%に対して、上限値として40重量%が好ましく、10重量%が更に好ましい。可塑剤の含有量が40重量%よりも多いと、他の成分との量比にアンバランスが生じてフォトリラクティブ複合体の設計に悪影響を及ぼす場合がある。

【0065】

フォトリラクティブ複合体の膜厚は20~100 μm が好適である。膜厚が20 μm 未満であればブラッグ回折条件を満たし難く、100 μm を超えると印加電圧の上昇や吸収の増大を招くおそれがある。

【0066】

(フォトリラクティブ複合体の製法)

フォトリラクティブ複合体は、フォトリラクティブポリマー、非線形光学色素、増感剤等を溶媒に溶解させる溶解工程と、この溶媒を留去する溶媒留去工程と、サンドイッチ型デバイス作製工程とを含む製造方法によって製作される。溶解工程では、フォトリラクティブポリマー、非線形光学色素、増感剤等を所定の割合にて溶媒に溶解する。溶媒としては特に限定されるものではなく、テトラヒドロフラン(THF)、N-メチルピロリドン(NMP)やジメチルホルムアミド等が使用され、好ましくはTHFである。溶解温度は室温程度であればよく、必要に応じてスターラーチップにより溶液を攪拌してもよい。

【0067】

溶媒留去工程では、各成分が溶解された溶液の溶媒を除去する。溶媒を除去する方法としては特に限定されるものではなく、例えば板材上でキャストフィルムを得るようにすればよい。具体的には、ガラス板上に各成分が溶解された溶液を流延しその後、室温で溶媒

10

20

30

40

50

を蒸発させ、続いてこれを真空乾燥器に入れて溶媒を更に蒸発させフトリフラクティブ複合材を得る。サンドイッチ型デバイス作製工程では、例えばポリイミドスペーサーを四隅に配置した2枚のガラス板の間に、フトリフラクティブ複合材を入れる。これを加温しながら真空プレス機で圧着し、フトリフラクティブ素子を得る。フトリフラクティブ複合体の製法は限定するものではなく、構成に応じた最適な製法を採用すればよい。

【0068】

上記実施形態の3次元ホログラム形成方法及び3次元ホログラム形成装置によれば、ホログラム像を記録するステップで、フトリフラクティブ素子に、低強度の電界で10%以上の回折効率を生じる波長の物体光及び参照光を選択して照射するため、従来よりも格段に低い電界強度で高い性能を発現させることができる。フトリフラクティブ素子に高電界が印加されず、絶縁破壊を生じさせることがないため、高い耐久性を得ることができる。更に、低電圧でホログラム像の記録が可能となっているため必要電力量が小さくすみ、効率的である。これにより、高性能、高耐久性及び高効率性を兼ね備えた3次元ホログラム形成装置を提供することができる。

10

【実施例】

【0069】

以下、実施例によって本発明をより詳細に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

【0070】

(実施例1)

レーザー波長を変えてフトリフラクティブ素子の回折効率、応答時間、吸収係数、光電流の測定を実施した。

20

【0071】

フトリフラクティブ素子の作製は次のようにして行った。配合組成は、P D A A / 7 - D C S T / B B P / P C B Mである。各組成の重量比は、P D A A / 7 - D C S T / B B P / P C B M = 5 5 / 4 0 / 4 / 1である。各成分をT H Fに溶解させてキャスト溶液を作り、このキャスト溶液をキャスト用のガラス基板上に流延し、室温で溶媒を蒸発させて均一な膜を得た。これを70℃で24時間乾燥後、60℃で24時間、減圧乾燥で溶媒を蒸発させてフトリフラクティブ複合材を得る。溶媒を留去後、得られたフトリフラクティブ複合材をキャスト用のガラス基材から取り外す。スペーサーを四隅に配置し、導電性透明膜を被覆した2枚のガラス板の間に、フトリフラクティブ複合材を入れる。これを120℃に加温しながら真空プレス機で圧着し、フトリフラクティブ素子を得た。

