



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer : **93250244.6**

(51) Int. Cl.⁵ : **G06K 1/12, G06K 19/08**

(22) Anmeldetag : **08.09.93**

(30) Priorität : **08.09.92 DE 4230551**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
16.03.94 Patentblatt 94/11

(84) Benannte Vertragsstaaten :
CH DE FR GB LI

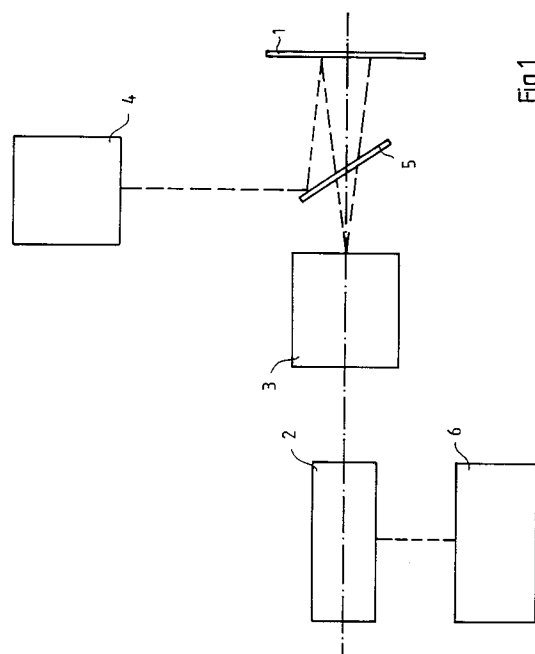
(71) Anmelder : **BORUS SPEZIALVERFAHREN
UND- GERÄTE IM SONDERMASCHINENBAU
GmbH
Ostendstrasse 1-14
D-12459 Berlin (DE)**

(72) Erfinder : **Fisun, Oleg Ivanovich
Kropotkinskaja Str. 13/7
Moskau 119034 (RU)**
 Erfinder : **Lupichev, Lev Nikolaevich
Kropotkinskaja Str. 13/7
Moskau 119034 (RU)**
 Erfinder : **Maklakov, Viktor Vassilevich
Kropotkinskaja Str. 13/7
Moskau 119034 (RU)**
 Erfinder : **Schimko, Richard
Fischerinsel 5
D-10179 Berlin (DE)**

(74) Vertreter : **Christiansen, Henning, Dipl.-Ing.
Patentanwalt Pacelliallee 43/45
D-14195 Berlin (DE)**

(54) **Verfahren zur Markierung eines Gegenstands mittels Laserstrahlung.**

(57) Verfahren zum Versehen eines Gegenstandes mit einer Markierung mittels lokaler Bestrahlung des Gegenstands in einem vorbestimmten Gegenstandsbereich mit energiereicher elektromagnetischer Strahlung, wobei die Bestrahlung bei einer Wellenlänge außerhalb des sichtbaren, jedoch innerhalb des optischen Bereiches des Spektrums der elektromagnetischen Strahlung erfolgt, bei der das Material des vorbestimmten Gegenstandsbereiches ein Maximum der spektralen Absorption aufweist und die weiteren Parameter der Bestrahlung im Ergebnis materialbezogener Vorversuche so vorbestimmt sind, daß aufgrund der Wechselwirkung der Strahlung mit der Molekülstruktur im vorbestimmten Gegenstandsbereich eine bleibende, bei Beleuchtung im Wellenlängenbereich des Absorptionsmaximums wahrnehmbare Änderung der optischen Eigenschaften induziert, jedoch der Gegenstandsbereich nicht mechanisch und/oder bei Beleuchtung mit sichtbarem Licht wahrnehmbar verändert wird.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Art sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Verfahren zur Markierung von Gegenständen und Materialien mittels Laserstrahlung sind bekannt.

Aus der FR-PS 2 560 119 ist insbesondere ein Verfahren bekannt, das mittels eines sogenannten Stream-Laserkopfes arbeitet. Dabei gelangt der zu markierende Gegenstand mittels eines Transportbandes vor den Stream-Laserdruckkopf. Mittels einer mikroprozessorgesteuerten Vorrichtung wird der Laserkopf zur sequentiellen Erzeugung eines vorgegebenen Schreibmusters positioniert und geführt. Dabei werden beispielsweise eine Anzahl von vorgegebenen der Buchstaben und Ziffern nach ihren Koordinaten in Ihrer Lage vorgegeben. Drei Photoelemente kontrollieren dabei die Position des zu kennzeichnenden Gegenstandes auf dem Fließband. Wenn dieser eine vorgebene Position erreicht hat, schaltet sich der Stream-Laserdruckkopf ein und trägt die Markierungszeichen punktweise auf Oberflächenmaterial auf. Eine Rastermatrix besteht dabei beispielsweise aus dreißig horizontalen und dreißig vertikalen Punkten. Ein nachgeschaltetes Lesegerät kontrolliert anschließend die Qualität der angebrachten Markierungszeichen.

Diesem bekannten Verfahren haftet der Nachteil an, daß die Markierungszeichen nur auf vorzugsweise rechteckige Gegenstände aufgetragen werden können. Deshalb wird es auch nur für die Markierung von Verpackungen (Kästen und dergleichen) angewendet.

Aus der DE 34 11 797 A1 ist ein Verfahren zur Kennzeichnung von Kunststoffteilen bekannt, bei dem mittels eines Laserstrahls in eine unter einer transparenten Schicht liegende, das Laserlicht absorbierende Kunststoffschicht sichtbare Markierungen (etwa abriebfeste Tastenbeschriftungen) eingeschrieben werden.

Aus der DE 31 47 385 C2 ist ein Verfahren zur Kennzeichnung von Verbundglasscheiben bekannt, bei dem mittels Laserstrahls eine sichtbare Markierung in die Zwischenschicht eines Verbundglases eingeschrieben wird, die einen vom Glas abweichenden Absorptionskoeffizienten für die Laserstrahlung aufweist.

Auch diese beiden Kennzeichnungsverfahren sind nur für spezielle Gegenstände brauchbar. Mit allen vorgenannten Verfahren werden für jedermann sicht- und damit fälschbare Kennzeichnungen erzeugt, die zudem den optischen Eindruck der Oberfläche des Gegenstandes beeinträchtigen.

Aus der DE 37 23 856 A1 ist ein Verfahren zur Identifizierung abhanden gekommener Gegenstände bekannt, das sich dreier verschiedener Markierungen bedient, wobei zwei Markierungen nur im UV-Licht (bei verschiedenen Wellenlängen) wahrnehmbar sind und die dritte von herkömmlicher Art ist.

Dieses Verfahren erscheint wegen des hohen Markierungs- und Erkennungsaufwandes als wenig praktikabel, und die entscheidende der drei Markierungen ist nicht fälschungssicherer als jede andere herkömmliche Markierung.

Ein Verfahren zum Schutz von Geldscheinen und Wertpapieren vor Fälschungen ist aus der FR-PS 2 560 119 bekannt. Dieses Verfahren beruht darauf, daß auf die Materialoberfläche eine fluoreszierende Substanz in einer vorbestimmten Konzentration aufgetragen wird. Hierbei kann es sich sowohl um einzelne Bereiche als auch um die gesamte Oberfläche des Scheins oder Papiers handeln. Bei der späteren Beleuchtung eines derart behandelten Materials mit Strahlung einer vorgegebenen Wellenlänge wird ist ein Aufleuchten der fluoreszierenden Substanz in einem charakteristischem Bereich innerhalb des sichtbaren oder ultravioletten Teils des Spektrums erzeugt.

