



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2007 002 359 T5** 2009.08.20

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
 (87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2008/045625**
 in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
 (21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2007 002 359.7**
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2007/076350**
 (86) PCT-Anmeldetag: **21.08.2007**
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **17.04.2008**
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
 in deutscher Übersetzung: **20.08.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G03H 1/02 (2006.01)**
G03H 1/22 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
11/539,874 **09.10.2006** **US**

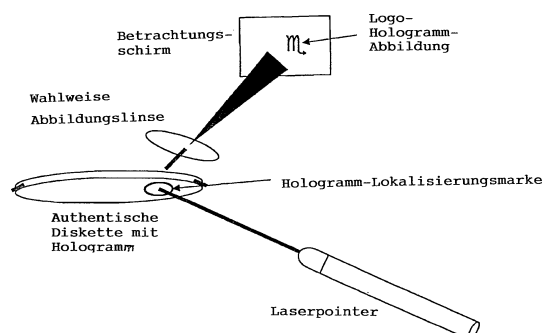
(71) Anmelder:
General Electric Company, Schenectady, N.Y., US

(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(72) Erfinder:
Boden, Eugene Pauling, Scotia, N.Y., US; Erben, Christoph Georg, Clifton Park, N.Y., US; Lawrence, Brian Lee, Clifton Park, N.Y., US; Longley, Kathryn Lynn, Saratoga Springs, N.Y., US; Shi, Xiaolei, Nishkayuna, N.Y., US; Williams, Yana Z., Schenectady, N.Y., US; Wisnudel, Marc B., Clifton Park, N.Y., US

(54) Bezeichnung: **Geformter Gegenstand mit Volumen-Hologramm**

(57) Hauptanspruch: Geformter Gegenstand mit einer Gestalt, die durch die Funktion des Gegenstandes bestimmt ist, wobei der Gegenstand zumindest teilweise aus einem holographischen Aufzeichnungsmedium geformt ist oder zumindest teilweise mit einem solchen Medium überzogen ist, und worin:
 (a) ein Volumen-Hologramm in dem holographischen Aufzeichnungsmedium gebildet ist und
 (b) das Volumen-Hologramm eine Abbildung zeigt, die direkt durch das menschliche Auge interpretierbar ist, wenn es mit einem wirksamen Abfragestrahl abgefragt wird.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Diese Anmeldung bezieht sich auf geformte Gegenstände, die Volumen-Hologramme, insbesondere für Zwecke der Sicherheit und Authentisierung, in der geformten Struktur des Gegenstandes oder als ein Überzug auf dessen Oberfläche enthalten.

[0002] Hologramme werden ein zunehmend populär werdender Mechanismus für den Markenschutz und für die Authentisierung unverfälschter Gegenstände. Die Benutzung von Hologrammen für diesen Zweck erfolgt in erster Linie aufgrund der relativen Schwierigkeit, mit der sie dupliziert werden können. Hologramme werden erzeugt durch Interferieren zweier kohärenter Lichtstrahlen zur Schaffung eines Interferenzmusters und Speichern dieses Musters in einem holographischen Aufzeichnungsmedium. Information oder Abbildungen können in einem Hologramm gespeichert werden, indem man die Daten oder Abbildung einem der beiden kohärenten Strahlen vor deren Interferenz hinzufügt. Das Hologramm kann durch Bestrahlen desselben mit Strahlen ausgelesen werden, die an einen der beiden ursprünglichen Strahlen, die zum Erzeugen des Hologramms benutzt wurden, angepasst sind und irgendwelche im Hologramm gespeicherte Daten oder Abbildungen werden angezeigt. Als ein Resultat der zum Aufzeichnen von Hologrammen erforderlichen komplexen Verfahren erfolgt ihre Benutzung zur Authentisierung auf Gegenständen, wie, z. B. Kreditkarten, Software und Kleidung.

[0003] Hologramme sind bekannt als zwei verschiedene Arten von Strukturen: Oberflächenrelief-Strukturen und Volumen-Hologramme. Viele der bei Sicherheits- und Authentisierungs-Anwendungen benutzten Hologramme sind vom Oberflächenrelieftyp, bei dem das Muster und irgendwelche darin enthaltenen Daten oder Abbildungen in der Struktur oder in Deformationen gespeichert sind, die in der Oberfläche des Aufzeichnungsmediums eingefügt sind. Als ein Resultat kann das erste aufgezeichnete Hologramm durch die Interferenz von zwei kohärenten Strahlen erzeugt werden, Duplikate können jedoch durch Kopieren der Oberflächenstruktur unter Anwendung von Techniken, wie Einprägen, erzeugt werden. Die Duplikation von Hologrammen ist für die Massenproduktion von Gegenständen, wie Kreditkarten oder Sicherheitslabels, bequem, doch hat sie auch den Nachteil, dass sie die unautorisierte Duplikation und/oder Modifikation dieser Hologramme zum Einsatz in Fälschungen des Originals unter Anwendung des gleichen Mechanismus ermöglicht.

[0004] Anders als Oberflächen-Hologramme werden Volumen-Hologramme in der Masse eines Aufzeichnungsmediums geformt. Volumen-Hologramme

haben die Fähigkeit, vervielfacht zu werden, Information in verschiedenen Tiefen und verschiedenen Winkeln innerhalb der Masse des Aufzeichnungsmaterials zu speichern und haben somit die Fähigkeit, eine größere Informationsmenge zu speichern. Zusätzlich kann das Kopieren nicht unter Benutzung der gleichen Techniken, wie bei Oberflächenrelief-Hologrammen erfolgen, weil das Muster, welches das Hologramm bildet, eingebettet ist.

[0005] US-Patentanmeldung Nr. US2005/0248817 A1 mit dem Titel „Covert Hologram Design, Fabrication, and Optical Reconstruction For Security Applications“, beschreibt ein Verfahren zum Konstruieren eines Gegenstandes mit verborgenen Hologrammen für Sicherheitsanwendungen. Gemäß der Patentanmeldung ist der Gegenstand ein Laminat aus mehreren Schichten, von denen eine oder mehrere ein holographisches Aufzeichnungsmedium sind, zusammengesetzt aus Fotopolymer-Materialien, und von denen eine andere eine Schutzschicht ist. Das holographische Aufzeichnungsmedium gestattet, dass Volumen-Hologramme aufgezeichnet werden, die digitale Daten, die in einem zweidimensionalen Seitenformat formatiert sind, enthalten. Die digitalen Daten enthaltenden Volumen-Hologramme sind für das bloße Auge nicht sichtbar, weil das zum Lesen der Daten benutzte Licht von einer für das bloße Auge nicht sichtbaren Wellenlänge ist oder weil die Brechungs- bzw. Beugungseffizienz des Hologramms gering genug ist, sodass die digitalen Daten enthaltendes gebrochenes bzw. gebeugtes Licht nicht stark genug ist, um für das menschliche Auge nachgewiesen zu werden. Der Gegenstand kann auch Hologramme einschließen, die sowohl sichtbar als auch unsichtbar (oder verborgen) sind, und die digitalen Daten sind maschinenlesbar. Weiter kann die holographische Aufzeichnungsschicht Mehrfach-Hologramme enthalten. Das Authentisierungs-System für Gegenstände, die Hologramme enthalten, wie sie in der Anmeldung beschrieben sind, umfasst ein komplexes optisches Intervenierungssystem, z. B. ein sphärisches afokales Teleskopsystem mit einer Vielfalt optischer Elemente.

Zusammenfassung der Erfindung

[0006] Die vorliegende Erfindung bietet ein einfacheres Herangehen an den Einsatz von Volumen-Hologrammen zur Bestätigung der Authentizität und anderer Sicherheits-Anwendungen, das kein spezielles Lesesystem erfordert und das ohne die Unterstützung eines Computer-Lesegerätes ausgewertet werden kann. Gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung wird ein geformter Gegenstand durch Formen eines holographischen Aufzeichnungsmaterials zu einer Gestalt geformt, die durch die Funktion des Gegenstandes bestimmt ist und ein Volumen-Hologramm wird in dem geformten Gegenstand gebildet. In einer zweiten Ausführungs-

form der Erfindung wird nur ein Teil des geformten Gegenstandes aus dem holographischen Aufzeichnungsmedium geformt. Gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung wird ein geformter Gegenstand durch Formen eines thermoplastischen Kunststoffes zu einer Gestalt geformt, die durch die Funktion des Gegenstandes bestimmt ist, und dann wird dieser Gegenstand, z. B., durch Tauchüberziehen, mit einem holographischen Aufzeichnungsmedium überzogen und ein Volumen-Hologramm wird in dem Überzug des geformten Gegenstandes gebildet. In einer vierten Ausführungsform der Erfindung wird nur ein Teil des geformten Gegenstandes mit dem holographischen Aufzeichnungsmedium überzogen.

