



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 36 891 A1** 2004.03.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 36 891.0**
(22) Anmeldetag: **12.08.2002**
(43) Offenlegungstag: **25.03.2004**

(51) Int Cl.⁷: **G03H 1/04**
G03H 1/08, G03H 5/00, G02B 5/32,
B44F 1/12

(71) Anmelder:
Giesecke & Devrient GmbH, 81677 München, DE

(72) Erfinder:
Dausmann, Günther, Dipl.-Ing., 85435 Erding, DE

(74) Vertreter:
Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Holographisch-optisches Element und Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines holographisch-optischen Elementes, bei dem eine photoempfindliche Schicht zumindest einmal mit interferierenden Lichtstrahlen belichtet wird, um eine holographische Struktur zu erzeugen. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß die photoempfindliche Schicht zumindest einmal in gekrümmten Zustand belichtet wird. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines holographisch-optischen Elementes mit einem computergenerierten Lichtmuster, bei dem erfindungsgemäß vorgesehen ist, daß zumindest ein zur Belichtung einer holographischen Struktur zur holographischen Speicherung einer Information auf einer ebenen Fläche berechnetes Lichtmuster derart transformiert wird, das es einem Lichtmuster entspricht, das erst bei Krümmung der damit belichteten Photoschicht während der Beleuchtung mit Rekonstruktionslicht die gespeicherte Information zeigt und die Photoschicht in ebenem Zustand mit dem transformierten Lichtmuster belichtet wird. Die Erfindung betrifft weiterhin holographisch-optische Elemente und Prägehologrammstrukturen, die unter Einsatz der erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt sind.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines holographisch-optischen Elementes, bei dem eine photoempfindliche Schicht zumindest einmal mit interferierenden Lichtstrahlen belichtet und entwickelt wird, um eine holographische Struktur zu erzeugen. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines holographisch-optischen Elementes, bei dem eine photoempfindliche Schicht mit einem computergenerierten Lichtmuster belichtet und entwickelt wird, das der Belichtung mit interferierenden Lichtstrahlen entspricht. Weiterhin betrifft die Erfindung holographisch-optische Elemente, Prägehologrammstrukturen, Fälschungssicherheitsselemente und Wertdokumente, die unter Verwendung der erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden können.

[0002] Holographische Strukturen finden heute als Fälschungssicherheitsmerkmal auf verschiedenen Gebieten Anwendung. Das Hologramm an sich ist ein visuelles Prüfmerkmal. Durch mehr oder weniger geschickte Nachahmungen kann der Betrachter jedoch getäuscht werden. Um diese Gefahr zu reduzieren, können speziell ausgestaltete Lesegeräte oder Prüfgeräte eingesetzt werden, um die Echtheit des Hologramms zu verifizieren. In vielen Fällen ist es jedoch nicht möglich oder sinnvoll, Lesegeräte oder Prüfgeräte vorzusehen.

[0003] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein holographisch-optisches Element mit hohem Wiedererkennungswert, aber trotzdem mit hoher Fälschungssicherheit zu erstellen, das ohne zusätzliche Hilfsmittel wie Lesegeräten o.ä. eine Prüfung erlaubt.

[0004] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhaft ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Unteransprüche.

[0005] Bei dem Verfahren gemäß Anspruch 1 wird eine photoempfindliche Licht zumindest einmal mit interferierenden Lichtstrahlen belichtet und entwickelt, um eine holographische Struktur zu erzeugen. Erfindungsgemäß wird die photoempfindliche Schicht auf einem flexiblen Substrat vorgesehen und zumindest einmal in gekrümmtem Zustand belichtet.

[0006] Wird das Hologramm in gekrümmtem Zustand belichtet, so rekonstruiert es in gleichem Krümmungsradius auch die Information, während es in ebenem Zustand nur noch helle schmale Zonen zeigt, die nur ein Teil der Objektinformation wiedergeben. Um die in der holographischen Struktur gespeicherte Information bei Beleuchtung mit Rekonstruktionslicht zu erkennen, muß dieses also in den Krümmungszustand gebracht werden, unter dem die Belichtung stattgefunden hat. Während in ebenem Zustand das holographisch-optische Element keine verwertbare Information zeigt, ist die Information in gekrümmtem Zustand rekonstruierbar. Diese Ausgestaltung erschwert die Fälschung signifikant und eine Prüfung des holographisch-optischen Elementes ist

ohne Lesegeräte oder Prüfgeräte auf einfache Weise visuell möglich. Eine Nachstellung zeigt nur Teile der Information, z. B. können spezielle Bewegungseffekte sowie komplette 3-D-Szenen nicht komplett erfaßt bzw. visuell wahrgenommen werden und entlarven somit die Fälschung.