Bei diesem Verfahren ist die Notwendigkeit einer zusätzlichen Bearbeitung des Materials mit speziellen Stoffen nachteilig, da diese einerseits meist gesundheitsschädlich sind und andererseits auch durch äußere Einwirkung zerstörbar sein können.

Ein Verfahren zum verschlüsselten Schutz und zur individualisierenden Identifizierung von Dokumenten, die eine Vervielfältigung auf Kopiergeräten ausschließt, basiert auf der Anwendung von speziellen Farbstoffen mit hohem Reflexionsvermögen in einem vorgegebenen Teil des Spektrums ist aus der US-PS 3 852 088 bekannt. Der gewählte spektrale Bereich ist hierbei charakteristisch für einen bestimmten Typ von elektrostatischen Kopiergeräten, so daß diese Farbe bei normaler Betrachtung nicht besonders in Erscheinung tritt, nach dem Kopieren mittels eines Kopiergeräts auf der Kopie aber deutlich hervortritt. Dabei absorbiert der Farbstoff aber zum Teil Strahlung anderer Wellenlängen, die für Kopiergeräte anderen Typs charakteristisch sind, so daß hier die Schutzwirkung herabgesetzt ist. Zum anderen kann die Farbe des Dokumentenpapiers so gewählt werden, daß es durch eine spezielle Markierungsfarbe maskiert ist. Alle diese Maßnahmen führen dazu, daß beim Kopieren des Dokumentes die Markierungszeichen unter bestimmten Bedingungen nicht wiedergegeben werden.

Das zuletzt beschriebene Verfahren hat ebenfalls die Nachteile, daß einerseits eine zusätzliche Bearbeitung des Materials des zu schützenden Gegenstands mit einer speziellen Farbe erforderlich und daß andererseits diese zusätzliche Beschichtung durch äußere Einwirkung beseitigt werden kann.

Bekannt ist des weiteren ein Verfahren zur Anbringung von Identifikations-Zeichen auf Wertpapieren gemäß FR-PS 2 588 509, die auf dem Effekt der Aberration von Laserstrahlung durch spezielle Stoffe beruht, die in das Papier eingebracht wurden. Der Prozeß der Bildung der Markierungszeichen erfolgt

in folgender Weise: Die Laserstrahlung wird mit Hilfe eines Umlenkspiegels, der durch einen speziellen Prozessor reguliert wird, auf das Papier gerichtet, das spezielle Stoffe enthält. Diese Stoffe mußten in das Papier bereits beim Leimungsprozeß eingebracht werden. Im Ergebnis führt die Absorption der Energie der Laserstrahlung durch den speziellen Stoff zu einer lokalen Erwärmung des Papiers, und damit zu einer Wölbung und Bildung einer reliefartigen Struktur. Das auf diese Art und Weise gebildete Relief kann die Form von Buchstaben, Ziffern und anderen Zeichen aufweisen.

Der Hauptnachteil dieser Methode besteht darin, daß im Ergebnis durch Einwirkungen der Laserstrahlung auf den Stoff eine makroskopische, mechanische Deformation stattfindet. Außerdem ist die Markierung des Materials nur dann möglich, wenn vorher in das Papier spezielle Zusätze eingebracht werden, für den Markierungsprozeß ist unbedingt eine vorherige Bearbeitung des Materials notwendig.

Alle genannten Verfahren sind somit entweder in ihrer Anwendung auf Gegenstände bzw. Materialien mit speziellem Aufbau beschränkt und/oder erfordern einen hohen Aufwand und liefern zudem Kennzeichnungen, die nur bedingt als fälschungssicher anzusehen sind.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Gattung zu schaffen, mit dem ohne chemische oder mechanische Vorbehandlung Markierungen auf nahezu beliebigen nichtmetallischen Gegenständen unsichtbar und zerstörungsfrei angebracht werden können.

Diese Aufgabe wird mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Die Erfindung schließt den Gedanken ein, durch eine lokale, irreversible Veränderung von Anregungszuständen und damit der Mikrostruktur des Materials des zu kennzeichnenden Gegenstands die optischen Eigenschaften der veränderten Materialbereiche im nicht sichtbaren Bereich des Spektrums zu ändern, ohne daß eine mechanische Änderung der Beschaffenheit des Materials oder eine Änderung der optischen Eigenschaften bei Beleuchtung mit sichtbarem Licht auftritt.

Zur Realisierung dieses Gedankens wird die Erkenntnis ausgenutzt, daß fast sämtliche nichtmetallischen Materialien, die zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen, Verpackungen etc. verwendet werden - etwa Kunststoffe, Papier und Pappe, Glas, Keramiken - elektromagnetische Strahlung in einer Weise absorbieren, daß ihre Absorptionskurven Maxima außerhalb des sichtbaren Bereichs des Spektrums aufweisen und in ihnen bei hinreichend intensiver, aber hinsichtlich des effektiven Energieeintrags in das Materialgefüge exakt dosierter Bestrahlung bei den entsprechenden Wellenlängen irreversible molekulare Anregungen bzw. Mikrostrukturveränderungen ablaufen, ohne daß die mechanischen

Eigenschaften des Materials oder seine optischen Eigenschaften im sichtbaren Licht verändert werden.

(Im folgenden soll davon ausgegangen werden, daß unter sichtbarem Licht der mit dem menschlichen Auge wahrnehmbare Bereich des elektromagnetischen Spektrums (von etwa 450 bis 800 nm) verstanden wird, während unter dem "optischen Bereich" des Spektrums derjenige verstanden wird, in dem vorherrschend die Gesetze der Optik gelten und optische Instrumente Anwendung finden. Dieser Bereich schließt den - speziell näheren - Infrarotbereich ebenso ein wie den Bereich ultraviolett Lichts.)

So erzeugte Markierungen können durch nachträgliche äußere Einwirkung nicht mehr verändert werden und sind ohne technische Hilfsmittel für das menschliche Auge nicht sichtbar und am Material auch nicht "fühlbar".

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist insbesondere vorteilhaft, daß weder die Materialoberfläche des zu behandelnden Gegenstands noch dessen Struktur beschädigt werden. Damit ist einerseits der Vorteil verbunden, daß hochwertige Gegenstände wie Kunstgegenstände nicht beschädigt werden und damit keinen Wertverlust erleiden. Dieser Umstand bedeutet also einen wesentlichen Vorteil im Vergleich beispielsweise zu Kennzeichnungsverfahren, die mit Röntgenstrahlen arbeiten, wobei mit dem zu kennzeichnenden Gegenstand für Röntgenstrahlung undurchlässige Elemente verbunden werden müssen, die nicht ohne Beschädigung in das Material eingelassen werden können. Wegen der unverletzten Oberfläche ist der Ort der Kennzeichnung beispielsweise auch nicht durch genauere Betrachtung der Oberflächenstruktur - wie Glanz oder Rauigkeit - auszumachen.

Die für die Bestrahlung zu wählende Wellenlänge hängt vom molekularen Aufbau des Materials ab und wird in einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens zur Erzeugung der Kennzeichnung vorab experimentell bestimmt, indem die Absorption des Materials über einen hinreichend breiten Wellenlängenbereich mit Hilfe einer oder mehrerer durchstimmbarer Lichtquellen ermittelt wird. Ergibt sich dabei das Vorliegen mehrerer Absorptionsmaxima bzw. Resonanzwellenlängen, wird vorzugsweise das ausgeprägteste oder ein in der Nähe der Arbeitswellenlänge einer verfügbaren Kennzeichnungs-Lichtquelle liegendes Maximum für die Kennzeichnungs-Bestrahlung ausgewählt, wobei gewährleistet sein muß, daß die gewählte Wellenlänge auch im Arbeitsbereich der später zum Auslesen der Kennzeichnung verwendeten Beleuchtungseinrichtung(en) liegt.