[0007] In jeder dieser vier Ausführungsformen ist das Hologramm eines, das eine Abbildung zeigt, die direkt durch das menschliche Auge interpretierbar ist, wenn zum Anzeigen einer Abbildung richtig abgefragt wird. Das Hologramm zeigt somit nicht nur digitale Daten, die ein Maschinenlesesystem erfordern, um wirksam den Inhalt und die Bedeutung der gespeicherten Information zu interpretieren. Vielmehr liefert das Hologramm eine Abbildung von, z. B., einem Bild oder von Information im alphanumerischen Standardformat, wie einer Seriennummer.

[0008] In einigen Ausführungsformen der Erfindung ist das Hologramm ein verborgenes Hologramm, das bei Abwesenheit eines Abfragestrahles nicht sichtbar ist. In anderen Ausführungsformen ist das Hologramm nahe der Oberfläche des Volumens des Aufzeichnungsmaterials gebildet und für das bloße Auge sichtbar.

[0009] In einigen Ausführungsformen der Erfindung schließt das Hologramm eine phasen-codierte verschlüsselte Abbildung oder sowohl eine verschlüsselte als auch eine nicht verschlüsselte Abbildung ein.

[0010] In einigen Ausführungsformen ist die Winkeltoleranz zum Anzeigen des Hologramms groß, so dass Handlaser (wie Laserpointer) benutzt und von Hand ausgerichtet werden können, um das Hologramm aus einer Vorrichtung zu lesen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0011] [Fig. 1A](#) und B zeigen einen aus holographischem Material geformten Teil bzw. einen mit holographischem Material überzogenen geformten Teil.

[0012] [Fig. 2](#) zeigt ein holographisches Aufzeichnungssystem in Transmissions-Geometrie, das in-line im Herstellungsverfahren und mit wahlweiser Phasenmaske zum Codieren des Referenzstrahles gezeigt ist.

[0013] [Fig. 3](#) zeigt ein holographisches Aufzeich-

nungssystem in Reflexions-Geometrie, gezeigt in-line im Herstellungsverfahren und mit einer wahlweisen Phasenmaske zum Codieren des Referenzstrahles.

[0014] [Fig. 4A](#) und B zeigen Verfahren zum Begrenzen der Hologrammdicke in überzogenen Teilen bzw. in geformten Teilen.

[0015] [Fig. 5A](#) und B zeigen holographische Mehrschicht-Sicherheitsmerkmale, wobei ein nicht codierter Referenzstrahl nur Brechung zeigt, während ein codierter Referenzstrahl die Seriennummer zeigt.

[0016] [Fig. 6](#) zeigt ein holographisches Aufzeichnungssystem, das zum Aufzeichnen eines Logo-Abbildungshologramms in einer spritzgegossenen Diskette zur Authentisierung benutzt wird.

[0017] [Fig. 7](#) zeigt ein einfaches Authentisierungssystem, das zum Betrachten des Logo-Hologramms benutzt wird, das, wie in [Fig. 6](#) gezeigt, in authentischen spritzgussgeformten Disketten geformt ist.

[0018] [Fig. 8](#) zeigt eine Bragg-Verstimmungskurve für ein Volumen-Hologramm.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0019] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf geformte Gegenstände mit einer Gestalt, die durch die Funktion des Gegenstandes bestimmt ist. Im Allgemeinen kann der geformte Gegenstand irgendein Ding sein, das aus einem formbaren polymeren Material (z. B. Polycarbonat, Polyester usw.) hergestellt ist, wo es erwünscht ist, eine Bestätigung der Authentizität des Gegenstandes zu geben. Solche geformten Gegenstände können, z. B., darauf jedoch nicht beschränkt, Gehäuse für Kommunikationsgeräte, wie Radios, Zellulartelefone und Ähnliches, Gehäuse für elektronische Ausrüstung, wie Testvorrichtungen, Musikplayer und -recorder und Ähnliches sein. Die Authentisierung kann auch auf Mediendisketten selbst (z. B. CDs, DVDs, usw.), Gestelle für Brillen (wie Sonnengläser) und Kunststoff-Komponenten, die in Marken/Logo-Anhängern oder verborgener als Reißverschlüsse oder Haken bzw. Schnallen auf Dingen, wie Geldbörsen oder Schuhen, ausgedehnt werden.

[0020] Der Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist zumindest teilweise aus einem holographischen Aufzeichnungsmedium geformt oder mindestens teilweise mit einem solchen Medium überzogen, in dem ein Volumen-Hologramm gebildet werden kann.

[0021] [Fig. 1A](#) zeigt ein Zellulartelefon-Gehäuse, bei dem das gesamte geformte Gehäuse aus einem holographischen Aufzeichnungsmaterial **10** geformt

ist. [Fig. 1B](#) zeigt ein Zellartelefon-Gehäuse, bei dem das Gehäuse mit einem holographischen Aufzeichnungsmedium **10** überzogen ist.

[0022] Eine Art geeigneten holographischen Aufzeichnungsmediums zum Einsatz in der vorliegenden Erfindung sind Farbstoff-dotierte thermoplastische holographische Materialien. Materialien dieser Art zum Einsatz bei der Speicherung digitaler Daten sind in den gemeinsam übertragenen US-Patent-Veröffentlichungen US 2005/0136333, 2006/0078802 und 2006/0073392 beschrieben, die alle durch Bezugnahme hierin aufgenommen werden.

[0023] In einigen Ausführungsformen umfasst das holographische Aufzeichnungsmedium ein Substrat und ein Farbstoff-Material, das optische Eigenschaften in einem engen Band aufweist und ausgewählt ist und benutzt wird auf der Grundlage verschiedener wichtiger Charakteristika, einschließlich der Fähigkeit, den Brechungsindex des Farbstoff-Materials beim Aussetzen gegenüber Licht zu ändern, der Wirksamkeit, mit der das Licht die Änderung erzeugt und der Trennung zwischen der maximalen Absorption des Farbstoffes und der erwünschten Wellenlänge oder Wellenlängen, die zum Schreiben und/oder Lesen der Abbildung benutzt werden sollen. Das in dem holographischen Speichermedium dieser Ausführungsform eingesetzte Substrat kann irgendein Material genügender optischer Qualität umfassen, z. B., geringe Streuung, geringe Doppelbrechung und vernachlässigbare Verluste bei den interessierenden Wellenlängen, um die Daten in dem holographischen Speichermedium lesbar zu machen. Im Allgemeinen kann irgendein Kunststoff, der diese Eigenschaften zeigt, als das Substrat benutzt werden. Der Kunststoff sollte jedoch in der Lage sein, den Verarbeitungs-Parametern (z. B. Einschluss des Farbstoffes und Aufbringen irgendeines Überzuges oder nachfolgender Schichten und Formen zum Endformat) und nachfolgenden Speicherbedingungen zu widerstehen. Mögliche Kunststoffe schließen thermoplastische Kunststoffe mit Glasübergangs-Temperaturen von etwa 100°C oder mehr ein, wobei etwa 150°C oder mehr bevorzugt sind. In einigen Ausführungsformen haben die Kunststoffmaterialien Glasübergangs-Temperaturen von mehr als etwa 200°C, wie Polyetherimide, Polyimide, Kombinationen mit mindestens einem der vorhergehenden Kunststoffe und anderen. Einige mögliche Beispiele dieser Kunststoffmaterialien schließen, darauf jedoch nicht beschränkt, amorphe und halbkristalline thermoplastische Materialien und Mischungen ein, wie: Polycarbonate, Polyetherimide, Polyvinylchlorid, Polyolefine (einschließlich, darauf jedoch nicht beschränkt, linearer und cyclischer Polyolefine und einschließlich Polyethylen, chlorierten Polyethylens, Polypropylen und Ähnlicher), Polyester, Polyamide, Polysulfone (einschließlich, darauf jedoch nicht beschränkt, hydrierter Polysulfone und Ähnlicher), Polyimide, Polyether-

sulfone, ABS-Harze, Polystyrole (einschließlich, darauf jedoch nicht beschränkt, hydrierter Polystyrole, syndiotaktischer und ataktischer Polystyrole, Polycyclohexylethylen, Styrol-co-Acrylnitril, Styrol-co-Maleinsäureanhydrid und Ähnlicher), Polybutadien, Polyacrylate (einschließlich, darauf jedoch nicht beschränkt, Polymethylmethacrylat (PMMA), Methylmethacrylat-Polyimid-Copolymere und Ähnlicher), Polyacrylnitril, Polyacetale, Polyphenylenether (einschließlich, darauf jedoch nicht beschränkt, solcher, die von 2,6-Dimethylphenol abgeleitet sind und Copolymere mit 2,3,6-Trimethylphenol und Ähnlicher), Ethylen-Vinylacetat-Copolymere, Polyvinylacetat, Ethylen-Tetrafluorethylen-Copolymere, aromatische Polyester, Polyvinylfluorid, Polyvinylidenfluorid und Polyvinylidenchlorid.