[0007] Ein erfindungsgemäßes holographisches Element eignet sich auch zum Aufbringen auf gekrümmte Oberflächen, z. B. Flaschen oder Flaschenverschlüsse zur Sicherung oder Garantie des echten Inhaltes der Flasche.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren kann zur Erzeugung von Reflexions- oder Transmissionshologrammen eingesetzt werden und zur Fertigung von Volumenoder Oberflächenhologrammen umgesetzt werden.

[0009] Dabei kann als zu speichernde Information entweder ein Objekt oder ein z. B. ebenes Masterhologramm eingesetzt werden, dessen Information auf der gekrümmten Fläche holographisch gespeichert wird.

[0010] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die photoempfindliche Schicht mehrfach unter Einstellung unterschiedlicher Krümmungsradien belichtet, um die Fälschungssicherheit weiter zu erhöhen.

[0011] Zusätzlich zu einem Hologramm, das nur in gekrümmtem Zustand rekonstruiert werden kann, kann eine weitere Hologrammstruktur in ebenem Zustand der photoempfindlichen Schicht einbelichtet werden, die dementsprechend auch eine Information rekonstruiert, wenn das holographisch-optische Element nicht gekrümmt ist. Es entsteht ein sogenannter „Flip“-Effekt, der ebenfalls zur Erhöhung der Sicherheit beiträgt.

[0012] Bei solchen erfindungsgemäßen holographischen Elementen, bei denen mehrere Belichtungen unter unterschiedlichen Krümmungsradien bzw. zusätzlich in ebenem Zustand vorgenommen werden, können die holographisch gespeicherten Informationen der einzelnen Belichtungen untereinander gleich sein. Auf diese Weise läßt sich überprüfen, ob bei Einstellung der unterschiedlichen Krümmungen tatsächlich auch dasselbe Bild rekonstruiert wird.

[0013] Alternativ kann vorgesehen sein, daß die holographisch gespeicherten Informationen, die den einzelnen Belichtungen entsprechen, unterschiedlich sind. Auf diese Weise lassen sich optisch ansprechende von der Krümmung des holographisch-optischen Elementes abhängige Bildsequenzen erzeugen. Auch die Sicherheit ist dadurch erhöht, daß unterschiedliche Bilder rekonstruiert werden, die von einem Fälscher schwer nachgeahmt werden können.

[0014] Die Aufgabe wird auch durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 6 gelöst, der ein Verfahren zur Herstellung eines holographisch-optischen Elementes beschreibt, bei dem eine photoempfindliche Schicht mit einem computergenerierten Lichtmuster belichtet und entwickelt wird, das der Belichtung mit interferierenden Lichtstrahlen entspricht.

Anspruch 6 ist damit auf ein Verfahren zur Herstellung eines computergenerierten Hologramms gerichtet. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche. Erfindungsgemäß wird das zur Belichtung einer holographischen Struktur zur holographischen Speicherung einer Information auf einer ebenen Fläche berechnete Lichtmuster derart transformiert, daß es einem Lichtmuster entspricht, das erst bei Krümmung der damit belichteten Photoschicht während der Beleuchtung mit Rekonstruktionslicht die gespeicherte Information zeigt. Eine Photoschicht wird in ebenem Zustand mit dem transformierten Lichtmuster belichtet.

[0015] Die erfindungsgemäße Lösung gemäß diesem Verfahren entspricht der Computergeneration eines holographischen Elementes, wie es mit dem oben beschriebenen Verfahren des Anspruches 1 unter Verwendung interferierender Lichtstrahlen hergestellt werden kann. Gemäß der Lösung des Anspruches 6 wird ein Hologramm computergeneriert, wobei die Krümmung des hologrammtragenden Substrates bei der Berechnung der Belichtungsdaten schon berücksichtigt ist. Das auf der Basis dieser Computerdaten belichtete Hologramm, aufgenommen auf eine photosensitive Fläche, zeigt ebenso wie das unter einem Verfahren des Anspruches 1 hergestellte holographisch-optische Element visuell zunächst verzerrte Objekte, die erst bei Krümmung bzw. nach Reproduktion in flexibles Material und dessen Krümmung sichtbar werden.

[0016] Das computergenerierte erfindungsgemäße holographisch-optische Element zeigt dieselben Vorteile wie das mit dem Verfahren des Anspruches 1 unter Verwendung von interferierenden Lichtstrahlen hergestellte erfindungsgemäße holographisch-optische Element.