Weiterhin ist es erforderlich, vorab zumindest in materialbezogenen Versuchen den optimalen effektiven Energieeintrag zu bestimmen, bei dem zwar die angestrebte irreversible Veränderung der molekularen Anregungszustände bzw. der Mikrostruktur erfolgt, aber noch keine thermisch bedingte, bleibende

Veränderung der mechanischen Eigenschaften bzw. Materialbeschaffenheit.

Die Erzeugung der Markierungen erfolgt anschließend mit energiereichem Licht, vorzugsweise mittels kohärenter hochenergetischer Impulsstrahlung (Laserstrahlung), mit einer Wellenlänge im Bereich einer Resonanzabsorption und mit einer Strahlgeschwindigkeit und Strahlparametern, die den gewünschten Wert des effektiven Energieeintrags ergeben.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird bei der Bestrahlung des zu markierenden Gegenstands die im Material erzeugte Wärmeenergie teilweise derart abgeführt bzw. der Gegenstand derart vorgekühlt, daß die bestrahlten Bereiche sich nur bis zu einer Temperatur aufheizen können, bei der eine wesentliche bleibende Veränderung des Materials durch die eingestrahlte bzw. umgesetzte Wärmeenergie noch zuverlässig ausgeschlossen ist.

Damit wird gewährleistet, daß außer der beabsichtigten Kennzeichnung kein sonstiger Hinweis auf das Vorhandensein der Kennzeichnung sichtbar wird, so daß diese ohne weitere Hilfsmittel nicht aufgefunden werden kann.

Insbesondere wird die Markierung mittels Laser-Bestrahlung mit einer auf ein Resonanzmaximum im Bereich von 250 bis 450 nm abgestimmten Wellenlänge - etwa unter Verwendung eines Stickstoff-, Excimer- oder Farbstofflasers - ausgeführt. Soweit Resonanzmaxima im UV/A-Bereich, also oberhalb etwa 300 nm Wellenlänge vorliegen, wird wegen der Verfügbarkeit kostengünstiger und einfach zu handhabender Lichtquellen dieser Bereich bevorzugt zur Kennzeichnung genutzt.

Durch Variation der Ladespannung (bei einem Excimerlaser des Pumplasers), der Impulsfolgefrequenz, der lokalen Verweildauer bzw. Schreibgeschwindigkeit und/oder des Spotdurchmessers des Laserstrahls wird dessen Strahlungsenergie in Abstimmung mit einer ggf. vorgesehenen Kühlung derart eingestellt, daß der lokale effektive Energieeintrag den zur Erzielung einer bleibenden Kennzeichnung notwendigen Schwellwert überschreitet, wobei die Wärmeenergiebilanz derart eingestellt wird, daß unter Berücksichtigung der Wärmeabfuhr die lokale Temperatur unterhalb einer Temperatur bleibt, bei der eine wesentliche bleibende Verformung oder sonstige Veränderung des Materials des zu behandelnden Gegenstands eintritt.

Die erzeugte Kennzeichnung wird in vorteilhafter Weise mittels eines Beleuchtungssystems mit der Lichtwellenlänge nahe der Resonanzabsorptionswellenlänge des markierten Materials sichtbar gemacht bzw. ausgelesen.

Je nach konkretem Material kann die Kennzeichnung vorteilhaft hell auf dunklem Untergrund oder dunkel auf hellem Untergrund ausgeführt werden.

Insbesondere bei Verwendung relativ kurzwelliger Lichts ist vielfach eine Formgebung der Markierung mittels Bestrahlung des Gegenstandes durch eine Schablone hindurch zweckmäßig oder sogar unumgänglich. Dabei kommen insbesondere Metallschablonen in Frage.

Wird die Kennzeichnung bei einer Resonanzwellenlänge im UV-Bereich erzeugt, ist das Auslesen auf einfache Weise unter Verwendung einer einfachen breitbandigen UV-Lichtquelle (Dunkelstrahler) möglich. Dabei tritt der spezielle Effekt ein, daß im Falle weißlichen oder hell durchscheinenden Gegenstandsmaterials oder fallweise auch nur bei Anwesenheit weißlicher Materialien im Objektraum die Kennzeichnung das Fluoreszenzverhalten des Gegenstands bzw. der sonstigen Materialien "moduliert". Dadurch wird die Kennzeichnung auf einfache Weise für das Auge wahrnehmbar gemacht, obwohl sowohl das Kennzeichnungs- als auch das Beleuchtungs-Licht nicht im sichtbaren Wellenlängenbereich liegt.

Bei einer anderen vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Kennzeichnung durch Verwendung holographischer Methoden in codierter Form angebracht, wobei das Auslesen der so erzeugten codierten Markierung dann ebenfalls mit kohärenter Strahlung erfolgt. Eine Auswertung der Markierung ist dann auch richtungsabhängig möglich, so daß für eine mögliche Chiffrierung zusätzlich die Richtungsinformation zur Kodierung zur Verfügung steht.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet bzw. werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführung der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zeigen:

Figur 1 eine Vorrichtung zur Aufnahme des Absorptionsspektrums im Rahmen einer Ausführungsform des Verfahrens,

Figur 2 eine schematische Darstellung eines ermittelten Absorptionsspektrums eines zu kennzeichnenden Materials und

Figur 3 eine schematische Darstellung einer Anordnung zur Ermittlung der Prozeßparameter bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Figur 4 ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung im Blockschaltbild und

Figur 5 ein Beispiel für eine Anordnung zum Auslesen einer mit einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erzeugten Kennzeichnung.

Bei dem beispielhaft dargestellten Verfahren erfolgt zunächst eine Analyse des zu markierenden Werkstoffs (Probe 1 als Beispiel: Papier) bezüglich des Absorptionsspektrums für die später für die Kennzeichnung zu verwendende Strahlung.

Die entsprechende Anordnung ist schematisch in

Figur 1 dargestellt. Mittels einer über den relevanten Frequenzbereich durchstimmbaren Laserstrahlungsquelle 2 wird die Probe 1 des Materials des zu markierenden Gegenstands mit Laserlicht bestrahlt. Die Laserstrahlungsquelle 2 wird dabei mittels einer Steuereinheit 6 über einen Modulator 3 kontinuierlich über den im Hinblick auf eine einfache und vorteilhafte Auswertung der Kennzeichnung in die engere Wahl gezogenen UV/A-Frequenzbereich von ca. 300 bis 450 nm durchgestimmt.

Der von der Probe 1 reflektierte Strahlungsanteil wird über einen halbdurchlässigen Spiegel 5 zu dem Spektrometer 4 umgelenkt, welches die Intensität dieses Strahlungsanteils in Abhängigkeit von der Einstrahlungsfrequenz bzw. -wellenlänge registriert.

Ein Signal, welches proportional zu der von der Probe absorbierten Strahlung ist, wird durch Verminderung eines Bezugswertes für die emittierte Strahlung durch die reflektierte Strahlung (bzw. bei einer transparenten Probe transmittierten Strahlung) in Abhängigkeit von der aktuellen Frequenz aufgenommen und auf einem nicht dargestellten Display angezeigt bzw. ausgedruckt. Der typische Verlauf des Absorptionsspektrums für Papier als Beispiel ist in Figur 2 wiedergegeben.