[0024] Die in dieser Ausführungsform der Erfindung eingesetzten Farbstoff-Materialien sind geeigneterweise organische Farbstoffe, die beim Aussetzen gegenüber gewissen „Schreib“-Wellenlängen des Lichtes einer irreversiblen chemischen Änderung unterliegen, die das von dem Farbstoff gezeigte Absorptionsband beseitigt. Das Fotoprodukt oder die Fotoprodukte, das/die aus der Wechselwirkung des fotochemisch aktiven Farbstoffes mit engem Band mit Licht, das die „Schreib“-Wellenlänge aufweist, resultieren, zeigen typischerweise ein Absorptionsspektrum (Absorptionsspektren), das/die gänzlich verschieden von dem ist/sind, das/die der Farbstoff vor der Bestrahlung zeigte. Die irreversible chemische Änderung in dem Farbstoff, die durch Wechselwirkung mit Licht der Schreib-Wellenlänge erzeugt wurde, erzeugt eine entsprechende Änderung in der Molekularstruktur des Farbstoffes, was ein „Fotoprodukt“ erzeugt, das ein Spaltungs-Fotoprodukt oder ein Umlagerungs-Fotoprodukt sein kann. Diese Modifikation der Struktur des Farbstoffmoleküls und damit zusammenfallende Änderungen in den Lichtabsorptions-Eigenschaften des/der Fotoprodukte(s) mit Bezug auf den Ausgangsfarbstoff mit engem Band erzeugt eine signifikante Änderung im Brechungsindex innerhalb des Substrates, die bei einer separaten „Lese“-Wellenlänge beobachtet werden kann. Die gemäß der vorliegenden Offenbarung eingesetzten Farbstoff-Materialien engen Bandes neigen auch zu starken optischen Charakteristika aufgrund der Erhaltung der Oszillatorstärke, d. h., weil die Absorption auf einen engen Spektralbereich lokalisiert ist, ist die Größe der Absorption stärker, da die Fläche unter der Kurve (der Oszillatorstärke) erhalten ist. Spezifische Beispiele solcher Farbstoffe sind Nitrostilben und Nitrostilben-Derivate, wie 4-Dimethylamino-2',4'-dinitrostilben, 4-Dimethylamino-4'-cyan-2'-nitrostilben, 4-Hydroxy-2',4'-dinitrostilben und 4-Methoxy-2',4'-dinitrostilben. Diese Farbstoffe wurden synthetisiert und optisch induzierte Umlagerungen solcher Farbstoffe wurden im Zusammenhang mit der Chemie der Reaktanten und Produkte ebenso wie ihrer Aktivierungsenergie und Entropy-Faktoren untersucht. J. S.

Splitter und M. Calvin, „The Photochemical Behavior of Some o-Nitrostilbenes“, J. Org. Chem., Band 20, Seite 1086 (1955). Kürzlichere Arbeit hat sich auf die Benutzung der Brechungsindex-Modulation konzentriert, die sich aus diesen optisch induzierten Änderungen ergibt, um Wellenleiter in Polymere zu schreiben, die mit den Farbstoffen dotiert sind. McCulloch, I. A., „Novel Photoactive Nonlinear Optical Polymers for Use in Optical Waveguides“, Macromolecules, Band 27, Seite 1697 (1994).

[0025] Die holographische Aufzeichnungs-Zusammensetzung kann auch eine Mischung eines fotoaktiven Materials, eines Fotosensibilisators und eines formbaren oder überziehbaren organischen Bindermaterials sein, bei dem das fotoaktive Material bei Reaktion mit dem Fotosensibilisator einer Farbänderung unterliegt.

[0026] Geeignete Materialien zum Einsatz als Fotosensibilisator-Materialien in solchen Mischungen schließen, ohne Einschränkung, Anthrachinone und ihre Derivate, Croconine und ihre Derivate, Monoazo-Verbindungen, Diazo-Verbindungen, Triazo-Verbindungen und ihre Derivate, Benzimidazolone und ihre Derivate, Diketopyrrolpyrrole und ihre Derivate, Dioxazine und ihre Derivate, Diarylide und ihre Derivate, Indanthrone und ihre Derivate, Isoindoline und ihre Derivate, Isoindolinone und ihre Derivate, Naphthole und ihre Derivate, Perinone und ihre Derivate, Perylene und ihre Derivate, Ansanthrone und ihre Derivate, Dibenzpyrenchinone und ihre Derivate, Pyranthrone und ihre Derivate, Bioranthrone und ihre Derivate, Isobioranthrone und ihre Derivate, Diphenylmethan- und Triphenylmethan-Pigmente, Cyanin- und Azomethin-Pigmente, Indigoid-Pigmente, Bisbenzimidazol-Pigmente, Azuleniumsalze, Pyryliumsalze, Thiapyryliumsalze, Benzopyryliumsalze, Phthalocyanine und ihre Derivate, Pyranthrone und ihre Derivate, Chinacidone und ihre Derivate, Chinphthalone und ihre Derivate, Squaraine und ihre Derivate, Squariliume und ihre Derivate, Leuco-Farbstoffe und ihre Derivate, deuterierte Leuco-Farbstoffe und ihre Derivate, Leucoazin-Farbstoffe, Acridine, Di- und Triarylmethan-Farbstoffe, Chinonamine, o-Nitro-substituierte Aryliden-Farbstoffe, Arylnitron-Farbstoffe und Kombinationen solcher Materialien ein.

[0027] Der Fotosensibilisator ist geeigneterweise ein fotoaktivierbares Oxidationsmittel, ein Ein-Photon-Fotosensibilisator, ein Zwei-Photon-Fotosensibilisator, ein Drei-Photon-Fotosensibilisator, ein Multi-Photon-Fotosensibilisator, ein saurer Fotosensibilisator, ein basischer Fotosensibilisator, ein Salz, ein Farbstoff, ein freier Radikale-Fotosensibilisator, ein kationischer Fotosensibilisator oder eine Kombination, umfassend mindestens einen der vorhergehenden Fotosensibilisatoren. So kann der Fotosensibilisator, z. B., darauf jedoch nicht beschränkt, eine Hexaarylbiimidazol-Verbindung, ein Halbleiter-Nanoteil-

chen, eine halogenierte Verbindung mit einer Bindungsdissoziationsenergie von nicht weniger als 40 Kilokalorien pro Mol zur Erzeugung eines ersten Halogens als ein freies Radikal, ein Sulfonylhalogenid, $R-SO_2-X$, worin R ein Glied der Gruppe bestehend aus Alkyl, Alkenyl, Cycloalkyl, Aryl, Alkaryl und Aralkyl, und X Chlor oder Brom ist, ein Sulfenylhalogenid der Formel $R'-S-X'$, worin R' und X' die gleiche Bedeutung wie R und X haben, ein Tetraarylhydrazin, ein Benzothiazolyldisulfid, ein Polymethacrylaldehyd, ein Alkyliden-2,5-cyclohexadien-1-on, ein Azobenzyl, ein Nitroso, Alkyl (T1), ein Peroxid, ein Halogenamin oder eine Kombination sein, die mindestens einen der vorhergehenden Fotosensibilisatoren umfasst. Der Fotosensibilisator kann auch ein Acetophenon, ein Benzophenon, ein Arylglyoxalat, ein Acylphosphinoxid, ein Benzoinether, ein Benzilketal, ein Thioxanthon, ein Chloralkyltriazin, ein Bisimidazol, ein Triacylimidazol, eine Pyryliumverbindung, ein Sulfoniumsalz, ein Iodoniumsalz, eine Mercaptoverbindung, ein Chinon, eine Azoverbindung, ein organisches Peroxid oder eine Kombination sein, die mindestens einen der vorhergehenden Fotosensibilisatoren umfasst.

[0028] Der organische Binder ist geeigneterweise ein thermoplastisches Polymer, ein wärmehärtendes Polymer oder eine Kombination eines thermoplastischen Polymers mit einem wärmehärtenden Polymer. So kann, z. B., das organische Bindermaterial ein Polyacrylat, ein Polymethacrylat, ein Polyester, ein Polyolefin, ein Polycarbonat, ein Polystyrol, ein Polyamidimid, ein Polyarylat, ein Polyarylsulfon, ein Polyethersulfon, ein Polyphenylsulfid, ein Polysulfon, ein Polyamid, ein Polyetherimid, ein Polyetherketon, ein Polyetheretherketon, ein Polyetherketonketon, ein Polysiloxan, ein Polyurethan, einen Polyether, ein Polyetheramid oder einen Polyetherester oder eine Kombination davon umfassen. Der organische Binder kann auch ein wärmehärtendes Polymer umfassen, wie ein Epoxymaterial, ein phenolisches Material, ein Polysiloxan, einen Polyester, ein Polyurethan, ein Polyamid, ein Polyacrylat, ein Polymethacrylat oder eine Kombination, umfassend mindestens eines der vorhergehenden wärmehärtenden Polymere. Das holographische Aufzeichnungsmedium kann auch eine Kombination einer fotochromen Verbindung und eines formbaren oder härtbaren Bindermaterials, wie oben beschrieben, umfassen. Nicht einschränkende Beispiele fotochromer Farbstoffe sind ein Diarylethen, ein Nitron oder eine Kombination davon. Spezifische Diarylethene schließen, ohne Einschränkung, Diarylperfluorocyclopentene, Diarylmaleinsäureanhydride, Diarylmaleimide ein. Spezifische Nitrone schließen, ohne Einschränkung, α -(4-Diethylaminophenyl)-N-phenylnitron, α -(4-Diethylaminophenyl)-N-(4-chlorphenyl)-nitron, α -(4-Diethylaminophenyl)-N-(3,4-dichlorphenyl)-nitron, α -(4-Diethylaminophenyl)-N-(4-carbethoxyphenyl)-nitron, α -(4-Diethylaminophenyl)-N-(4-acetyl-

phenyl)-nitron, α -(4-Dimethylaminophenyl)-N-(4-cyanphenyl)-nitron, α -(4-Methoxyphenyl)-N-(4-cyanphenyl)nitron, α -(9-Julolidinyl)-N-phenylnitron, α -(9-Julolidinyl)-N-(4-chlorphenyl)-nitron, α -[2-[1,1-Diphenylethenyl)]-N-phenylnitron, α -[2-(1-Phenylpropenyl)]-N-phenylnitron oder Ähnliche oder eine Kombination ein, die mindestens eines der vorhergehenden Nitrone umfasst.