30

【0072】

レーザービームの照射条件は以下のとおりである。記録機構におけるレーザー光源の波長及び電界強度を変えて実施した。実施した波長は532nm、561nm、594nm、633nmである。実施した電界強度は10~60V/μmである。電界強度の好ましい範囲は10~40V/μmであり、より好ましくは10~30V/μm、最も好ましくは10~20V/μmである。物体光と参照光とを合わせた光強度は表1に示すとおりである。同時に、物体光並びに参照光と同一波長の低出力のレーザーをプローブ光とし、このプローブ光をフトリフラクティブ素子に照射し、回折効率の測定を行った。更に、その過渡応答より応答時間を測定し、その逆数より応答速度を算出した。

40

【0073】

電界強度が25V/μmのときの各レーザー波長における回折効率、応答時間、レーザー光強度及び感度を表1に示す。また、各レーザー波長での吸収係数並びに電界強度が70V/μmのときの各レーザー波長における光電流を表1に示す。

【0074】

【表 1】

Operating Wavelength [nm]	Absorption Coefficient [cm^{-1}]	Photocurrent [$\mu\text{A W}^{-1} \text{cm}^{-2}$] ^a	Diffraction Efficiency [%] ^b	Response time [s]	Intensity [W cm^{-2}]	Sensitivity [$\text{W}^{-1} \text{cm}^2 \text{s}^{-1}$]
633	-	-	-	-	0.140	-
594	129	0.95	11	0.452	0.216	3.4
561	210	1.04	18	0.280	0.174	8.7
532	361	1.29	33	0.267	0.172	12.5

ただし、^a $E = 70 \text{ V} / \mu\text{m}$ 、^b $E = 25 \text{ V} / \mu\text{m}$ である。

【0075】

表1の結果から、レーザー波長が短くなるほど回折効率が上昇し、応答速度が速くなり、感度が高くなることが認められる。

【0076】

各レーザー波長における電界強度と回折効率の関係を表したグラフを図3(a)に示す

10

20

30

40

50

。グラフから分かるように、レーザー波長が短くなるに従って、回折効率のピークが低電界側にシフトし、同じ電界値でも回折効率が高くなる傾向が認められた。

【0077】

(実施例2)

フォトリフラクティブ複合体の組成のうち可塑剤を変えて実施した。組成はP D A A / 7 - D C S T / E C z / P C B M、P D A A / 7 - D C S T / B B P / P C B M、P D A A / 7 - D C S T / T P A O H / P C B Mである。各組成の重量比はP D A A / 7 - D C S T / E C z / P C B M = 5 5 / 3 5 / 9 / 1、P D A A / 7 - D C S T / B B P / P C B M = 5 5 / 4 0 / 4 / 1、P D A A / 7 - D C S T / T P A O H / P C B M = 5 5 / 3 5 / 9 / 1である。フォトリフラクティブ複合体の製作方法は実施例1と同様である。

10

【0078】

レーザービームの照射条件は実施例1と同様である。可塑剤を変えた場合の電界強度と回折効率の関係を表したグラフを図3(b)に示す。グラフから分かるように、可塑剤にB B Pを用いたフォトリフラクティブ素子で、回折効率のピークが低電界側にシフトし、同じ電界値で回折効率が高くなることが認められる。

【0079】

(実施例3)

図1の3次元ホログラム形成装置を用いてコインのホログラム像の形成を行った。図4はコインのホログラム像を描く前のフォトリフラクティブ素子の写真と、フォトリフラクティブ素子に映し出されたホログラム像の写真である。

20

【0080】

フォトリフラクティブ素子は実施例1と同じものを用いた。レーザービームの照射条件は以下のとおりである。レーザー光源の波長は532nmであり、電界強度は25V/μmである。物体光の光強度：17mW、参照光の光強度：54mWでホログラム像の記録を行う。同時に、波長642nmのレッドレーザー(140mW)をプローブ光とし、このプローブ光をフォトリフラクティブ素子に照射し、記録したホログラム像を表示させた。

【0081】

(実施例4)

図2の3次元ホログラム形成装置を用いてホログラム像を動画像として表示させた。回転する人形の表面からの物体光と参照光をフォトリフラクティブ素子に照射してホログラム像を記録し、それと同時にプローブ光をフォトリフラクティブ素子に照射して表示させた。