Die Auswahl der für die Markierungs-Bestrahlung zu verwendenden Wellenlänge der Laserstrahlung erfolgt im Bereich eines Maximums des Absorptionsspektrums im Wellenlängenbereich von $\lambda=300$ bis 450 nm. Zwischen den Werten λ_1 und λ_4 stellt der mit "m" gekennzeichnete Wert das Maximum des optisch stabilen Energiezustandes dar. Die Laserwellenlänge wird bei der anschließenden Be-Strahlung so ausgewählt, daß die Strahlungsfrequenz dem Wert des Maximums im wesentlichen entspricht.

Anschließend werden mit einer Vorrichtung gemäß Figur 3 durch Variation der Laserstrahlungsparameter (Amplitude, Impulsfrequenz, Impulsdauer) sowie der Strahlführungsgrößen (Spotdurchmesser, Strahlweg, Schreibgeschwindigkeit) und von Parametern einer Kühlung des zu markierenden Gegenstandes (Wärmekapazität, Anströmmege und -geschwindigkeit des Kühlmediums) unter Berücksichtigung der Schreibfeldgröße und der zu erzielenden Auflösung die bei der Markierung zweckmäßigerweise einzustellenden Strahl-, Strahlführungs- und Kühlungsparameter ermittelt, mit denen unter wirtschaftlichen Bedingungen die gewünschte Kennzeichnung bei zuverlässiger Vermeidung von mechanischen Materialveränderungen erzeugt werden kann.

In Abhängigkeit von den für die jeweilige Bewschriftungsaufgabe notwendigen Kontrastbedingungen (beispielsweise maschinelles Erkennungssystem oder menschliches Auge) wird eine Energie

$$E_{\text{opt}} \cong E_{\text{min}}$$

ausgewählt. Hierbei handelt es sich um eine kurzfristig zu überschreitende Schwelle.

Dabei muß im Normalfall die Abführung

überschüssiger Energie vorgesehen sein, um die Bedingung

$$E_{\text{opt}} < E_{\text{krit}}$$

zu erfüllen. E_{krit} ist dabei derjenige effektive Energieeintrag, der zu einer Veränderung der makroskopischen Struktur, d.h. zu mechanischen, von außen taktil und/oder im sichtbaren Licht feststellbaren Änderungen des zu markierenden Materials bzw. zu einer Zerstörung führen würde. Dieser Wert ist unter anderem abhängig von dem zeitlichen Integral der bei einem Schreibpunkt eingetragenen bzw. im Material umgestetzten Wärmemenge und kann durch geeignete Maßnahmen wie Vorkühlung oder Kühlung des Gegenstands während des Schreibvorgangs heraufgesetzt werden.

Der Ermittlung des sensiblen Energiebereiches

$$E_{\text{min}} \leq E_{\text{opt}} < E_{\text{krit}}$$

und - darauf aufbauend - der einzelnen Prozeßparameter dient eine in Fig. 3 schematisch dargestellte Vorrichtung.

Als Lichtquelle dient wieder ein Impulslaser 2 (ein Stickstofflaser oder etwa ein von einem Gaslaser gepulster Excimerlaser), dessen Wellenlänge auf diejenige eines Resonanzmaximums des Materials des zu bestrahlenden Gegenstandsbereiches fest eingestellt ist. An die Stelle des Spiegels 5 in Fig. 1 tritt eine Strahlformungs-, -fokussierungs- und -ablenkungseinrichtung 5', die die Laserstrahlung mit vorgegebener Einfallsrichtung und vorgegebenem Fokussierungszustand auf einen zu markierenden Gegenstand 7 lenkt, der auf einem von einem Motor M angetriebenen Transportband 8 angeordnet ist. Dem Transportband ist ein Kühlgasgebläse K mit veränderbarem Luftdurchsatz zugeordnet, das die Oberfläche des Gegenstandes 7 mit Kühlgas bestreichen kann.

Eine zentrale Steuereinheit 6' mit den Steuerbereichen 6'.1 bis 6'.7 dient zur Steuerung der Bestrahlungsvorgänge, während ein Registriergerät R sämtliche während der Bestrahlungsvorgänge eingestellten Parameter registriert und speichert.

Zur Ermittlung der bei der routinemäßigen Kennzeichnung des Gegenstands zugrunde zu legenden Prozeßparameter wird - ggf. ausgehend von bereits vorliegenden Richtwerten - eine Versuchsreihe mit verschiedenen Parameterkombinationen durchgeführt.

Dabei werden über den Steuerbereich 6'.1 Betriebsintervalle und die Drehzahl des Motors M, über den Steuerbereich 6'.2 die Drehzahl des Kühlgasgebläses K, über den Steuerbereich 6'.3 die Impulsfolge und den Steuerbereich 6'.4 die Impulsamplitude des Lasers und über die Steuerbereiche 6'.5 bis 6'.7 der Spotdurchmesser, die Lage der Fokussierungsebene und die seitliche Auslenkung des Laserstrahls zur Erzeugung des vorgegebenen Kennzeichnungsmusters gesteuert. Nach den Versuchen werden die erzeugten Markierungen hinsichtlich ihrer Qualität und

die jeweils gewählten Einstellungen im Hinblick auf eine wirtschaftliche Verfahrensführung bewertet, und die optimale Parameterkombination wird der Steuerung der routinemäßigen Markierungsvorgänge zugrundegelegt.

Um die thermische Beeinträchtigung des zu kennzeichnenden Materials möglichst gering zu halten und um die zur Kennzeichnung wirksame Energie E_{opt} durch Vergrößerung der kritischen Energie E_{krit} möglichst heraufzusetzen, ist es bei einer vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, daß die Folgefrequenz für aufeinanderfolgend aufzubringende räumlich benachbarte Teilelemente derart klein gewählt ist, daß die Prozeßwärme zwischen der Erzeugung von Kennzeichnungselementen in aufeinanderfolgenden Schritten jeweils abgeführt ist, so daß bei der Erzeugung des jeweils nachfolgenden Kennzeichnungselements die zur Erzeugung einer bleibenden Markierung notwendige Strahlungsenergie aufgebracht werden kann, ohne daß aufgrund dieser Strahlungsintensität eine wesentliche bleibende Veränderung des Materials des zu markierenden Gegenstands eintritt.

Das Vorsehen einer leistungsfähigen Gas- oder (bei entsprechendem Material der zu markierenden Gegenstände) Flüssigkeitskühlung erlaubt dabei eine auch im Hinblick auf die Verfahrensökonomie eines Großserienverfahrens akzeptable Folgefrequenz.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können damit Markierungen in einem weiten Größenbereich hergestellt werden, die bis hinein in den mikroskopischen Bereich verkleinerbar sind - andererseits aber auch als (nach Sichtbarmachung) unmittelbar für den menschlichen Betrachter auswertbare Zeichen gestaltet werden können. Als Schriften stehen alle gewünschten Schriftzeichen und Symbole sowie deren Kombinationen zur Verfügung.

Nachdem die Bestrahlungs-Wellenlänge gewählt wurde und die einzustellenden Bestrahlungsparameter bestimmt wurden, kann die Erzeugung der Markierungen erfolgen.

Die Markierung im Routinebetrieb können mittels der Vorrichtung nach Fig. 3 erfolgen.

Für einen größeren Produktionsdurchsatz kann die Markierung von Gegenständen mittels eines Lasers im Durchlaufverfahren mit einer abgewandelten Vorrichtung erfolgen, wie sie schematisch in Figur 4 dargestellt ist.