[0029] In den geformten Gegenständen der Erfindung wird ein Volumen-Hologramm in dem holographischen Aufzeichnungsmedium gebildet. Das Volumen-Hologramm zeigt eine Abbildung, die direkt durch das menschliche Auge interpretierbar ist, wenn sie mit einem wirksamen Abfragestrahl abgefragt wird. Der Satzteil „direkt durch das menschliche Auge interpretierbar“, wie er hierin benutzt wird, zeigt, dass das Hologramm die Form einer Abbildung, wie eines Bildes oder eines alphanumerischen Textes oder einer anderen Gruppierung oder leicht unterscheidbarer Symbole hat, im Gegensatz zur Repräsentation von Daten, die ohne die Hilfe einer Lesemaschine/eines Computers nicht realistisch interpretiert werden können. Der Satzteil „abgefragt mit einem wirksamen Abfragestrahl“ bezieht sich auf das Anwenden eines Laserstrahles geeigneter Wellenlänge, bezogen auf die Wellenlänge, die beim Aufzeichnen des Hologramms benutzt wurde, und mit einem Strahl geeigneter Phase, wenn die Abbildung phasen-codiert ist, bei einem Winkel, der bei der Anzeige der Abbildung resultiert.

[0030] [Fig. 2](#) zeigt eine Konfiguration zum Aufzeichnen einer holographischen Abbildung in dem Zellulartelefon-Gehäuse in einer Transmissions-Geometrie. Ein Laser **21** liefert einen Strahl kohärenter Strahlung zu einem Strahlspalter **22**, der den Strahl aufspaltet und zu einem Spiegel **23** und einem Raumlicht-Modulator **24** leitet, die den Strahl zu einem Ziel, wie einem geformten Gegenstand **25**, zum Aufzeichnen des Hologramms, umleiten. Eine wahlweise Phasenmaske **26** kann nach dem Strahlspalter **22** in den Referenzstrahl eingefügt werden, wenn ein phasen-codiertes verschlüsseltes Hologramm erwünscht ist. Zusätzliche optische Komponenten, repräsentiert durch Spiegel **27**, können in den Strahlpfad eingefügt werden, um ihn in der erwünschten Weise zu dirigieren, sind aber nicht erforderlich. Wie im Stande der Technik bekannt, fügt der Raumlicht-Modulator **24** die Abbildung, die dem Hologramm verliehen werden soll, dem Strahl bei, der von dieser Oberfläche reflektiert wird.

[0031] [Fig. 3](#) zeigt ein holographisches Aufzeichnungssystem, ähnlich dem in [Fig. 2](#), aber derart konfiguriert, dass das Hologramm mit einer Reflexions- statt mit einer Transmissions-Geometrie gebildet wird. Die Bezugswerte in [Fig. 3](#) sind die gleichen wie in [Fig. 2](#).

[0032] In Abhängigkeit von der Anwendung mag es erwünscht sein, die holographische Abbildung unsichtbar für das bloße Auge oder sichtbar für das bloße Auge zu haben, oder dass die Abbildung eine Kombination sowohl sichtbarer als auch unsichtbarer Komponenten bietet. Dies wird allgemein durch die Materialdicke kontrolliert. Die Bragg-Verstimmungskurve (siehe die Gleichungen in [Fig. 8](#)) bestimmt die Winkel-(und Wellenlängen-)Toleranz eines Volumen-Hologramms. Um ein Hologramm für das bloße Auge leichter sichtbar zu machen, muss das Hologramm dünner sein, sodass es auf Licht über einen weiteren Bereich von Wellenlängen und Winkeln anspricht. Die grafische Darstellung in [Fig. 8](#) zeigt die kalkulierte Winkeltoleranz eines Volumen-Hologramms, das unter Einsatz von zwei Strahlen aufgezeichnet wurde, die in Winkeln von 90° in Wechselwirkung getreten sind (wie in [Fig. 6](#) gezeigt) und dies für drei verschiedene Dicken: 1,5 mm, 0,25 mm und 0,05 mm.

[0033] Die Hologrammdicke kann mittels einer Anzahl von Verfahren kontrolliert werden. [Fig. 4A](#) und B zeigen Verfahren zum Kontrollieren der Hologrammdicke in überzogenen Teilen und in geformten Teilen. Wie in [Fig. 4A](#) gezeigt, ist bei einem holographischen Material einer definierten Dicke, wie in einem Oberzug aus holographischem Aufzeichnungsmaterial, die maximale Dicke des Hologramms durch die Schichtdicke definiert, obwohl die Strahlen über eine größere Dicke überlappen können. Umgekehrt kann in einem Volumen-Hologramm, das in einem dickeren Material (wie einem aus dem holographischen Aufzeichnungsmaterial geformten Gegenstand) gebildet ist, die Dicke durch Modifizieren der Aufzeichnungsbedingungen kontrolliert werden, um die Überlappung der aufzeichnenden Strahlen zu begrenzen. So kann, z. B., die Überlappung von zwei fokussierten Strahlen dahingehend kontrolliert werden, dass sie über eine erwünschte Dicke aufgezeichnet werden, wie in [Fig. 4B](#) gezeigt.

[0034] Ist das Hologramm unsichtbar, dann wird die Abbildung nur dann richtig angezeigt, wenn das Hologramm mit einem geeigneten Strahl abgefragt wird, der an den Referenzstrahl in Wellenlänge, Einfallswinkel und Phasenänderungen, falls vorhanden, angepasst ist. Um das Lesen des Hologramms ohne teure zusätzliche Ausrüstung zu erleichtern, ist es erwünscht, die Wellenlänge des Referenzstrahles an üblicherweise erhältliche Hand-Laserpointer, wie He-Ne-Rotlaserpointer, anzupassen. Zusätzlich ist es erwünscht, das Hologramm in einer Weise aufzuzeichnen, die die Winkeltoleranz zur Anzeige maximiert, sodass keine speziellen Ausrichtungswerkzeuge benutzt werden müssen. Wie oben beschrieben, wird dies durch Kontrollieren der Dicke des Hologramms erzielt. Um den Gebrauch eines Hand-Laserpointers zu erleichtern, ist es erwünscht, eine Winkeltoleranz (den Winkel, um den der Einfallsstrahl von dem tat-

sächlichen Aufzeichnungswinkel abweichen und doch noch in einer Abbildung resultieren kann) von mindestens 0,5 Grad zu haben. Wie in [Fig. 8](#) angezeigt, können solche Winkeltoleranzen erzielt werden, wenn das Hologramm eine Dicke von etwa 0,1 mm aufweist. Eine Hologrammdicke von 0,05 mm resultiert in Winkeltoleranzen von mehr als ± 1 Grad (null-zu-null).

[0035] Der spezifische Inhalt des in den geformten Gegenstand der vorliegenden Erfindung eingebrachten Hologramms hängt von den Bedürfnissen des Verwenders ab, unter der Bedingung, dass in den Gegenständen der Erfindung dieser Inhalt immer eine Abbildung einschließt, die direkt durch das menschliche Auge interpretierbar ist, wenn sie richtig zur Anzeige einer Abbildung abgefragt wird. Zusätzlich zu dieser Abbildung kann das Hologramm auch digitale Daten oder eine Vielzahl von Abbildungen einschließen.

[0036] Wie in [Fig. 5B](#) gezeigt, kann der geformte Gegenstand der Erfindung eine Abbildung einer alphanumerischen Identifizierung anzeigen, wenn die richtige Abfrage erfolgt. In [Fig. 5B](#) ist die Abbildung eine Seriennummer, doch können auch andere Arten von Identifizierungen oder Information im alphanumerischen Format eingeschlossen sein, wie Losnummern, Teilenummern oder Verfahrens-Bedingungen.