30

【0082】

フォトリフラクティブ素子は実施例1と同じものを用いた。レーザービームの照射条件は以下のとおりである。レーザー光源の波長は532nmであり、電界強度は25V/μmである。物体光の光強度：17mW、参照光の光強度：54mWでホログラム像の記録を行う。同時に、波長642nmのレッドレーザー(140mW)をプローブ光とし、このプローブ光をフォトリフラクティブ素子に照射し、記録したホログラム像を表示させた。図5のようにホログラム像がフォトリフラクティブ素子に連続的に映し出されている。

40

【0083】

(実施例5)

フォトリフラクティブ複合体のフォトリフラクティブポリマーにP V C zを用い、可塑剤を変えて実施した。組成はP V C z / 7 - D C S T / B B P / T N F、P V C z / 7 - D C S T / T P A / T N F、P V C z / 7 - D C S T / T C P / T N Fである。各組成の重量比は、P V C z / 7 - D C S T / B B P / T N F = 4 4 / 3 5 / 2 0 / 1、P V C z / 7 - D C S T / T P A / T N F = 4 4 / 3 5 / 2 0 / 1、P V C z / 7 - D C S T / T C P / T N F = 4 4 / 3 5 / 2 0 / 1である。フォトリフラクティブ複合体の製作方法は実施例1と同様である。

【0084】

50

レーザービームの照射条件は実施例 1 と同様である。各レーザー波長における回折効率、応答時間、光学利得、レーザー光強度 I 及び感度 S を表 2 に示し、各可塑剤を用いた場合のレーザー波長と回折効率及び感度の関係を図 6 に示す。

【 0 0 8 5 】

【表 2】

PVCz/7-DCST/BBP/TNF					
Wave length [nm]	η [%]	τ [ms]	Γ [cm ⁻¹]	I [W cm ⁻²]	S [cm ² J ⁻¹]
633	20.7	289	31.1	0.140	11.2
594	34.5	354	34.6	0.216	7.7
561	51.8	497	35.6	0.174	8.3
532	59.6	399	40.0	0.172	11.2
PVCz/7-DCST/TPA/TNF					
Wave length [nm]	η [%]	τ [ms]	Γ [cm ⁻¹]	I [W cm ⁻²]	S [cm ² J ⁻¹]
633	20.4	728	13.3	0.140	4.4
594	41.2	566	16.9	0.216	5.3
561	40.8	686	20.5	0.174	5.4
532	55.7	422	25.7	0.172	10.3
PVCz/7-DCST/TCP/TNF					
Wave length [nm]	η [%]	τ [ms]	Γ [cm ⁻¹]	I [W cm ⁻²]	S [cm ² J ⁻¹]
633	24.4	420	26.7	0.140	8.4
594	45.1	335	32.5	0.216	8.8
561	56.5	281	42.9	0.174	15.4
532	67.8	374	46.6	0.172	12.8

【 0 0 8 6 】

(実施例 6)

フォトリラクティブ複合体の組成を PDAS / FDCST / TPA / PCBM = 44 / 35 / 20 / 1 で実施した。PDAS の分子量は 48000 とした。フォトリラクティブ複合体の製作方法は実施例 1 と同様である。

【 0 0 8 7 】

10

20

30

40

50

レーザービームの照射条件は実施例 1 と同様である。各レーザー波長における回折効率、応答時間、吸収係数、光学利得、レーザー光強度 I 及び感度 S を表 3 に示し、各可塑剤を用いた場合のレーザー波長と回折効率及び感度の関係を図 7 に示す。

【 0 0 8 8 】

【表 3】

Wavelength [nm]	η [%]	τ [ms]	α [cm ⁻¹]	Γ [cm ⁻¹]	I [W cm ⁻²]	S [cm ² J ⁻¹]
633	3.8	177	136.7	12.3	1.500	0.73
633	5.1	688	136.7	20.0	0.140	2.30
594	7.9	438	219.4	13.4	0.216	3.00
561	7.9	462	384.5	17.1	0.174	3.50
532	9.6	190	693.4	33.2	0.172	9.50

