



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

(19) DD (11) 237 972 A3

4(51) G 11 B 11/03

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP G 11 B / 266 972 6

(22) 19.07.84

(45) 06.08.86

(71) Friedrich-Schiller-Universität Jena, 6900 Jena, August-Bebel-Straße 4, DD

(72) Wiederhold, Gerhard, Dr. sc. nat.; Kramer, Willy, Dipl.-Ing.; Müller, Rolf, Dr. rer. nat. Dipl.-Chem.; Sauer, Erich; Heumann, Ernst, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Kleinschmidt, Jürgen, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Vogler, Klaus, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Zschocke, Wolfgang, Dipl.-Phys.; Rühle, Klaus, Dipl.-Phys., DD

(54) Verfahren zum Einschreiben von Informationen in das Volumen von homogenen Plastmaterialien mittels geführtem Laserstrahl

(57) Das Verfahren zum Einschreiben von Informationen in das Volumen von homogenen Plastmaterialien mittels geführtem Laserstrahl ist insbesondere dort anwendbar, wo Zeichen, Symbole, Skalen oder beliebige andere Strukturen in das Innere von schwach absorbierenden Plastmaterialien eingebracht werden sollen, ohne daß die Oberfläche des Materials auf irgend eine Weise beeinflußt wird. Die Strukturen sind damit vor Beschädigungen, Veränderungen oder Verfälschungen gesichert. Die Aufgabe, Möglichkeiten und Anwendungsbereich der Kennzeichnung von Materialien mittels Laserstrahlung zu erweitern, wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Energie der Strahlung eines geführten gütegeschalteten kontinuierlichen Lasers nach Überschreiten einer empirisch ermittelten materialspezifischen Intensitätsschwelle durch Fokussierung mittels eines optischen Systems in die zu kennzeichnenden Bereiche des Materialvolumens derart deponiert wird, daß durch Abstimmung der Parameter Laserleistung und Brennweite der Fokussieroptik eine Überschreitung der Intensitätsschwelle in anderen als den zu kennzeichnenden Volumenbereichen vermieden wird. Die Strahlung kann in unterschiedliche Tiefen des Materials fokussiert werden, bei Bewegung der Strahltaile in drei Koordinaten können im Material dreidimensionale Strukturen erzeugt werden.

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zum irreversiblen Einbringen von nicht veränderbaren Informationen in das Volumen von homogenen Plastmaterialien, beispielsweise beliebig eingefärbte homogene transparente und/oder gedeckte Celluloseesterformmassen und/oder PVC- oder Polyolefinformmassen bzw. modifizierte PVC- oder Polyolefinformmassen, **dadurch gekennzeichnet**, daß Laserlicht eines geführten gütegeschalteten kontinuierlichen Lasers mittels eines optischen Systems derart in das Materialvolumen fokussiert wird, daß durch Abstimmung der Parameter Laserleistung und Brennweite der Fokussieroptik ausschließlich innerhalb der zur Informationsabbildung vorgesehenen Volumenbereiche eine materialspezifische Intensitätsschwelle überschritten wird, die zuvor für das verwendete Plastmaterial empirisch bestimmt wurde.
2. Verfahren nach Punkt 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einer gegenüber der Materialdicke kleinen Taillenzahl der Fokussieroptik die Strahlung in beliebige Tiefen des Materialvolumens ohne Beeinflussung der beiden Materialoberflächen fokussiert wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erreichung bezüglich ihrer Tiefe ausgedehnter Strukturen im Material eine Fokussieroptik mit einer dieser Tiefe vergleichbaren Taillenzahl eingesetzt wird.
4. Verfahren nach Punkt 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Herstellung dreidimensionaler Strukturen im Materialvolumen die Lage der Strahltaile in drei Koordinaten kontinuierlich verändert wird.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum irreversiblen Einschreiben von Informationen in das Volumen an sich transparenter homogener Plastmaterialien, auch solcher, die beim Herstellungsprozeß mit Farbstoffen versehen wurden, derart, daß das fertige Plastmaterial die Laserstrahlung schwach absorbiert.

Das Verfahren kann insbesondere zum Einschreiben von Zeichen, Symbolen, Skalen und anderen Strukturen in das Volumen des Materials verwendet werden, wobei die Oberfläche des Materials völlig unbeeinflusst bleibt.