[0037] In [Fig. 5B](#) ist die Abbildung eine, die nur angezeigt wird, wenn die geeignete Phasenmaske an dem Laserpointer befestigt ist und es ist somit eine, die phasen-codiert oder verschlüsselt ist. In diesem Falle kann die holographische Aufzeichnung auch eine unverschlüsselte Auslesung liefern, die keine Information (resultierend in einer gebrochenen Box) oder eine andere Abbildung enthält, die beide zum Demonstrieren der Authentizität benutzt werden können, wie in [Fig. 5A](#) reflektiert. Die Phasencodierung kann durch Einführen einer Phasenmaske in entweder den Referenzstrahl oder den Gegenstandsstrahl erzielt werden, wie in den US-PSn 6,002,773 und 6,744,909 und der US-Patentanmeldung 2004/0101168 beschrieben, die durch Bezugnahme hier einbezogen sind.

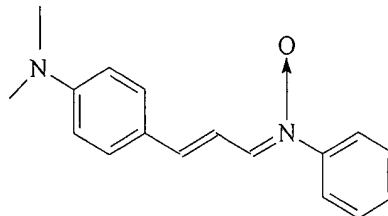
[0038] Die vorliegende Erfindung bietet weiter ein Verfahren zum Herstellen eines geformten Gegenstandes, der ein Volumen-Hologramm enthält. Das Verfahren umfasst die Stufen: (a) Formen eines Gegenstandes aus einem holographischen Aufzeichnungsmedium und (b) Schreiben eines Volumen-Hologramms in den geformten Gegenstand, wobei das Volumen-Hologramm eine Abbildung zeigt, die direkt durch das menschliche Auge interpretierbar ist, wenn sie mit einem wirksamen Abfragestrahl abgefragt wird. Das Formen des Gegenstandes kann durch irgendeines der zahlreichen Formverfahren ausgeführt werden, die im Stande der Technik bekannt

sind, was, ohne Einschränkung, das Spritzgießen einschließt.

[0039] Die vorliegende Erfindung schafft auch ein Verfahren zum Herstellen eines geformten Gegenstandes, der ein Volumen-Hologramm enthält, umfassend die Stufen: (a) Formen eines Gegenstandes aus einem thermoplastischen Material; (b) Überziehen des geformten Gegenstandes mit einem holographischen Aufzeichnungsmedium und (c) Schreiben eines Volumen-Hologramms in den Überzug aus holographischem Aufzeichnungsmedium, wobei das Volumen-Hologramm eine Abbildung zeigt, die direkt durch das menschliche Auge interpretierbar ist, wenn es mit einem wirksamen Abfragestrahl abgefragt wird. Das Überzugsverfahren kann irgendein Verfahren sein, einschließend, z. B., Spritzüberziehen und Eintauchüberziehen, vorausgesetzt, es gibt eine reproduzierbare Überzugsdicke auf dem geformten Grundgegenstand.

BEISPIEL

[0040] Als ein Beispiel der vorliegenden Erfindung wurde eine Scheibe 60 von 120 mm Durchmesser, 1,2 mm Dicke, mit vorderer und rückwärtiger Oberfläche optischer Qualität aus einem holographischen Aufzeichnungsmaterial spritzgegossen. Das Material war ein Polystyrol optischer Qualität, enthaltend etwa 1 Gew.-% des unten gezeigten ausgedehnten CEM-388-Nitron-Farbstoffes:



[0041] Die Diskette 60 wurde an der Probenstelle des in [Fig. 6](#) gezeigten Aufzeichnungssystems angeordnet. Ein gepumpter Festkörperdioden(DPSS)-, Einzellängsmodus(SLM)-, Innenhohlraum-Frequenz-gedoppelter Nd:YAG-Laser 61 wurde als die Quelle benutzt und erzeugte bis zu 300 mW kohärenten Laserlichtes bei 532 nm. Die Strahlabgabe der Laserquelle hatte einen Strahl-Durchmesser von etwa 0,8 mm und es wurde ein expandierendes Teleskop 62 benutzt, um den Strahl-Durchmesser auf etwa 8 mm zu erweitern. Eine mechanische Blende 63 wurde benutzt, um die Aufzeichnungszeiten zu kontrollieren. Der erweiterte Strahl wurde dann durch eine Halbwellen-Platte 64 und einen polarisierenden Strahl-Aufspalter 65 geschickt, um das Energieniveau des in die Aufzeichnungs-Einrichtung gehenden Lichtes zu kontrollieren, und Filter 66 neutraler Dichte wurden benutzt, um eine rasche Einstellung des Energieniveaus in diskreten Faktoren von 10 zu liefern. Eine zweite Halbwellen-Platte 64' und ein polarisierender Strahl-Aufspalter 65' wurden dann be-

nutzt, den eintreffenden Strahl in zwei Strahlen gleicher Energie aufzuspalten. Eine zusätzliche Halbwellen-Platte **64** wurde in dem Pfad des Referenzstrahles benutzt, um die Polarisation des Referenzstrahles einzustellen, damit diese der des Signalstrahles identisch ist. Eine negative Amplitudenmaske eines Logos (in diesem Falle dunkles Feld mit transparentem Logo) **67** wurde in dem Signalstrahl bei normalem Auftreffen zum Laserstrahl und so nahe wie möglich an der Diskette **60** angeordnet. Spiegel **68** wurden benutzt, um den Strahl zwischen den verschiedenen optischen Komponenten zu dirigieren.

[0042] Der Signal- und Referenzstrahl trafen auf die Diskette **60** mit einem Winkel von 45 Grad mit Bezug auf die Diskette auf. Das Energieniveau des Lichtes wurde derart eingestellt, dass sowohl der Signalstrahl als auch der Referenzstrahl eine Energie von 14 mW hatten. Die Blende **63** wurde dann geöffnet, um die Diskette dem aufzeichnenden Licht für 12 bis 15 Sekunden auszusetzen. Zur Bewertung wurde ein roter HeNe-Laser **69**, der Laserlicht von 1–3 mW bei 633 nm erzeugte, benutzt, um die Effizienz des aufgezeichneten Hologramms zu messen. Unter den beschriebenen Aufzeichnungsbedingungen wurden Hologramme von 12% bis 15% Beugungseffizienz erzielt. Die Stelle des Hologramms wurde dann auf der Diskette angezeigt und die Diskette wurde aus dem Aufzeichnungssystem herausgenommen.

[0043] Zum Auslesen des Logo-Hologramms wurde ein zweites System benutzt. Das Auslese- oder Authentizitäts-System ist in [Fig. 7](#) gezeigt. In diesem System wurde ein Batterie-betriebener Laserpointer, der 5 mW Laserlicht bei 650 nm erzeugte, als die Beleuchtungsquelle benutzt. Die zu authentisierende Diskette wurde in einer Proben-Aufhängevorrichtung angeordnet, die auf einer Rotationsbühne lokalisiert war, und der Laserpointer wurde derart ausgerichtet, dass der Laserstrahl auf die Hologrammstelle auftraf, die während des Aufzeichnungs-Verfahrens markiert worden war. Die Rotationsbühne wurde benutzt, um die Diskette zum geeigneten Winkel zum Auslesen des Hologramms auszurichten. Bei richtiger Ausrichtung und Beleuchtung durch den Laserpointer erzeugte eine authentische Diskette eine allgemeine elektrische Logo-Abbildung auf der Seite der Diskette, die dem Laserpointer gegenüber lag. Die Logo-Abbildung hatte einen Durchmesser von etwa 3 mm. Eine einzelne wahlweise Abbildungslinse kann unmittelbar hinter der zu authentisierenden Diskette angeordnet werden, um die Logo-Abbildung leichter lesbar durch das bloße Auge zu machen. Die Beobachtung der Logo-Abbildung der Diskette zeigte eine authentische Diskette an.

Zusammenfassung:

[0044] Ein geformter Gegenstand ist durch Formen eines holographischen Aufzeichnungsmaterials zu

einer Gestalt gebildet, die durch die Funktion eines geformten Gegenstandes bestimmt ist, und ein Volumen-Hologramm ist in dem geformten Gegenstand gebildet. Alternativ ist nur ein Abschnitt des geformten Gegenstandes aus dem holographischen Aufzeichnungsmedium gebildet oder ein geformter Gegenstand ist durch Formen eines thermoplastischen Kunststoffes zu einer Gestalt gebildet, die durch die Funktion des Gegenstandes bestimmt ist, und dann wird dieser Gegenstand, z. B. durch Eintauchüberziehen, mit einem holographischen Aufzeichnungsmedium überzogen, und ein Volumen-Hologramm wird in dem Überzug des geformten Gegenstandes gebildet. Das Hologramm ist eines, das eine Abbildung zeigt, die direkt durch das menschliche Auge interpretierbar ist, wenn sie zur Anzeige einer Abbildung richtig abgefragt wird.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2005/0136333 [0022]
- US 2006/0078802 [0022]
- US 2006/0073392 [0022]
- US 6002773 [0037]
- US 6744909 [0037]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- J. S. Splitter und M. Calvin, „The Photochemical Behavior of Some o-Nitrostilbenes“, J. Org. Chem., Band 20, Seite 1086 (1955) [0024]
- McCulloch, I. A., „Novel Photoactive Nonlinear Optical Polymers for Use in Optical Waveguides“, Macromolecules, Band 27, Seite 1697 (1994) [0024]

Patentansprüche

1. Geformter Gegenstand mit einer Gestalt, die durch die Funktion des Gegenstandes bestimmt ist, wobei der Gegenstand zumindest teilweise aus einem holographischen Aufzeichnungsmedium geformt ist oder zumindest teilweise mit einem solchen Medium überzogen ist, und worin:

(a) ein Volumen-Hologramm in dem holographischen Aufzeichnungsmedium gebildet ist und
(b) das Volumen-Hologramm eine Abbildung zeigt, die direkt durch das menschliche Auge interpretierbar ist, wenn es mit einem wirksamen Abfragestrahl abgefragt wird.