Hierbei werden die zu markierenden Gegenstände 7, 7' und 7'' auf einem Transportband 8 taktweise in Richtung eines Pfeils 9 transportiert. Der Antrieb 10 des Bandes 8 wird durch eine entsprechende Ansteuervorrichtung 11 von einem zentralen Prozessorteil 12 beeinflusst. Von diesem Prozessorteil 12 wird auch der übrige Teil der Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens kontrolliert. So wird der Laser 13 von einem entsprechenden Steuerteil 14

für die Laserstrahlung sowohl bezüglich seiner Impulsdauer D, bezüglich der Impulsfrequenz f, bezüglich der Impulsamplitude (Spannung u) und hinsichtlich seiner momentanen Positionierung (Koordinaten x und y) gesteuert. Über die Positionierung kann wiederum auch die Schreibgeschwindigkeit beeinflusst werden. Die betreffenden Größen werden von dem Prozessorteil 12 unter Berücksichtigung der obigen Ausführungen eingestellt, wobei die Ansteuerung taktweise in Synchronität mit dem Bandantrieb 10 erfolgt.

Um eine möglichst große Strahlungsenergie ohne schädliche Beeinträchtigung der zu markierenden Gegenstände zu erreichen, ist eine (gestrichelt dargestellte) Kühlkammer 15 vorgesehen, welche den zu markierenden Gegenstand 7' umgibt. (Für eine Vorkühlung der Gegenstände kann die Kühlkammer sich auch in größerer Ausdehnung entgegengesetzt zur Transportrichtung des Bandes 8 (Pfeil 9) erstrecken.

Falls die mit der Kühlvorrichtung erzielbare Kühlung nicht ausreichend ist, um für einen vollständigen Markierungsvorgang die gewünschte Energieschwelle E_{opt} zu erreichen, kann ein solcher Vorgang auch in mehrere Schritte der Markierung von Teilelementen der gewählten Beschriftung oder des Symbols zerlegt werden, die in einem entsprechenden zeitlichen Abstand ausgeführt werden, so daß eine "Pufferung" der Wärmeabfuhr unter Ausnutzung der thermischen Zeitkonstanten des Materials des zu beschriftenden Gegenstands erfolgen kann. Die Steuerung der Kühlkammer 15 erfolgt durch eine entsprechende Ansteuervorrichtung 16, welche ebenfalls vom Prozessorteil 12 kontrolliert wird.

Für bestimmte Materialien, insbesondere solche mit Absorptions- bzw. Resonanzmaxima im kürzerwelligen UV-Bereich, kann eine Abwandlung dahingehend zweckmäßig sein, daß die Bestrahlung als Durchstrahlung einer entsprechend dem Kennzeichen geformten Metallschablone mit über die Schablonenfläche aufgefächertem Laserlicht erfolgt.

Ein Auslesen der Markierungen kann prinzipiell wieder mit einer Vorrichtung gemäß Figur 1 mit reduzierter Laserleistung erfolgen. Durch die Anregung mit Strahlung im betreffenden Frequenzbereich läßt sich die Markierung infolge der durch sie bewirkten optischen Veränderungen der einfallenden Strahlung mit entsprechenden optisch sensitiven Lesemitteln (Photosensor, optische Kamera) auslesen.

Durch elektronenmikroskopische Untersuchungen markierter Materialien konnte gezeigt werden, daß die physikochemische Struktur des Materials nicht zerstört wird. Die Wirkung von Säuren, Basen, Lösungsmitteln, Strahlen im optischen Bereich, wie auch elektrische und magnetische Felder zerstören die induzierten Markierungszeichen nicht.

Die Kodierung der Markierungszeichen kann auf der Grundlage holographischer Prinzipien erfolgen, da die induzierende Strahlung kohärent ist.

Mit der Erfindung ist damit eine nur mit besonderen technischen Hilfsmitteln auslesbare und damit nicht kopierfähige Markierung von Gegenständen und Materialien mittels Laserstrahlung ermöglicht. Das Verfahren kann zur Kennzeichnung von Kulturgütern, Wertsachen, Zahlungsmitteln, Dokumenten und anderen wichtigen und wertvollen Gegenständen dienen, um sie vor Fälschung oder Diebstahl zu schützen.

Eine im Alltagsgebrauch bei der Echtheitsprüfung von Massenartikeln bevorzugte Anordnung zum Auslesen der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Markierung zeigt Fig. 5.

In Fig. 5 ist skizziert, wie eine mittels der UV-Strahlung eines Excimerlasers in eine im wesentlichen weiße Plastikkarte 7 eingebrachte, in sichtbarem Licht und taktil nicht feststellbare Markierung 18 in Form einer Ziffernfolge durch Bestrahlung mit kurzwelligem Licht mittels einer herkömmlichen UV-Lampe 17 für das Auge eines Betrachters 19 über die von diesem aufgenommene (längerwellige) Strahlung sichtbar gemacht wird.

Die Wahrnehmung beruht darauf, daß die Karte im UV-Licht in den bestrahlten Bereichen der Ziffern gegenüber der übrigen Kartenfläche veränderte Fluoreszenzeigenschaften aufweist, also die Markierung gegenüber ihrer Umgebung veränderte Frequenzumsetzungseigenschaften aufweist.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf das vorstehend angegebene bevorzugte Ausführungsbeispiel. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch macht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Versehen eines Gegenstandes mit einer Markierung mittels lokaler Bestrahlung des Gegenstands in einem vorbestimmten Gegenstandsbereich mit energiereicher elektromagnetischer Strahlung
dadurch gekennzeichnet,
daß die Bestrahlung bei einer Wellenlänge außerhalb des sichtbaren, jedoch innerhalb des optischen Bereiches des Spektrums der elektromagnetischen Strahlung erfolgt, bei der das Material des vorbestimmten Gegenstandsbereiches ein Maximum der spektralen Absorption aufweist und daß die weiteren Parameter der Bestrahlung im Ergebnis materialbezogener Vorversuche so vorbestimmt sind, daß aufgrund der Wechselwirkung der Strahlung mit der Molekülstruktur im vorbestimmten Gegenstandsbereich eine bleibende, bei Beleuchtung im Wellenlängenbereich des Absorptionsmaximums wahrnehmbare Änderung der optischen Eigenschaften induziert,

jedoch der Gegenstandsbereich nicht mechanisch und/oder bei Beleuchtung mit sichtbarem Licht wahrnehmbar verändert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bestrahlung innerhalb eines Wellenlängenbereiches von 150 bis 450 nm durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bestrahlung mittels eines Lasers, vorzugsweise mittels eines ImpulsLasers, durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß vor dem Schritt der Bestrahlung zur Erzeugung der Kennzeichnung ein Schritt zur Bestimmung der Wellenlänge(n) der Resonanzabsorption des Materials des vorbestimmten Gegenstandsbereiches durch Bestrahlung über einen vorgegebenen Wellenlängenbereich und Registrierung der Absorption oder Reflexion in Abhängigkeit von der Wellenlänge des eingestrahlt Lichts durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei der Bestrahlung die im Material erzeugte Wärmeenergie teilweise abgeführt und/oder der Gegenstand vor dem Bestrahlungsschritt vorgekühlt wird, derart, daß eine wesentliche bleibende, mechanische und/oder bei sichtbarem Licht nachweisbare Veränderung des Gegenstandsbereiches durch die eingetragene bzw. umgesetzte Wärmeenergie verhindert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Folgefrequenz für aufeinanderfolgend aufzubringende räumlich benachbarte Teilelemente einer Markierung derart klein gewählt ist, daß die Prozeßwärme zwischen der Erzeugung von Teilelementen in aufeinanderfolgenden Schritten jeweils im wesentlichen abgeführt ist, so daß bei der Erzeugung des jeweils nachfolgenden Teilelements der Kennzeichnung die zur Erzeugung einer bleibenden Markierung notwendige Strahlungsenergie aufgebracht werden kann, ohne daß aufgrund dieser Strahlungsintensität eine wesentliche bleibende, mechanische und/oder bei sichtbarem Licht nachweisbare Veränderung des Gegenstandsbereiches eintritt.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß unter Verwendung holographischer Methoden eine Kodierung der Markierung erfolgt, derart, daß das