10

【 0 0 8 9 】

20

開示した実施形態、実施例は例示であり制限的なものではない。例えばホログラム像の記録、表示及び書き換えに必要な他の装置や機器を 3 次元ホログラム表示装置に組み込むことができ、必要に応じて 3 次元ホログラム形成方法に他のステップを含めることができる。フォトリフラクティブ素子のフォトリフラクティブ複合体は、上記各成分の他にフォトリフラクティブ性を損なわせない範囲内で、他の成分を含有していてもよい。このような他の成分としては、例えば酸化防止剤や紫外線吸収剤等が挙げられる。

【符号の説明】

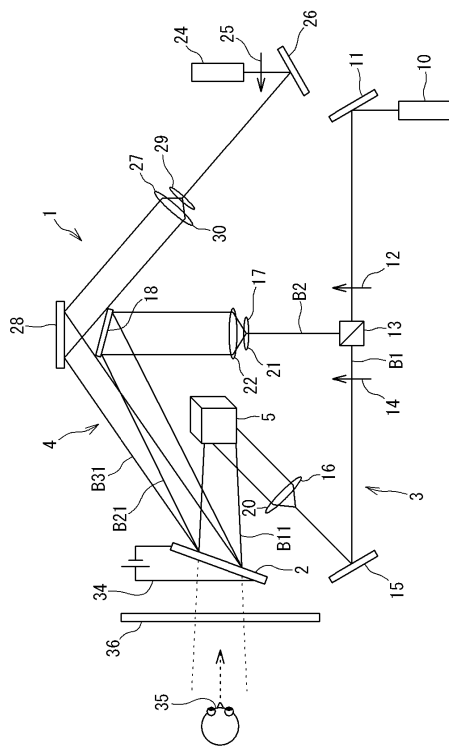
【 0 0 9 0 】

- 1、50 3次元ホログラム形成装置
- 2 フォトリフラクティブ素子
- 3、51 記録機構
- 4、52 表示機構
- 5、71 物体、人形
- 53 空間光変調器
- 68 コンピューター
- 69 CMOSカメラ
- B1 第1の偏光レーザービーム
- B2 第2の偏光レーザービーム
- B11 物体光
- B21 参照光
- B31 プローブ光
- B5 第1の偏光レーザービーム
- B6 第2の偏光レーザービーム
- B51 物体光
- B61 参照光
- B71 プローブ光