2. Geformter Gegenstand nach Anspruch 1, worin das Volumen-Hologramm eine Abbildung einer alphanumerischen Identifizierung umfasst.

3. Geformter Gegenstand nach Anspruch 2, worin die Abbildung der alphanumerischen Identifizierung bei Abwesenheit eines wirksamen Abfragestrahles nicht sichtbar ist.

4. Geformter Gegenstand nach Anspruch 3, worin die Abbildung der alphanumerischen Identifizierung eine phasen-codierte, verschlüsselte Abbildung ist.

5. Geformter Gegenstand nach Anspruch 1, worin die Abbildung bei Abwesenheit eines wirksamen Abfragestrahles nicht sichtbar ist.

6. Geformter Gegenstand nach Anspruch 5, worin die Abbildung eine phasen-codierte, verschlüsselte Abbildung ist.

7. Geformter Gegenstand nach Anspruch 6, weiter umfassend eine nicht verschlüsselte Abbildung.

8. Geformter Gegenstand nach Anspruch 7, worin die nicht verschlüsselte Abbildung bei Abwesenheit eines wirksamen Abfragestrahles nicht sichtbar ist.

9. Geformter Gegenstand nach Anspruch 1, worin die Winkeltoleranz zum Anzeigen des Hologramms mindestens 0,5 Grad beträgt.

10. Geformter Gegenstand nach Anspruch 9, worin das Volumen-Hologramm eine Abbildung einer alphanumerischen Identifizierung umfasst.

11. Geformter Gegenstand nach Anspruch 10, worin die Abbildung der alphanumerischen Identifizierung bei Abwesenheit eines wirksamen Abfragestrahles nicht sichtbar ist.

12. Geformter Gegenstand nach Anspruch 11, worin die Abbildung der alphanumerischen Identifi-

zierung eine phasen-codierte, verschlüsselte Abbildung ist.

13. Geformter Gegenstand nach Anspruch 9, worin die Abbildung bei Abwesenheit eines wirksamen Abfragestrahles nicht sichtbar ist.

14. Geformter Gegenstand nach Anspruch 13, worin die Abbildung eine phasen-codierte, verschlüsselte Abbildung ist.

15. Geformter Gegenstand nach Anspruch 14, weiter umfassend eine nicht verschlüsselte Abbildung.

16. Geformter Gegenstand nach Anspruch 15, worin die nicht verschlüsselte Abbildung bei Abwesenheit eines wirksamen Abfragestrahles nicht sichtbar ist.

17. Geformter Gegenstand nach Anspruch 9, worin der Gegenstand zumindest teilweise aus dem holographischen Aufzeichnungsmedium gebildet ist.

18. Geformter Gegenstand nach Anspruch 9, worin der Gegenstand zumindest teilweise mit dem holographischen Aufzeichnungsmedium überzogen ist.

19. Geformter Gegenstand nach Anspruch 1, worin der Gegenstand zumindest teilweise aus dem holographischen Aufzeichnungsmedium gebildet ist.

20. Geformter Gegenstand nach Anspruch 9, worin der Gegenstand zumindest teilweise mit dem holographischen Aufzeichnungsmedium überzogen ist.

21. Verfahren zum Herstellen eines geformten Gegenstandes, der ein Volumen-Hologramm enthält, umfassend die Stufen:

(a) Formen eines Gegenstandes aus einem holographischen Aufzeichnungsmedium, und

(b) Schreiben eines Volumen-Hologramms in den geformten Gegenstand, wobei das Volumen-Hologramm eine Abbildung zeigt, die direkt durch das menschliche Auge interpretierbar ist, wenn sie mit einem wirksamen Abfragestrahl abgefragt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 21, worin das Volumen-Hologramm eine Abbildung einer alphanumerischen Identifizierung umfasst.

23. Verfahren nach Anspruch 22, worin die Abbildung der alphanumerischen Identifizierung bei Abwesenheit eines wirksamen Abfragestrahles nicht sichtbar ist.

24. Verfahren nach Anspruch 23, worin die Abbildung der alphanumerischen Identifizierung eine phasen-codierte, verschlüsselte Abbildung ist.

25. Verfahren zum Herstellen eines geformten Gegenstandes, der ein Volumen-Hologramm enthält, umfassend die Stufen:

- (a) Formen eines Gegenstandes aus einem thermoplastischen Material;
- (b) Überziehen des geformten Gegenstandes mit einem holographischen Aufzeichnungsmedium, und
- (c) Schreiben eines Volumen-Hologramms in den Überzug aus holographischem Aufzeichnungsmedium, wobei das Volumen-Hologramm eine Abbildung zeigt, die direkt durch das menschliche Auge interpretierbar ist, wenn sie mit einem wirksamen Abfragestrahl abgefragt wird.

26. Verfahren nach Anspruch 25, worin das Volumen-Hologramm eine Abbildung einer alphanumerischen Identifizierung umfasst.

27. Verfahren nach Anspruch 26, worin die Abbildung der alphanumerischen Identifizierung bei Abwesenheit eines wirksamen Abfragestrahles nicht sichtbar ist.

28. Verfahren nach Anspruch 27, worin die Abbildung der alphanumerischen Identifizierung eine phasen-codierte, verschlüsselte Abbildung ist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