Die Erfindung kann demgemäß überall dort angewendet werden, wo Informationen fälschungssicher und vor Beschädigungen geschützt sein sollen. Weiterhin umfaßt das Anwendungsgebiet die analoge oder digitale Speicherung von Informationen, die eine optische Abtastung ermöglichen (z. B. Ton- oder Bildträger) und ebenfalls weitgehend gegen mechanische Beschädigungen der Oberfläche unempfindlich sind.

Die Erfindung ist auch anwendbar bei der Herstellung von modischen, mit unterschiedlichen Dessins versehenen Artikeln.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bisher sind zum Einspeichern von Informationen in das Volumen lichtempfindlicher Materialien im wesentlichen holografische Verfahren bekannt geworden.

Dabei werden die durch Überlagerung kohärenter Wellen, die zum Beispiel durch einen Laser erzeugt werden, entstehenden Interferenzmuster in das Volumen solcher Materialien eingeschrieben. Durch erneute Bestrahlung des Volumenhologramms mit kohärentem Licht wird ein optisches Bild des ursprünglichen Objektes erzeugt. Diese bekannten technischen Lösungen sind zum Vergleich mit dem erfindungsgemäßen nicht geeignet, sie sind auch nicht geeignet, die neue technische Lehre nahezulegen.

Bekannt sind weiterhin Verfahren, bei denen Mehrschichtplastwerkstoffe zum Einschreiben von Informationen unter die äußere Oberfläche verwendet werden. Dabei ist die äußere Schicht für die Laserstrahlung völlig transparent, während eine darunter liegende Schicht die Laserstrahlung an ihrer Oberfläche völlig absorbiert. Diese absorbierende Schicht erfährt dabei eine sichtbare und bleibende Veränderung (Verfärbung, Verbrennung) (DE-OS 3048735).

Außerdem ist ein Verfahren zum Einbringen von Dekorationen in völlig transparentes Plexiglas mittels Laserstrahlung bekannt (GB 1523548). Bei diesem Verfahren wird die Strahlung eines nicht gütegeschalteten EinzelimpulsLasers in das Volumen des Plexiglasses fokussiert. Unter Ausnutzung der im Material vorhandenen inneren Spannungen, die beim Herstellungsprozeß unvermeidlich sind, führt diese Beeinflussung zu dekorativen Strukturen, die hinsichtlich ihrer Form und Größe allerdings nur statistischen Zufälligkeiten unterliegen. Eine Herstellung vorgegebener Dekorationen ist mit diesem Verfahren also nicht möglich.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung verfolgt das Ziel, Informationen (Schriftzeichen, Symbole, Skalen, Muster usw.) derart in das Volumen von homogenen Plastmaterialien einzuschreiben, daß Beschädigungen der Oberfläche die eingeschriebenen Informationen nicht gelöscht werden können.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Möglichkeiten und den Anwendungsbereich der Kennzeichnung von Materialien mittels Laserstrahlung derart zu erweitern, daß in das Volumen homogener Plastmaterialien scharf begrenzte Zeichen, Symbole usw. dauerhaft eingeschrieben werden können.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt mit einem Verfahren zum irreversiblen Einbringen von nicht veränderbaren Informationen in das Volumen von homogenen Plastmaterialien erfindungsgemäß dadurch, daß die Energie der Strahlung eines geführten gütegeschalteten kontinuierlichen Lasers nach Überschreiten einer empirisch ermittelten materialspezifischen Intensitätsschwelle durch Fokussierung mittels eines optischen Systems in die zu kennzeichnenden Bereiche des Materialvolumens derart deponiert wird, daß durch Abstimmung der Parameter Laserleistung und Brennweite der Fokussieroptik eine Überschreitung der Intensitätsschwelle in anderen als den zu kennzeichnenden Volumenbereichen vermieden wird.

Die Herstellung von hinsichtlich ihrer Gestalt, Größe und Lage in der Tiefe des Volumens unterschiedlichen Strukturen kann durch Variation der Parameter beeinflusst werden.