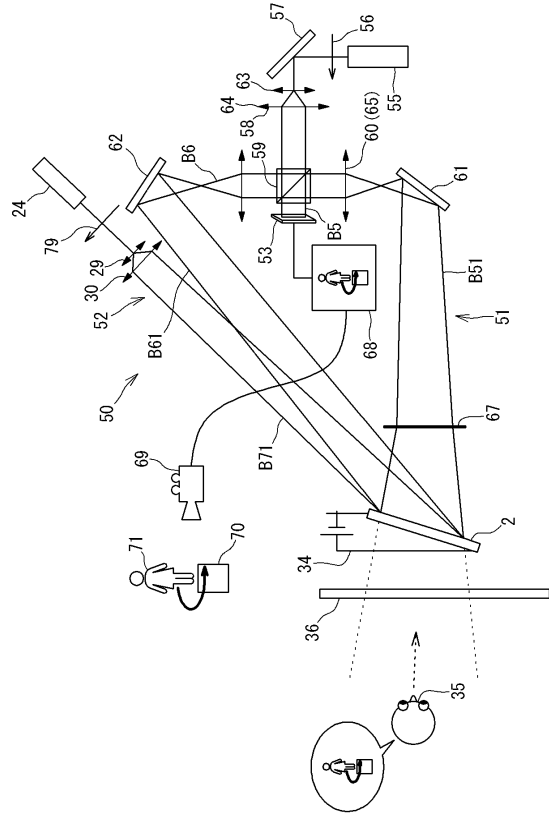
30

40

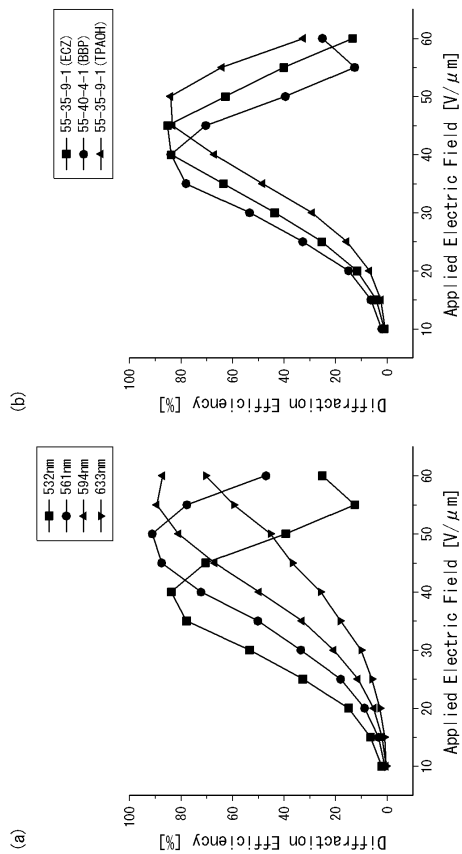
【図1】



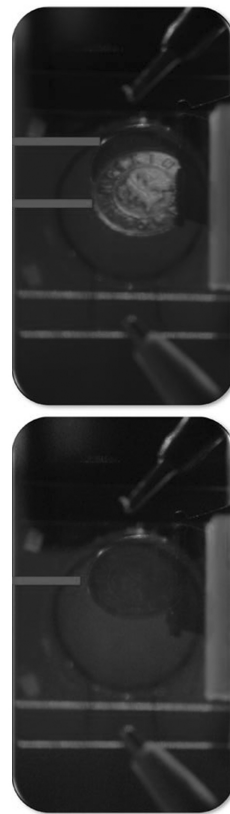
【図2】



【図3】



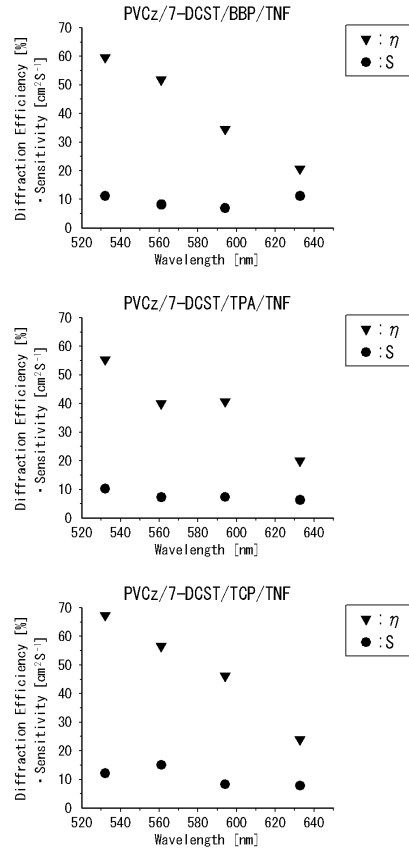
【図4】



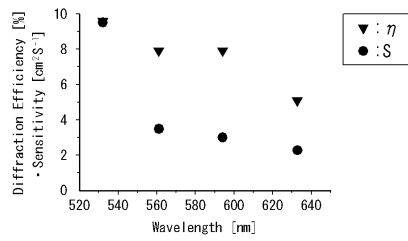
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(出願人による申告)平成21年度採択、独立行政法人科学技術振興機構、研究成果展開事業「戦略的イノベーション創出推進プログラム」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

審査官 吉川 陽吾

- (56)参考文献 特表2012-529078(JP,A)
特開2009-057528(JP,A)
特開2004-093658(JP,A)
米国特許第05744267(US,A)
特開平07-110499(JP,A)
特開2003-098942(JP,A)
特表2000-510608(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0058418(US,A1)
米国特許出願公開第2004/0043301(US,A1)
特開2004-272000(JP,A)
国際公開第2013/080883(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G03H 1/00-5/00