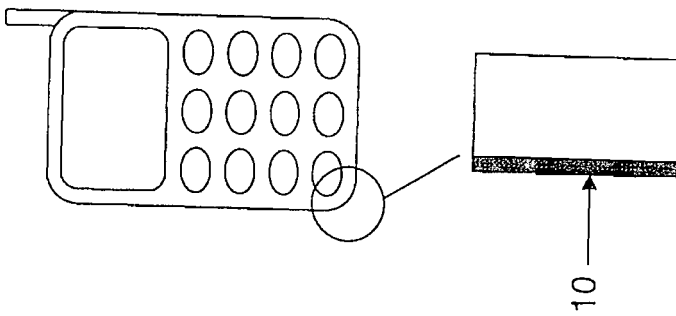


Fig 1B

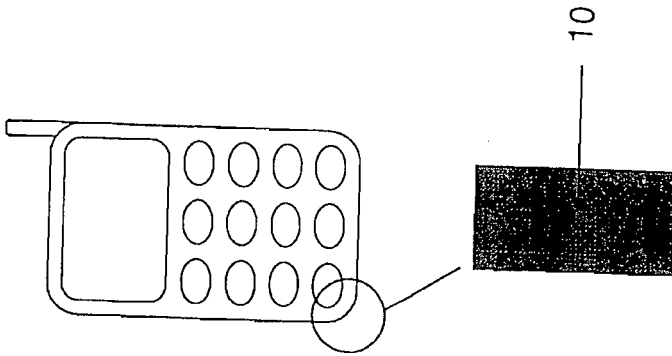


Fig 1A

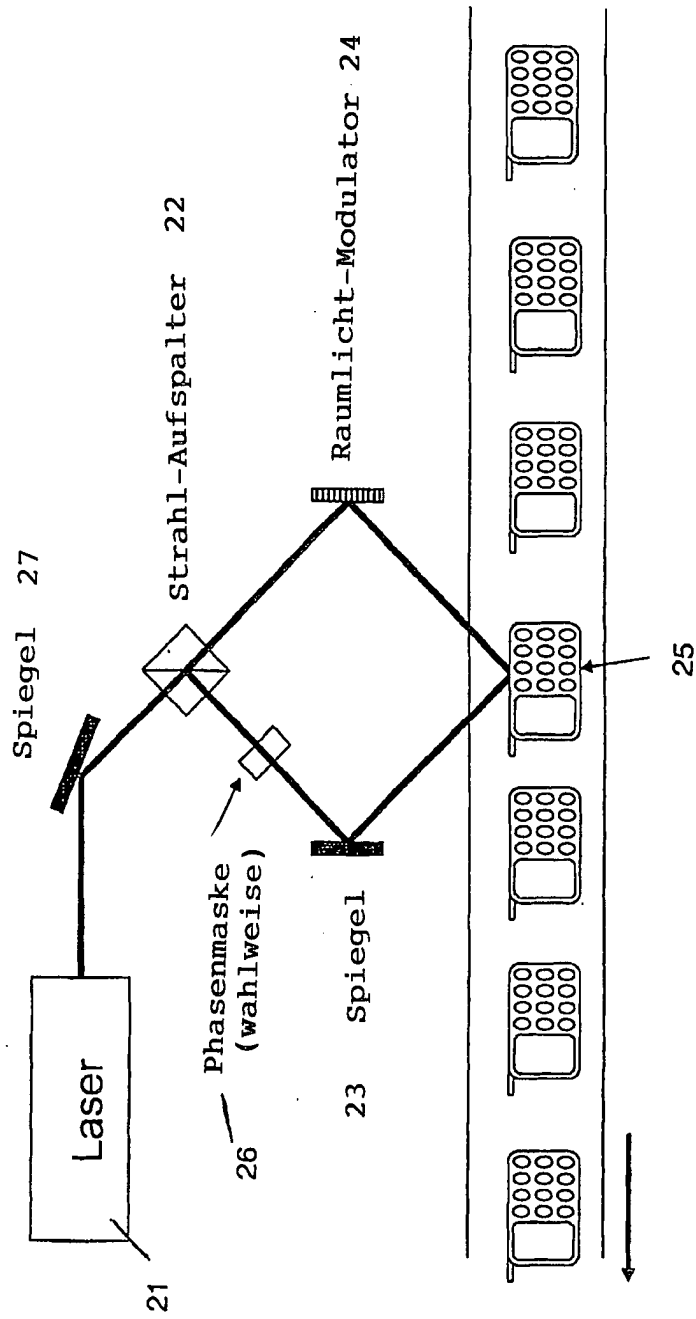


Fig. 2

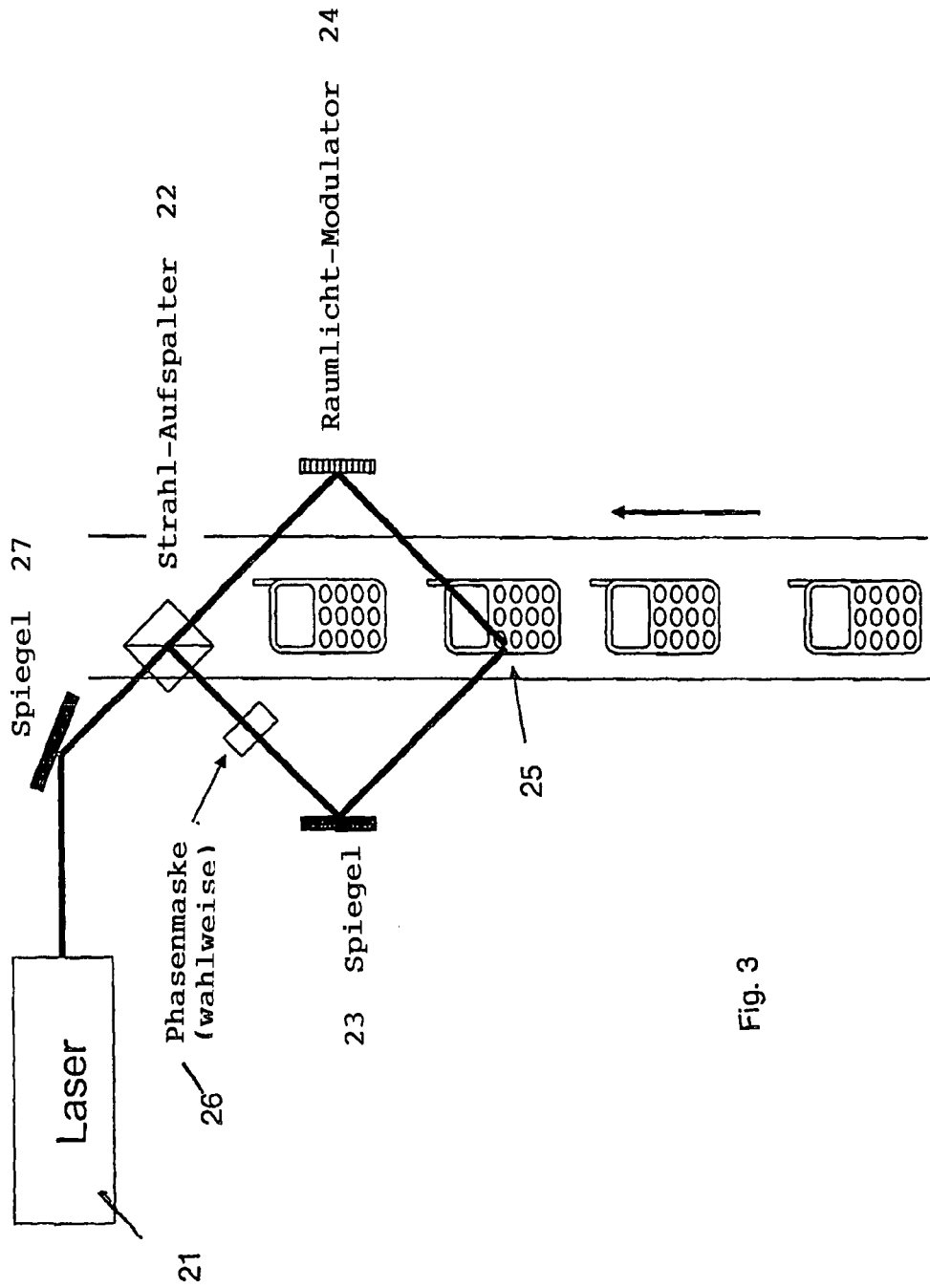


Fig. 3

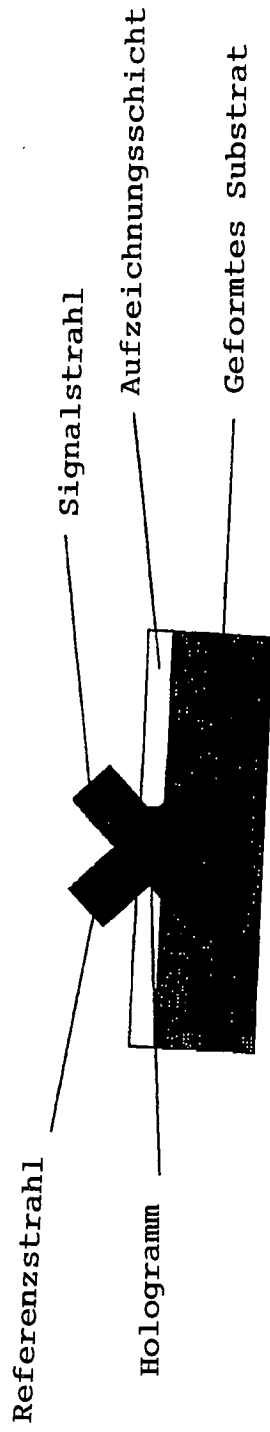


Fig. 4A

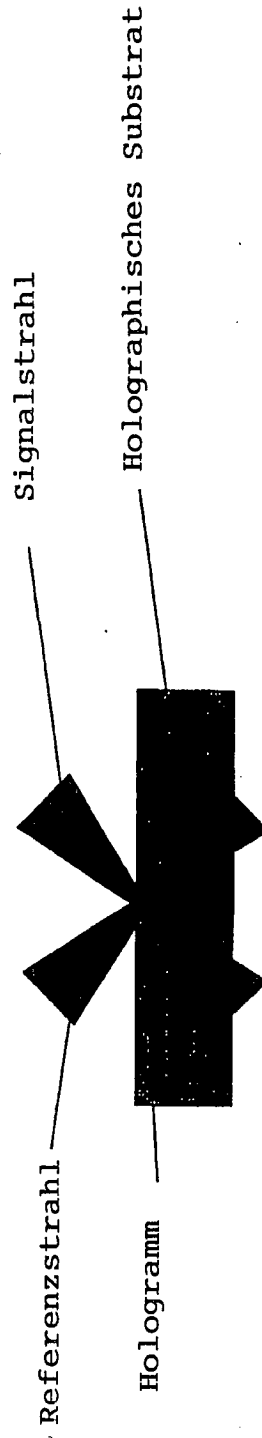


Fig. 4B

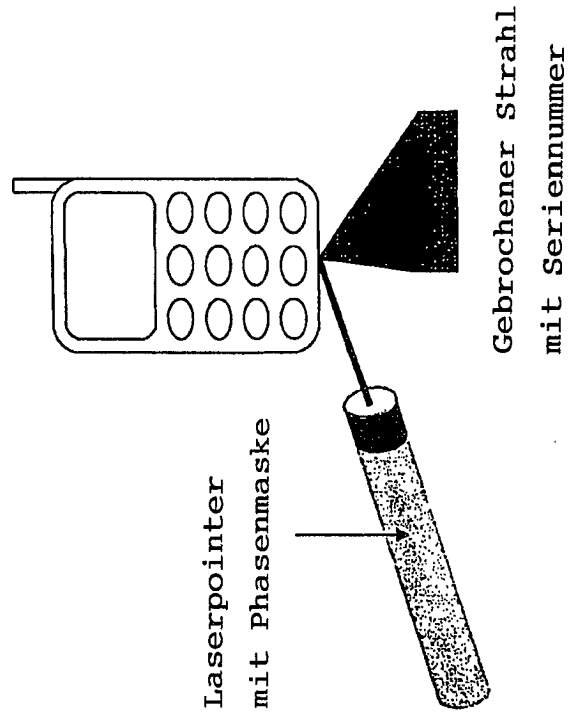


Fig. 5B

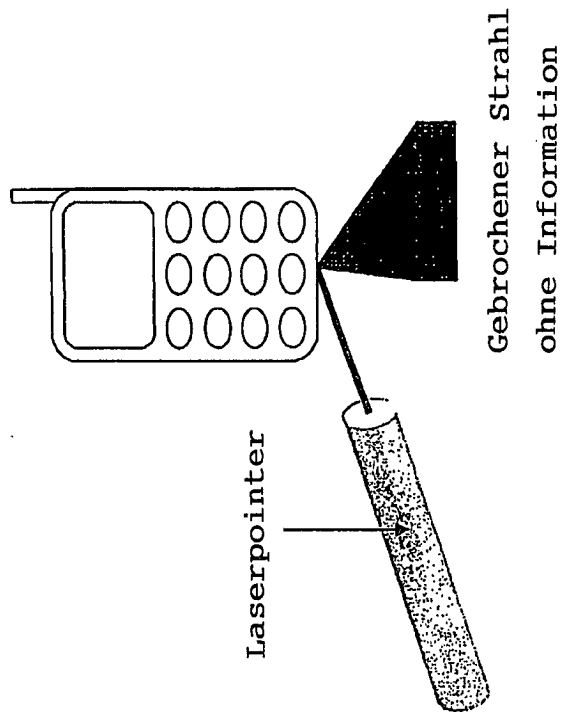