[0017] Das computergenerierte Lichtmuster kann einem Hologramm entsprechen, das in gekrümmtem Zustand die holographisch gespeicherte Information rekonstruiert. Das computergenerierte Gesamtlichtmuster kann auch mehreren Lichtmustern entsprechen, die mehrere holographische Informationen speichern, die verschiedenen Krümmungsradien entsprechen. Ebenso kann vorgesehen sein, daß das computergenerierte Gesamtlichtmuster einer holographisch gespeicherten Information entspricht, die bei planem Hologramm rekonstruiert und zusätzlich einer holographisch gespeicherten Information entspricht, die bei gekrümmtem Hologramm rekonstruiert wird. Wiederum können die Informationen entweder gleich oder unterschiedlich sein.

[0018] Die mit diesen besonderen Ausgestaltungen hergestellten holographisch-optischen Elemente zeigen dieselben Vorteile wie die mit zwei interferierenden Lichtstrahlen hergestellten holographisch-optischen Elemente.

[0019] Zur Massenproduktion können die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten holographisch-optischen Elemente als Masterhologramme eingesetzt werden und mit Hilfe eines Kopierschrittes

in bekannter Weise reproduziert werden.

[0020] Ebenso können die erfindungsgemäßen Verfahren direkt zur Massenproduktion eingesetzt werden.

[0021] Die Aufgabe wird auch durch ein holographisch-optisches Element gelöst, das zumindest eine holographisch gespeicherte Information nur bei Einstellung einer vorbestimmten Krümmung rekonstruieren kann.

[0022] Besonders vorteilhaft wird ein mit den erfindungsgemäßen Verfahren hergestelltes holographisch-optisches Element zur Prägung einer Prägehologrammstruktur auf einem flexiblen Substrat eingesetzt. Dies gestattet auf einfache Weise die Massenproduktion von kostengünstigen Prägehologrammstrukturen, die als Sicherheitsmerkmale eingesetzt werden können.

[0023] Eine andere vorteilhafte Ausgestaltung betrifft eine Volumenhologrammstruktur, die mit einem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt worden ist. Schließlich sind auch hybride holographisch-optische Elemente möglich, die sowohl volumenholographische als auch oberflächenholographische Informationen enthalten.

[0024] Besonders vorteilhaft lassen sich die erfindungsgemäßen holographisch-optischen Elemente bzw. Prägehologramm- oder Volumenhologrammstrukturen als Fälschungssicherheitsmerkmal z. B. in Wertdokumenten einsetzen.

[0025] Bei allen Ausführungsformen, bei denen mehrere unterschiedliche Krümmungsradien und/oder eine Struktur, die auch in ebenem Zustand rekonstruiert, eingesetzt werden, können die einzelnen Anteile über die gesamte Fläche des Hologrammes belichtet werden oder aber nur jeweilige einzelne Flächenelemente betreffen.

[0026] Eine Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Verfahren wird im folgenden im Detail erläutert.

[0027] In bekannter Weise wird eine photoempfindliche Schicht der Interferenz eines Objektstrahles und eines Referenzstrahles ausgesetzt, um eine holographische Struktur zu erzeugen, die bei Beleuchtung mit Rekonstruktionslicht das Objekt rekonstruiert. Die photoempfindliche Schicht ist jedoch nicht plan bei der Belichtung, sondern wird dem Lichtmuster in gekrümmtem Zustand ausgesetzt. Auf diese Weise erfolgen ggf. mehrere Belichtungen unter Einstellung verschiedener Krümmungsradien. Bei der hier beschriebenen bevorzugten Ausführungsform wird zusätzlich eine Belichtung durchgeführt, bei der die photosensitive Schicht eben ist.

[0028] Die auf diese Weise belichtete photosensitive Schicht wird entwickelt und fixiert. Die so entstandene Struktur wird z. B. eingesetzt, um in bekannter Weise eine Prägehologrammstruktur auf einem flexiblen Substrat zu erzeugen.

[0029] Die fertige Prägehologrammstruktur wird wie folgt eingesetzt. In ebenem Zustand rekonstruiert die Prägehologrammstruktur bei Beleuchtung mit dem entsprechenden Rekonstruktionslicht diejenige Infor-

mation, die bei der Belichtung der ebenen photosensitiven Schicht holographisch gespeichert wurde. Biegen der Prägehologrammstruktur in einen Krümmungsradius, der dem Krümmungsradius entspricht, unter dem die Belichtung der gekrümmten photosensitiven Schicht erfolgte, läßt die Information rekonstruieren, die in gekrümmtem Zustand des photosensitiven Materials aufgenommen wurde. Auf diese Weise entsteht ein „Flip“-Effekt, der entweder die eine oder die andere Information zeigt, je nach dem, ob das Prägehologramm gekrümmt ist oder nicht.