Auslesen der so erzeugten codierten Markierung ebenfalls nur mit kohärenter Strahlung erfolgen kann.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche mit einer über einen Wellenlängenbereich außerhalb des sichtbaren, jedoch innerhalb des optischen Bereichs des Spektrums der elektromagnetischen Strahlung, welcher zu erwartende Wellenlängen erhöhter spektraler Absorption des zu behandelnden Materials einschließt, mindestens auf verschiedene unterschiedliche Wellenlängen abstimmbaren Lichtquelle, einer optischen Anordnung zur Lenkung des Lichts der Lichtquelle auf einen zu markierenden Gegenstandsbereich, einer Vorrichtung zur Ermittlung der Bereiche erhöhter spektraler Absorption der Materialprobe innerhalb des Wellenlängenbereichs, einer Lichtquelle zur lokalen Bestrahlung des zu markierenden Gegenstandsbereichs mit energiereichem Licht einer Wellenlänge nahe einem der Bereiche erhöhter spektraler Absorption, wobei diese Lichtquelle durch die abstimmbare Lichtquelle selbst gebildet sein kann, einer Anordnung zur Strahlformung und -führung des Lichts der Lichtquelle zur lokalen Bestrahlung über den Gegenstandsbereich und einer Einrichtung zur Einstellung der Strahl- und Strahlführungsparameter während der lokalen Bestrahlung derart, daß im Gegenstandsbereich eine bleibende Markierung entsteht, welche bei Bestrahlung mit Licht entsprechender Wellenlänge im nicht sichtbaren Bereich des Spektrums wahrnehmbar ist, daß jedoch keine bleibende mechanische und oder bei Bestrahlung mit sichtbarem Licht wahrnehmbare Veränderung im Gegenstandsbereich entsteht.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **gekennzeichnet durch** eine Vorrichtung (15, 16) zur Abfuhr eines Teils der bei der Bestrahlung des Gegenstandsbereichs in diesem eingetragenen oder in diesem erzeugten Wärmeenergie und/oder eine Einrichtung zur Vorkühlung des Gegenstandsbereichs vor Beginn der Bestrahlung derart, daß das Auftreten lokaler Temperaturerhöhungen über eine Temperatur, bei der eine bleibende mechanische und/oder in sichtbarem Licht wahrnehmbare Veränderung des Materials entsteht, verhindert wird.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtquelle zur lokalen Bestrahlung (2; 13) ein Laser, vorzugsweise ein in seiner Wellenlänge durchstimmbarer Impulslaser, ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen der Anordnung zur Strahlformung und -führung (5', 8, M) und dem Gegenstand (1; 7) eine Schablone zur Aufprägung des Kennzeichnungs-Bildes auf das Strahlungsfeld der Lichtquelle (2; 13) vorgesehen und die Anordnung zur Strahlformung und -führung (5'; 8; M) so ausgebildet ist, daß das Strahlungsfeld die gesamte Fläche der Schablone überdeckt.