Zum Beispiel kann bei einer gegenüber der Materialdicke kleinen Tailllänge der Fokussieroptik die Strahlung in beliebige Tiefen des Materialvolumens ohne Beeinflussung der beiden Materialoberflächen fokussiert werden. Dagegen muß zur Erreichung bezüglich ihrer Tiefe ausgedehnter Strukturen im Material eine Fokussieroptik mit einer dieser Tiefe vergleichbaren Tailllänge eingesetzt werden.

Zur Herstellung dreidimensionaler Strukturen im Materialvolumen muß die Lage der Strahltaill in drei Koordinaten kontinuierlich verändert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß oberhalb einer materialspezifischen Intensitätsschwelle der verwendeten Laserstrahlung überraschenderweise scharf begrenzte irreversible Veränderungen im Material auftreten, die sich kontrastreich von ihrer unbeeinflussten Umgebung im Inneren des homogenen Materials abheben. Von Bedeutung ist dabei die Beachtung und Wahl der Parameter Laserleistung und Brennweite der Fokussieroptik. Die Wahl muß so erfolgen, daß die Schwellintensität im Material allein im Fokusvolumen überschritten wird, d. h. bei kurzbrennweitiger Fokussierung (sehr kleines Fokusvolumen, Fokusdurchmesser, Divergenz der Laserstrahlung x , Brennweite der Fokussieroptik im Material) muß die Laserleistung entsprechend geringer gewählt werden als bei langbrennweitiger Fokussierung. Die Ausdehnung des Fokusvolumens in Strahlrichtung (Fokuslänge) ist näherungsweise gegeben durch die Brennweite der Fokussieroptik x Fokusdurchmesser dividiert durch den Strahldurchmesser am Ort der Fokussieroptik.

Dadurch bestimmt die Brennweite auch die Ausdehnung der erzeugten Struktur in Strahlrichtung. Das ermöglicht dem Anwender bei Verwendung eines Lasers im transversalen Grundmodus (beugungsbegrenzte Strahldivergenz) auch die Erzeugung von Strukturen, die hinsichtlich ihrer Ausdehnung in der Größenordnung der Laserwellenlänge liegen.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß bei entsprechend kurzbrennweitiger Fokussierung (Fokuslänge klein gegenüber der Dicke des Materials) die Information wahlweise in unterschiedlichen Tiefen des homogenen Plastmaterials eingeschrieben werden können, ohne dabei die Oberflächen des Materials zu beeinflussen. Es können dadurch auch echt dreidimensionale Strukturen im Material erzeugt werden.

Das Verfahren kann weiterhin genutzt werden, um in mehrfarbigen Plastmaterialien in gewünschter Tiefe Informationen einzuschreiben. Mehrfarbigkeit bedeutet in diesem Falle sowohl unterschiedliche Einfärbungen in der Tiefe des Materials als auch lokale unterschiedliche Farbnuancen.

Ausführungsbeispiel

Das Wesen der Erfindung soll an einem im folgenden näher beschriebenen Ausführungsbeispiel erläutert werden. Verwendet wird ein kontinuierlich strahlender akustooptisch gütemodulierter Nd-YAG-Laser (Wellenlänge = $1,06\mu\text{m}$, Strahlungsleistung im kontinuierlichen und transversalen Vielmodenbetrieb 50W, Spitzenleistung der gütemodulierten Impulse: 50kW, Strahldivergenz im Multimodebetrieb: 8mrad), dessen Strahlablenkung und Arbeitsregime rechnergesteuert ist. Als homogenes Plastmaterial werden Platten aus schwach eingefärbten Celluloseesterformmassen verschiedener Dicke (3mm bis 10mm) verwendet. Die Kleinsignaltransmission der Proben liegt bei der verwendeten Laserwellenlänge zwischen 90% und 70%. Die Schwellintensität bei diesem Material beträgt etwa 40kW/mm^2 . Bei mittleren Spitzenleistungen von 20kW kann diese Schwellintensität im Fokusvolumen durch Fokussierlinsen mit Brennweiten kleiner als 50mm erreicht werden. Die Laserstrahlung wird derart in das Volumen des Plastmaterials fokussiert, daß der Strahlfokus in beliebig einstellbarer Tiefe im Inneren des Materials liegt.