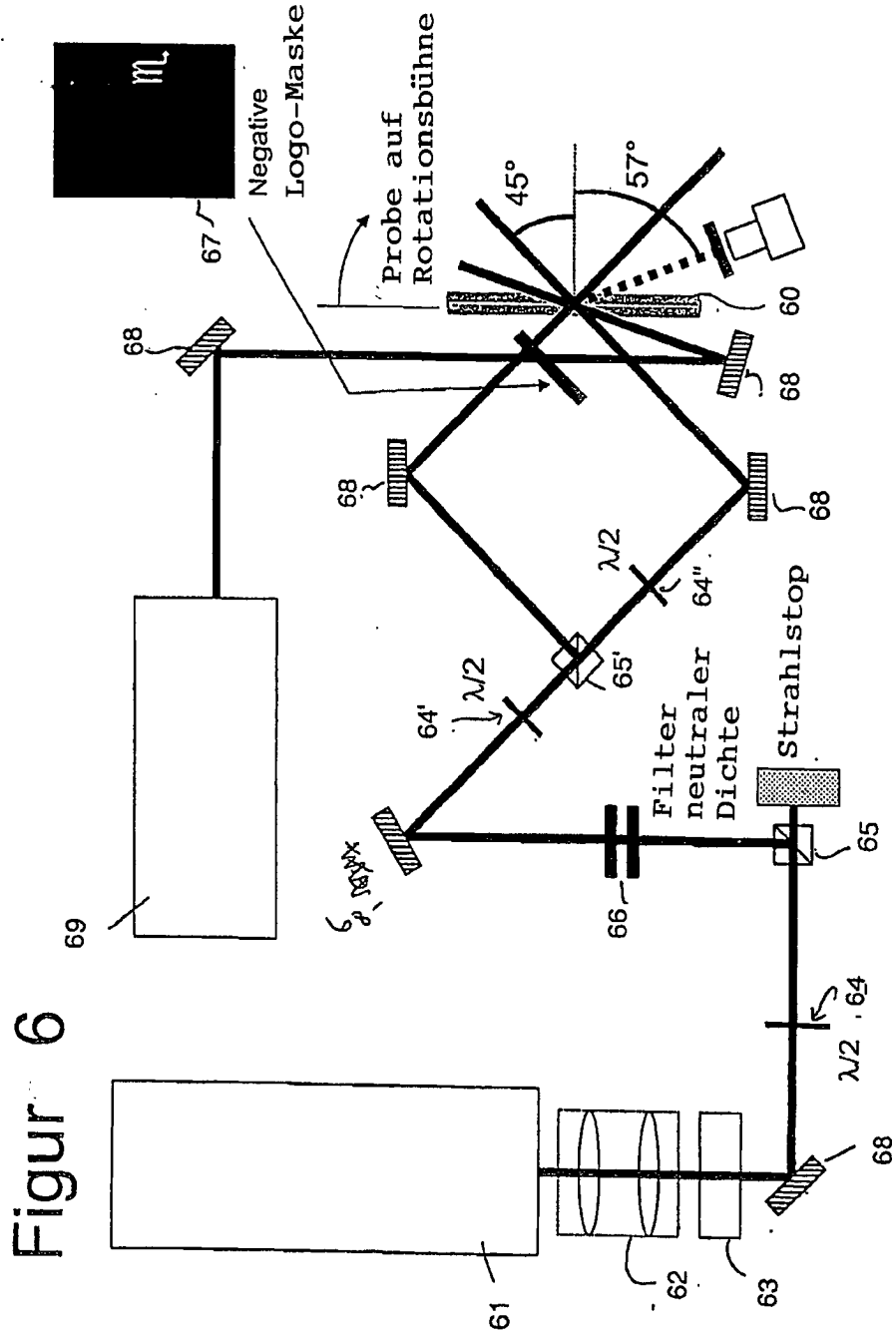
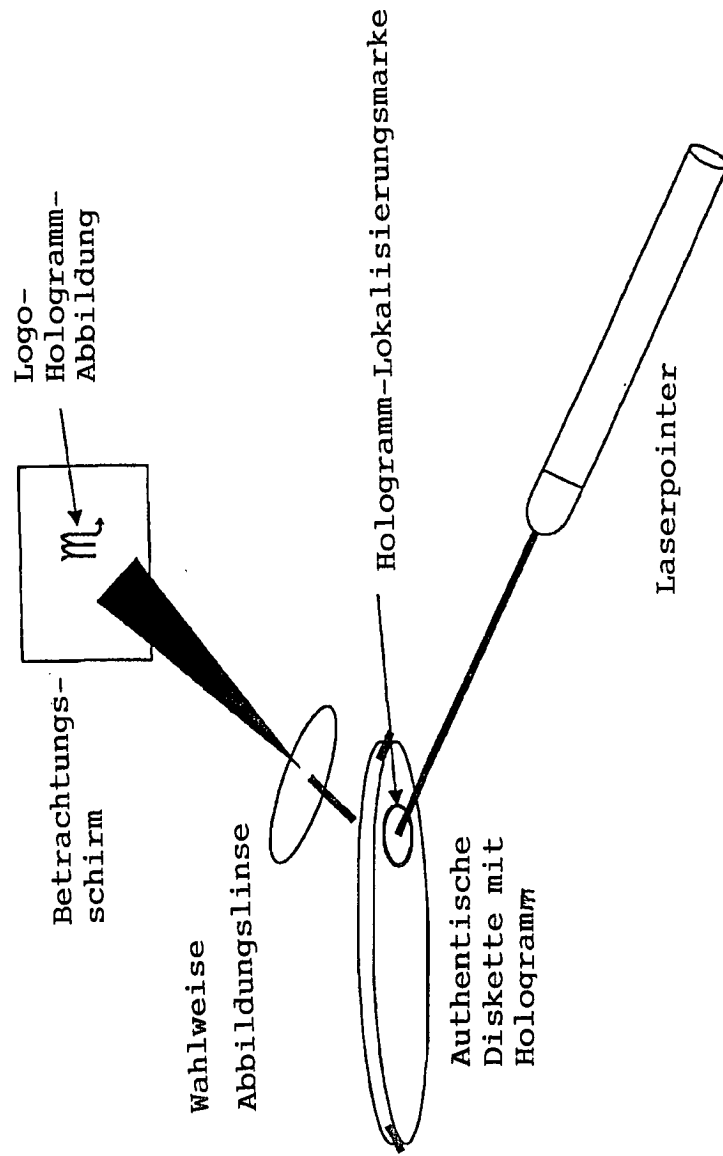


Fig. 5A



Figur 6

Figur 7



Figur 8

Bragg-Bedingung von Volumen-Hologrammen:

$$\eta(\theta) = \left(\frac{\pi \Delta n L}{\lambda \cos \theta} \right)^2 \sin^2 \left(\frac{2L(\Delta \theta) \sin \theta}{\lambda} \right)$$

Brechungs-Effizienz

$$\Delta \theta_i = \frac{\lambda_i}{2L \sin 2\theta_i}$$

Winkel-Toleranz