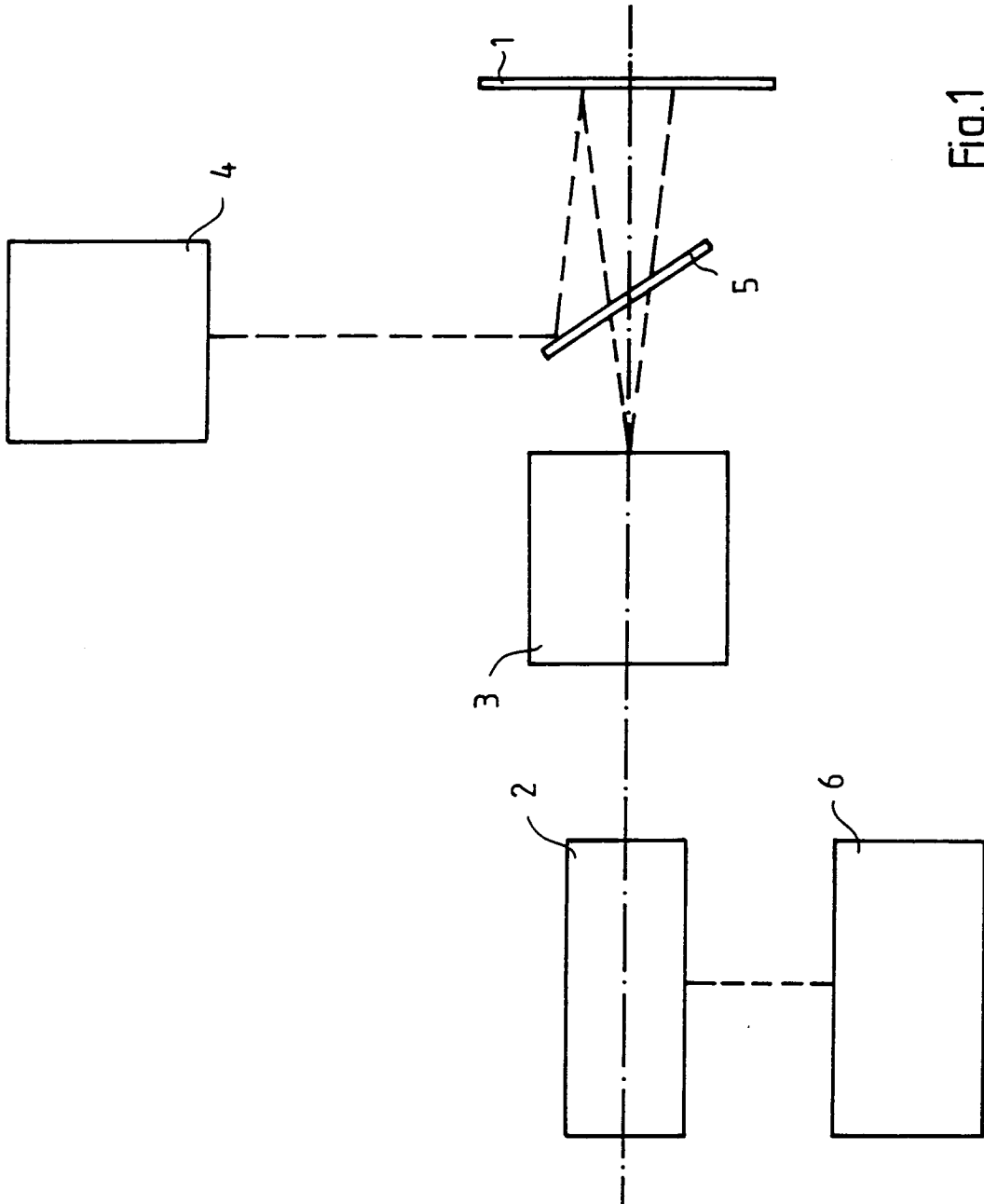


Fig.1

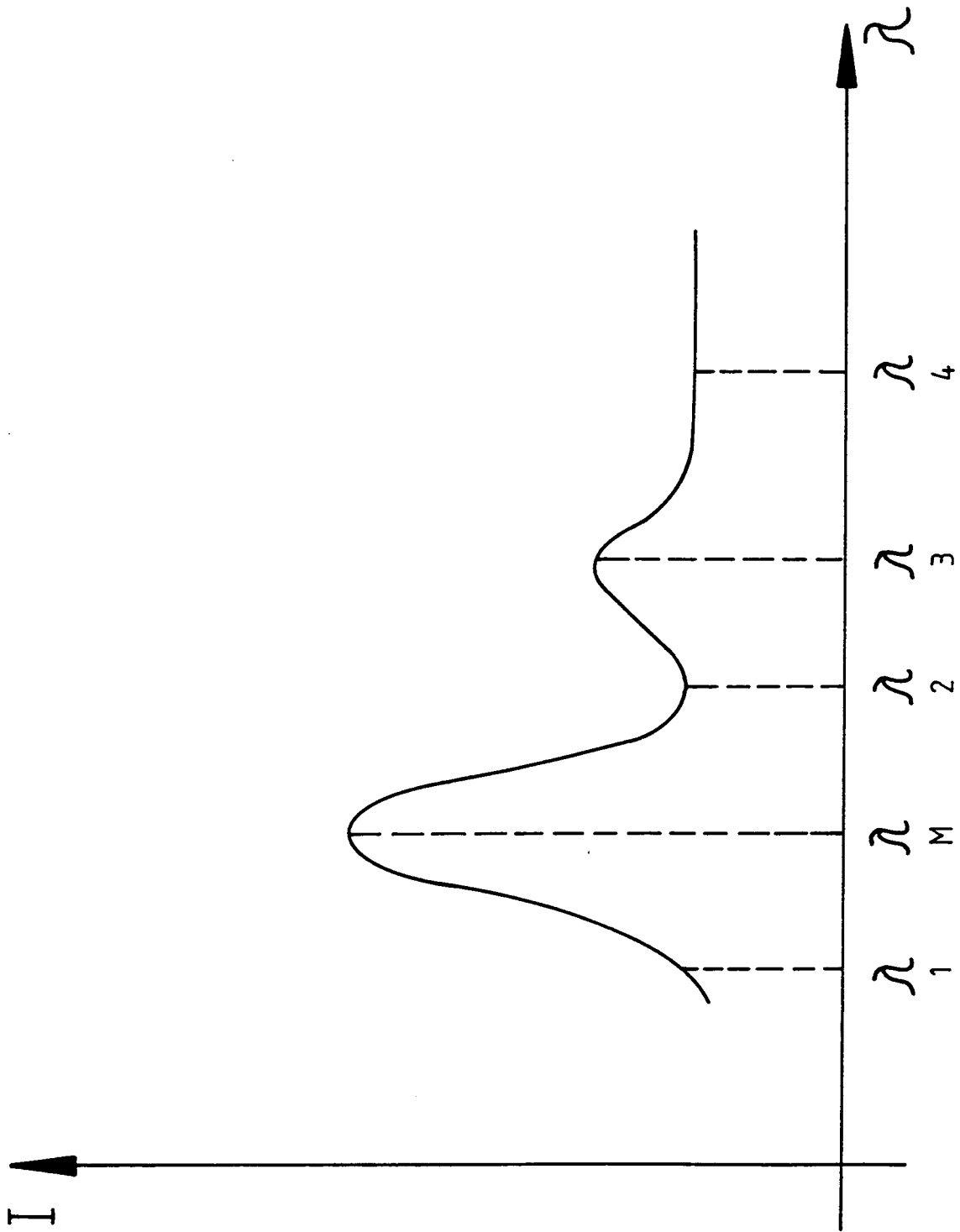


Fig. 2

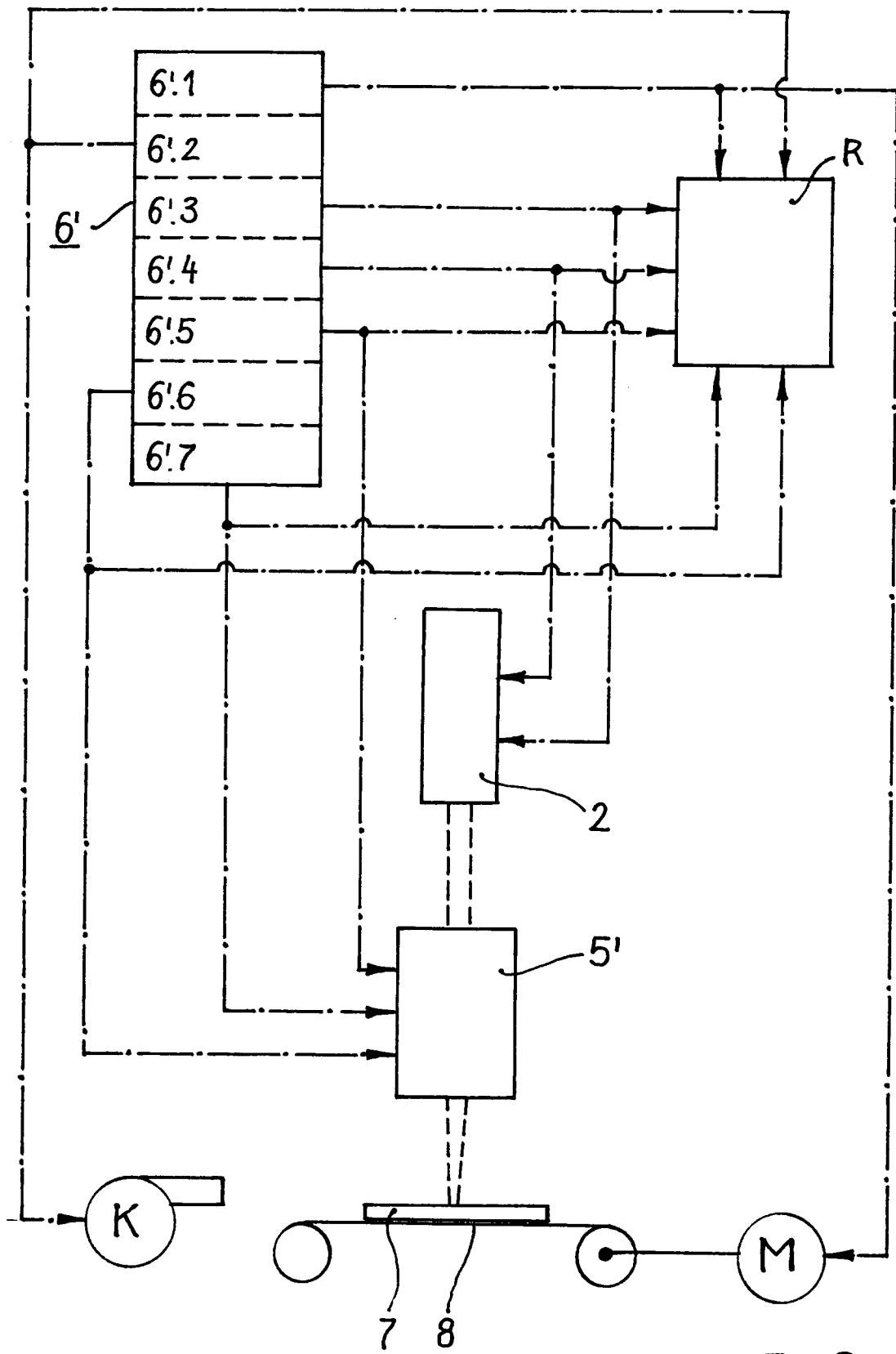


Fig.3

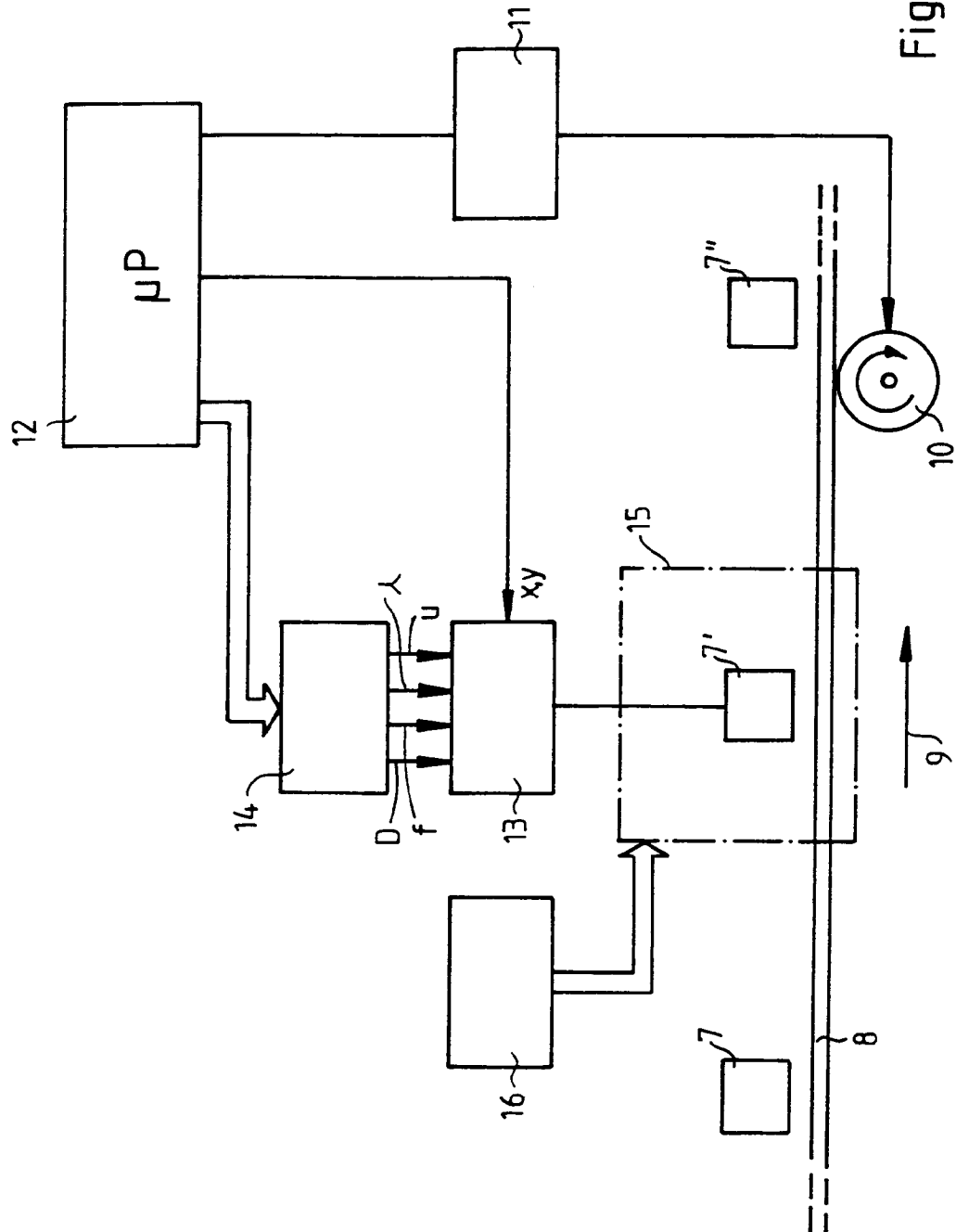


Fig. 4

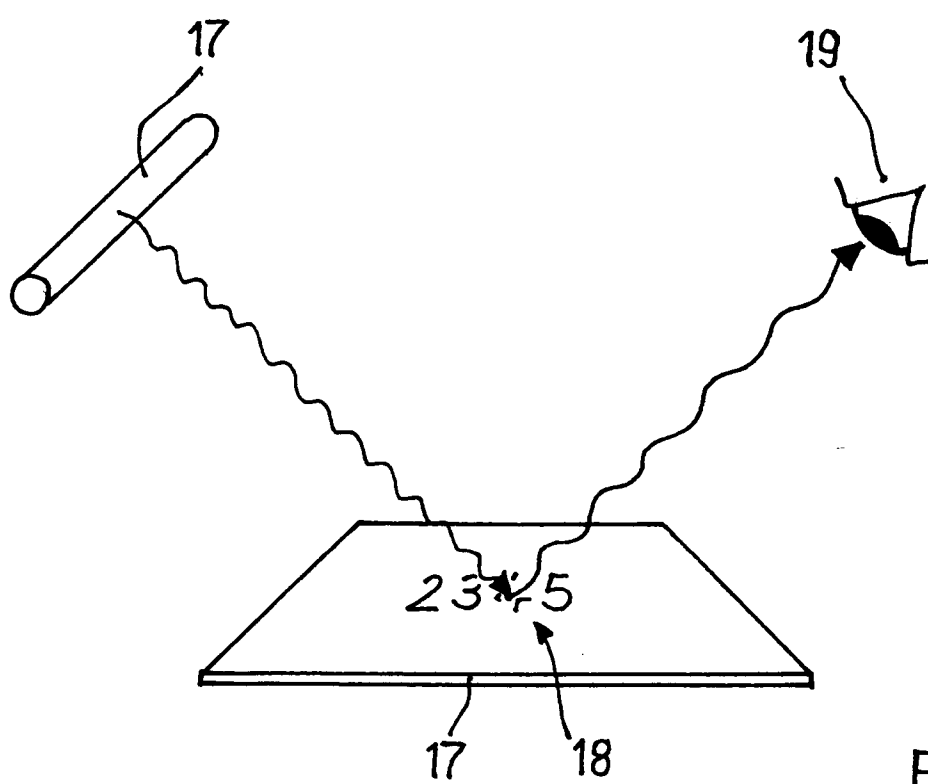


Fig. 5



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 93250244.6
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.')
A	EP - A - 0 278 058 (L GZ) * Ansprüche 1-11; Fig. 1-16 * --	1,8	G 06 K 1/12 G 06 K 19/08
A	EP - A - 0 449 318 (YAMAMOTO) * Zusammenfassung; Fig. 1-7 * --	1	
A	EP - A - 0 481 388 (GAO) * Ansprüche 1-16; Fig. 1-3 * --	1-3,8	
A	DE - A - 3 025 267 (FUJI) * Gesamt * --	1,3,8	
A	EP - A - 0 157 546 (DICK) * Ansprüche 1-14 * --	1,3,8	
A	EP - A - 0 415 903 (ETZEL) * Gesamt * ----	1,3,8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.')
			G 06 K G 03 K B 23 K B 41 M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 15-11-1993	Prüfer MIHATSEK
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPA Form 1500 (11/92)