[0030] Das holographisch-optische Element kann anstelle der Belichtung mit zwei interferierenden Lichtstrahlen auch computergeneriert werden, wobei bei der Berechnung der Belichtungsdaten für die Computerbelichtung die Krümmung berücksichtigt werden muß, unter der die Rekonstruktion der holographisch gespeicherten Information bei der Rekonstruktion sichtbar werden soll. Mehrere auf diese Weise computergenerierte Datensätze können kombiniert werden und in einem Belichtungsschritt auf ein ebenes photosensitives Material belichtet werden, das dann wiederum als Vorlage z. B. für eine Prägehologrammstruktur dient.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines holographisch-optischen Elementes, bei dem eine photoempfindliche Schicht zumindest einmal mit interferierenden Lichtstrahlen belichtet und entwickelt wird, um eine holographische Struktur zu erzeugen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die photoempfindliche Schicht auf einem flexiblen Substrat gehalten ist und zumindest einmal in gekrümmtem Zustand belichtet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die photoempfindliche Schicht mehrfach unter Einstellung unterschiedlicher Krümmungsradien belichtet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem zusätzlich zu der mindestens einen Belichtung in gekrümmtem Zustand eine Belichtung in ebenem Zustand vorgenommen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, bei dem die Belichtungen derart durchgeführt werden, daß die bei den Belichtungen entstandenen holographischen Strukturen dieselbe Information speichern.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, bei dem die Belichtungen derart ausgewählt sind, daß die bei den Belichtungen entstehenden holographischen Strukturen unterschiedliche Informationen speichern.

6. Verfahren zur Herstellung eines holographisch-optischen Elementes, bei dem eine photo-

empfindliche Schicht mit einem computergenerierten Lichtmuster belichtet und entwickelt wird, das der Belichtung mit interferierenden Lichtstrahlen entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß

– zumindest ein zur Belichtung einer holographischen Struktur zur holographischen Speicherung einer Information auf einer ebenen Fläche berechnetes Lichtmuster derart transformiert wird, daß es einem Lichtmuster entspricht, das erst bei Krümmung der damit belichteten Photoschicht während der Beleuchtung mit Rekonstruktionslicht die gespeicherte Information zeigt, und

– die Photoschicht in ebenem Zustand mit dem transformierten Lichtmuster belichtet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem mehrere transformierte Lichtmuster in die Photoschicht in ebenem Zustand belichtet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Lichtmuster durch Transformationen entstanden sind, denen verschiedene Krümmungen der belichteten Photoschicht zugrunde gelegt wurden, bei denen die mit Rekonstruktionslicht belichtete Photoschicht die dem jeweiligen Lichtmuster entsprechende Information zeigen soll.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem die zur Belichtung der ebenen Photoschicht verwendeten Lichtmuster ein nicht transformiertes und zumindest ein transformiertes Lichtmuster umfassen.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, bei dem die der Berechnung der Lichtmuster zugrunde gelegten Informationen identisch sind.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, bei dem die der Berechnung der Lichtmuster zugrunde gelegten Informationen unterschiedlich sind.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, mit einem anschließenden holographischen Kopierschritt auf ein flexibles Substrat.

13. Holographisch-optisches Element, das mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 herstellbar ist.

14. Holographisch-optisches Element mit einem flexiblen Substrat, das zumindest eine holographisch gespeicherte Information nur bei Einstellung einer vorbestimmten Krümmung rekonstruieren kann.

15. Holographisch-optisches Element nach Anspruch 14, bei dem eine Information unter verschiedenen Krümmungen rekonstruiert werden kann.

16. Holographisch-optisches Element nach Anspruch 14, bei dem unter verschiedenen Krümmun-

gen unterschiedliche Informationen rekonstruiert werden.

17. Holographisch-optisches Element nach einem der Ansprüche 14 bis 16, bei dem zusätzlich eine Information in ebenem Zustand rekonstruiert wird.

18. Prägehologrammstruktur, die unter Einsatz eines mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 hergestellten holographisch-optischen Elementes auf einem flexiblen Substrat geprägt wurde.

19. Volumen hologrammstruktur, die unter Einsatz eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 hergestellt wurde.

20. Fälschungssicherheitsmerkmal auf einem flexiblen Substrat, mit einem holographisch-optischen Element nach einem der Ansprüche 13 bis 17, einer Prägehologrammstruktur nach Anspruch 18 oder einer Volumen hologrammstruktur nach Anspruch 19.

21. Wertdokument mit einem Fälschungssicherheitsmerkmal nach Anspruch 20.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen