



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 36 597 A1** 2004.02.19

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 36 597.0**

(22) Anmeldetag: **09.08.2002**

(43) Offenlegungstag: **19.02.2004**

(51) Int Cl.⁷: **B41M 1/30**
B44F 1/12, B41J 3/407

(71) Anmelder:
Leonhard Kurz GmbH & Co. KG, 90763 Fürth, DE

(72) Erfinder:
Lutz, Norbert, Dr.-Ing., 90607 Rückersdorf, DE

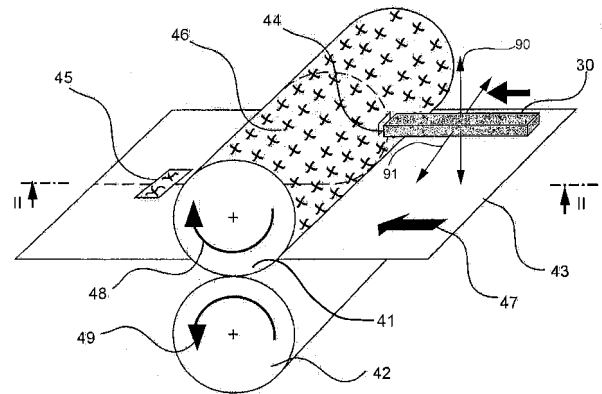
(74) Vertreter:
LOUIS, PÖHLAU, LOHRENTZ, 90409 Nürnberg

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Laserunterstütztes Replizierverfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erzeugung einer Markierung auf einem Substrat. Derart markierte Substrate werden auf Dokumente wie z. B. Kreditkarten, Personalausweisen oder Geldscheinen als Sicherheitsmerkmale zum Schutz gegen Fälschung aufgebracht. Ausführungen dieser Sicherheitsmerkmale weisen diffraktive oder holographische Strukturen auf. Die Erzeugung der Markierungen wird bisher durch Abformung von einer Matrize durchgeführt. Eine Änderung der Markierung ist durch zeitaufwendiges Wechseln der Matrize möglich. Die neue Vorrichtung und das neue Verfahren sollen die Herstellung von individualisierten Markierungen auf einem Substrat mit geringem apparativen Aufwand erlauben.

Eine Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung einer Markierung (45) auf einem Substrat (43), vorzugsweise einer Folie, weist eine Repliziervorrichtung (41) und eine Laseranlage (30) auf, die mit der Repliziervorrichtung (41) zusammenwirkt, indem Strahlung der Laseranlage (30) zur Ausbildung von mindestens einem Abformbereich auf mindestens einen Bestrahlungsbereich (44) der Repliziervorrichtung (41) gerichtet ist. Weiterhin weist die Vorrichtung eine Gegendruckvorrichtung (42) auf, wobei ein Substrat (43) zwischen Repliziervorrichtung (41) und Gegendruckvorrichtung (42) angeordnet ist, um in einem Kontaktbereich zwischen der Repliziervorrichtung (41) und dem Substrat (43) den Abformbereich auf das Substrat (43) abzuformen und wobei die Zuführung ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Markierung auf einem Substrat, vorzugsweise einer Folie, insbesondere Transferfolie, mit einer Repliziervorrichtung, die eine Replizieroberfläche aufweist, und mit einer Strahlung erzeugenden Einrichtung, vorzugsweise einer Laseranlage, die mit der Repliziervorrichtung zusammenwirkt, indem die Strahlung zur Ausbildung von mindestens einem Abformbereich auf mindestens einen Bestrahlungsbereich der Repliziervorrichtung gerichtet ist, und mit einer Gegendruckvorrichtung, wobei ein Substrat zwischen Repliziervorrichtung und Gegendruckvorrichtung angeordnet ist, um in einem Kontaktbereich zwischen der Repliziervorrichtung und dem Substrat den Abformbereich auf das Substrat abzuformen, und ein Verfahren zur Erzeugung einer Markierung auf einem Substrat, vorzugsweise einer Folie, insbesondere Transferfolie, wobei Energie in Form von Strahlung, vorzugsweise Laserstrahlung, von einer Strahlung erzeugenden Einrichtung zur Ausbildung von mindestens einem Abformbereich auf einer Replizieroberfläche einer Repliziervorrichtung verwendet wird und wobei der Abformbereich der Replizieroberfläche auf das Substrat abgeformt wird, indem die Repliziervorrichtung das Substrat unter Druck kontaktiert.

Stand der Technik

[0002] Der Schutz von Dokumenten durch Sicherheitsmerkmale ist bei zum Beispiel Kreditkarten, Personalausweisen oder Geldscheinen mittlerweile Standard geworden. Die Fälschungssicherheit dieser Merkmale beruht darauf, dass für deren Fertigung ein hohes Spezialwissen und eine umfangreiche apparative Ausstattung notwendig ist. Ein besonders erfolgreiches und schwer nachzuahmendes Sicherheitsmerkmal ist ein OVD (optical variable device). Ausführungen dieses Sicherheitsmerkmals weisen diffraktive oder holographische Strukturen auf, die bei Änderung des Lichteinfall- oder Betrachtungswinkels während der visuellen Überprüfung der Echtheit des Sicherheitskennzeichens zu einem optischen Effekt, wie zum Beispiel einem Farbwechsel, einem Motivwechsel oder zu einer Kombination von beidem führen. Das Sicherheitsmerkmal kann somit ohne weitere technische Hilfsmittel auf seine Echtheit überprüft werden. Wesentlicher Bestandteil dieser Sicherheitselemente ist eine meist thermoplastische oder UV-aushärtbare Schicht, in die die diffraktive oder holographische Struktur in Form eines Oberflächenreliefs eingeprägt wird. Diese Schicht kann Teil einer Transferfolie sein, wobei das Sicherheitselement zuerst gefertigt wird und danach auf das zu sichernde Dokument übertragen wird. Diese Schicht kann auch als eine zusätzliche Schicht direkt auf dem zu sichernden Gegenstand ausgebildet sein. Zur Übertragung des Oberflächenreliefs von einer Matri-

ze auf die thermoplastische Schicht werden rotierende Prägezyylinder, wie sie zum Beispiel in der EP 0419773 beschrieben sind, oder Prägestempel, wie sie zum Beispiel in der DE 2555214 offenbart sind, verwendet. Die Herstellung der Matrize ist aufgrund der feinen diffraktiven oder holographischen Strukturen technisch sehr anspruchsvoll und zudem kostenintensiv. Zur Herstellung der Matrizen werden zunächst Vorlagen, auch Master genannt, zum Beispiel durch interferierende Laserstrahlen und Ätzverfahren oder durch Elektronenstrahlschreiben gefertigt, die dann meist galvanisch abgeformt werden.

[0003] Für eine erhöhte Fälschungssicherheit ist es bei den bekannten Verfahren angestrebt, dass nicht auf jedem Dokument das gleiche Sicherheitsmerkmal aufgebracht wird, sondern dass die Sicherheitsmerkmale auf das jeweilige Dokument oder auf die Identität des Inhabers des Dokuments angepasst, also individualisiert werden. Bei den oben genannten Verfahren treten hierbei zwei Schwierigkeiten auf:

Zum einen müssten eine Vielzahl von individualisierten Master hergestellt werden, was sehr kostenintensiv ist, zum zweiten müssten in den Repliziervorrichtungen die Matrizen jeweils ausgetauscht werden, was zu sehr langen Rüstzeiten führen würde. Als Alternativen sind Verfahren und Vorrichtungen bekannt, die nur Teilbereiche einer Matrize abformen, um individualisierte Sicherheitskennzeichen zu erzeugen.

[0004] In der CH 594495 ist ein Verfahren zum Prägen eines Reliefmusters in einen thermoplastischen Informationsträger beschrieben, wobei selektiv nur Teilbereiche der Matrize in die thermoplastische Schicht abgeformt werden. Verfahrenstechnisch werden diese Abformbereiche dadurch selektiert, dass entweder diese Bereiche durch strömdurchflossene Heizbänder erwärmt oder dass durch eine Gegendruckeinrichtung, die höhenverstellbare Teilbereiche aufweist, nur die selektierten Abformbereiche auf das Substrat gedrückt werden. Eine hohe örtliche Auflösung bei der Selektion der Abformbereiche ist mit diesem Verfahren nicht zu erwarten, da durch die Wärmeleitung während der langen Aufheiz- und Abkühlphase der Heizbänder die Grenzen der Abformbereiche nur ungenau bestimmt werden können bzw. die Abmessungen der Abformbereiche durch die Abmessungen der Bänder oder die Abmessungen der höhenverstellbaren Teilbereiche festgelegt ist. Dieses Verfahren ist folglich dadurch begrenzt, dass es eine geringe örtliche Auflösung aufweist.

[0005] In der EP 0169326 sind eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Markierung auf einem Substrat sowie das dazu entsprechende Verfahren beschrieben. Die Vorrichtung weist eine Repliziervorrichtung in Form einer ungeheizten Prägematrize, und eine Druckplatte, die als Gegendruckvorrichtung ausgebildet ist, auf. Die Prägematrize hat eine Replizieroberfläche, die mit abzuformenden Mikrostrukturen strukturiert ist. Die Vorrichtung weist eine Laseranordnung auf, die einen Laserstrahl erzeugt, der durch die Ge-

gendruckeinrichtung auf das Substrat gerichtet wird. Bei dem bekannten Verfahren wird zunächst, durch den Prägestempel das Substrat auf die Druckplatte gepresst. Durch die Absorption des direkt im Prägebereich auf das Substrat einfallenden Laserstrahls und durch die Absorption der an der Replizieroberfläche des Prägestempels reflektierten Strahlung wird das Substrat selektiv örtlich erwärmt und auf eine Temperatur gebracht, in der es dauerhaft verformt werden kann. Durch Positionierung des Laserstrahls können so selektiv Abformbereiche ausgewählt und übertragen werden. Einschränkend bei diesem Verfahren und dieser Vorrichtung ist, dass der Laserstrahl durch das Substrat hindurch geführt wird. Dadurch ist dieses Verfahren auf die Bearbeitung von für die Laserstrahlung transparenten Substraten begrenzt und zusätzlich sehr empfindlich auf Schwankungen der Absorptionseigenschaften des Substrats, die z.B. durch chargenabhängige Materialschwankungen entstehen können.

Aufgabenstellung

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zu schaffen, die die Herstellung von vorzugsweise individualisierten Markierungen auf einem Substrat, vorzugsweise einer Folie, mit geringem apparativem Aufwand erlauben.

[0007] Die Lösung der Aufgabe erfolgt mit der Vorrichtung gemäß Patentanspruch 1 und dem Verfahren gemäß Patentanspruch 15.

[0008] Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient zum Aufbringen oder Erzeugen einer Markierung auf einem Substrat. Die Markierung weist eine vorzugsweise diffraktiv oder holographisch wirkende Oberflächenstrukturierung oder eine vorzugsweise diffus oder gerichtet streuende Mattstruktur auf, die mittels Replizierverfahren in eine thermoplastische Schicht eines Substrats, insbesondere eines Körpers, eingebracht wird. Die Markierung kann als Figur, Ziffer, Zeichen, Flächenmuster, Flächenbild, Schriftzug, Nummerierung, Sicherheitskennzeichen oder in einer anderen beliebigen Form ausgebildet sein.

[0009] Die Vorrichtung weist eine Repliziervorrichtung auf, die walzenartig oder als Prägestempel ausgebildet sein kann. Die Repliziervorrichtung verfügt über eine Replizieroberfläche, die in einem Kontaktbereich beim Zusammenwirken von Repliziervorrichtung und Substrat mit dem Substrat in Kontakt tritt.

[0010] Auf der Replizieroberfläche können mittels Strahlung, die in Bestrahlungsbereiche der Repliziervorrichtung eingebracht wird, Abformbereiche ausgebildet werden, wobei in den Abformbereichen Oberflächenstrukturierungen der Replizieroberfläche in das Substrat abgeformt werden und die abgeformten Oberflächenstrukturierungen im Substrat vorzugsweise dauerhaft verbleibend eingebracht werden.

[0011] Die Strahlung wird vorzugsweise von einer Laseranlage erzeugt, es kann aber auch Strahlung

verwendet werden, die nicht monochromatisch oder nicht kohärent ist.

[0012] Die Strahlung verläuft vorzugsweise vollständig außerhalb des Substrats und trifft auf die Repliziervorrichtung auf, in der sie teilweise oder vollständig absorbiert wird. Der Strahlungsverlauf vor dem Auftreffen auf der Repliziervorrichtung ist derart ausgebildet, dass das Substrat und der Strahlungsverlauf nicht überlappen. Vor dem Auftreffen auf der Repliziervorrichtung wird das Substrat von der Strahlung nicht transmittiert und insbesondere werden keine wesentlichen Anteile der Strahlung im Substrat absorbiert. In bevorzugten Ausführungsformen kann die Strahlung ausgehend von der Laseranlage parallel zum Substrat angeordnet und auf die Repliziervorrichtung gerichtet sein, so dass die Strahlung außerhalb des Substrats verläuft.

[0013] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung können durch die Strahlung gezielt Teilbereiche einer Prägematrize beliebig für die Abformung ausgewählt und so die aus den Abformungen der Teilbereiche gebildeten Markierungen individualisiert ausgestaltet werden. Besonders vorteilhaft ist hierbei, dass durch diese Vorrichtung das Verfahren unabhängig von den Absorptionseigenschaften des jeweiligen Substrates durchgeführt werden kann, da die Absorption der Strahlung weitgehend in der Repliziervorrichtung und nicht im Substrat erfolgt. Weiterhin ist es von Vorteil, dass die individualisierte Kennzeichnung in Form der Auswahl der Bereiche während des selben Repliziervorgangs mit einem Sicherheitsmerkmal, nämlich den z.B. diffraktiven Bereichen selbst, übertragen werden.

[0014] Es liegt eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung vor, wenn die Vorrichtung eine vorzugsweise separat von der Strahlung erzeugenden Einrichtung ausgebildete zusätzliche Energiequelle aufweist. Die zusätzliche Energiequelle, die als steuerbare Wärmequelle ausgebildet sein kann, temperiert die Repliziervorrichtung im Bereich der Replizieroberfläche, vorzugsweise homogen für einen relativ großen Abschnitt der Replizieroberfläche. Sie steht im thermischen Kontakt mit der Repliziervorrichtung oder kann Energie auf die Repliziervorrichtung berührungslos durch Strahlung übertragen. Weiterhin ist die zusätzliche Energiequelle bei vorteilhaften Ausführungen separat zu der Strahlung erzeugenden Einrichtung ausgebildet. Die zusätzliche Energiequelle kann den Energieeintrag zeitlich und örtlich unabhängig von dem Energieeintrag von der Strahlung erzeugenden Einrichtung in die Repliziervorrichtung einbringen. Bei bevorzugten Ausführungsformen wird der Energieeintrag der zusätzlichen Energiequelle zeitlich oder in Bewegungsrichtung der Replizieroberfläche örtlich vor dem Energieeintrag von der Strahlung erzeugenden Einrichtung vorzugsweise permanent in die Repliziervorrichtung eingebracht. Der Energieeintrag in die Repliziervorrichtung durch die zusätzliche Energiequelle erfordert vorzugsweise keine oder nur eine geringe örtliche Auflö-

sung, außerdem muss die örtliche Verteilung des Energieeintrags nicht schnell veränderbar sein. Die zusätzliche Energiequelle kann durch diese geringeren Anforderungen im Gegensatz zu der Strahlung erzeugenden Einrichtung konstruktiv einfacher und kostengünstiger ausgeführt sein.

[0015] Durch das Zusammenwirken des durch die zusätzliche Energiequelle erzeugten Temperaturfelds der Replizieroberfläche mit dem durch die Strahlung hervorgerufenen latenten Wärmebild können auf der Replizieroberfläche Zonen mit verschiedenen Temperaturen erzeugt werden. Es werden nur die Zonen der Replizieroberfläche dauerhaft verbleibend in das Substrat abgeformt, deren Temperaturen innerhalb des Prozessfensters des Abformvorgangs sind.

[0016] Die zusätzliche Energiequelle kann auf die gesamte Fläche oder auf Teilflächen der Replizieroberfläche wirken. Bei Ausführungsformen, bei denen die zusätzliche Energiequelle weitgehend oder vollflächig vorzugsweise homogen temperierend auf die Replizieroberfläche einwirkt, können die Abformbereiche maßgeblich durch die Strahlung, z.B. die Laserstrahlung, bestimmt werden. Bei anderen Ausführungen werden nur Teilbereiche der Replizieroberfläche insbesondere homogen temperiert, wobei aufgrund dieser Prozessführung die Abformbereiche dann vorzugsweise auf die temperierten Bereiche beschränkt sind. Bei diesen Ausführungen wird eine erste Vorauswahl der Abformbereiche durch die Auswahl der Teilbereiche getroffen, auf die die zusätzliche Energiequelle wirkt.

[0017] Die zusätzliche Energiequelle kann mit der Repliziervorrichtung über einen direkten thermischen Kontakt, z.B. in Form von Heizdrähten oder -bändern oder induktiven Heizeinrichtungen, die vollständig oder teilweise in der Repliziervorrichtung integriert sind, dauerhaft oder temporär verbunden sein. Der Energieübertrag kann bei anderen Ausführungen durch kohärente oder inkohärente Strahlung, insbesondere Laserstrahlung, oder Konvektion erfolgen, wobei die zusätzliche Energiequelle beispielsweise als eine Heiz-Lasereinrichtung oder ein Wärmestrahler ausgebildet ist.

[0018] Es liegt eine vorteilhafte Ausbildung vor, wenn eine Steuerung, insbesondere eine frei programmierbare Steuerung, vorgesehen ist, die vorzugsweise durch Ansteuerung der Strahlung erzeugenden Einrichtung die Auswahl der Bestrahlungsbereiche steuert.

[0019] Bei dieser vorteilhaften Weiterbildung werden die Muster der Markierungen als vorzugsweise digitale Informationen, z.B. als Datei, bereitgestellt, die durch Bildverarbeitungsprogramme, durch computerunterstützte Verfahren oder ähnliches erzeugt wurden. Diese Informationen werden von der Steuerung insbesondere durch Ansteuerung der Lasereinrichtung in eine zeitabhängige Änderung der Flächenleistungsdichte der auf die Repliziervorrichtung auftreffenden Strahlung umgesetzt. Die Änderung der Flä-

chenleistungsdichte erfolgt vorzugsweise durch einen sequentiell schreibenden Laserstrahl oder auch durch eine Änderung des Strahlprofils mittels einer steuerbaren Abbildungsmaske. Durch die gesteuerte Auswahl der Bestrahlungsbereiche werden die Abformbereiche und damit das Muster der Markierung bestimmt.

[0020] Insbesondere wenn die Repliziervorrichtung als Replizierwalze verwirklicht ist, ist es möglich, ausgedehnte Markierungen mit Mustern zu erzeugen, wobei die Muster in Vorschubrichtung des Substrats länger als der Umfang der Replizierwalze ausgebildet sein können. Es sind auch Muster erzeugbar, deren Längserstreckung in Vorschubrichtung des Substrats ein Mehrfaches von deren Quererstreckung ist, z.B.

[0021] ein Banner im Querformat mit Schriftzug oder eine Tapete. Insbesondere kann das Muster ein Endlosdesign aufweisen, also eine Ausgestaltung, bei der sich Anteile des Musters nicht oder unabhängig vom Walzenumfang wiederholen.

[0022] Die Vorrichtung ist vorteilhaft weitergebildet, wenn eine Kühlvorrichtung zur Kühlung der Replizieroberfläche vorgesehen ist, durch die insbesondere ein eingebrachtes latentes Wärmebild gelöscht oder irgendwie modifiziert werden kann. Die Kühlvorrichtung kann als Gebläse ausgebildet sein, wobei ein von dem Gebläse erzeugter Luftstrom auf die Replizieroberfläche gerichtet ist und diese kühlt. Eine ähnliche Funktion kann eine Gasstrom-Kühlung erfüllen, wobei bei dieser Ausführung ein Gasstrom, vorzugsweise ein Edelgas- oder Stickstoffgasstrom, auf die Replizieroberfläche auftritt und diese ebenfalls kühlt.

[0023] In weiteren Ausbildungen kann die Kühlvorrichtung als Kühlwalze verwirklicht sein, die parallel versetzt zur Replizierwalze angeordnet ist und diese entlang einer linienförmigen Fläche kontaktiert. Durch den thermischen Kontakt zwischen Replizierwalze und Kühlwalze erfolgt eine Wärmeableitung und somit die Kühlung der Replizierwalze.

[0024] Die Kühlvorrichtung ist bei der Verwendung einer Replizierwalze vorzugsweise so angeordnet, dass sie auf die Replizieroberfläche in einem Bereich wirkt, der in Drehrichtung der Replizierwalze zwischen dem Kontaktbereich von Repliziervorrichtung und Substrat und dem Auftreffpunkt der Strahlung auf die Replizieroberfläche liegt.

[0025] Die Vorrichtung ist zweckmäßig weitergebildet, wenn die Replizieroberfläche mit einem Oberflächenrelief strukturiert ist. Dieses Oberflächenrelief ist das Negativ für die Strukturen, die im Abformvorgang auf das Substrat übertragen werden. Die Replizieroberfläche kann teilweise oder vollständig strukturiert sein. Die Tiefe des Oberflächenreliefs beträgt vorzugsweise zwischen nahezu 0 und 20 μm , insbesondere zwischen 0,1 und 0,5 μm . Das Oberflächenrelief kann, insbesondere zur Bildung einer diffraktiven oder holographischen Struktur auf dem Substrat, in Teilbereichen oder vollflächig gitterförmig ausgebildet

sein. Der Gitterabstand, also die Spatialfrequenz, beträgt vorzugsweise zwischen 4000 Linien pro mm und 10 Linien pro mm, insbesondere 1000 Linien pro mm. Die Replizieroberfläche kann auch in Teilbereiche unterteilt sein, deren Abmessungen vorzugsweise kleiner als 0,3 mm sind, und die sich voneinander durch die Spatialfrequenz, die Gitterorientierung, Gitterart oder andere Parameter unterscheiden.

[0026] Diese Teilbereiche können in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung periodisch wiederholend, insbesondere alternierend, angeordnet sein. Mögliche Ausführungsformen sind, dass jeweils eine Anordnung von verschiedenen Teilbereichen, also z.B. eine Anordnung von zwei bis sechs, vorzugsweise drei Teilbereichen, eine Bildpunkteinheit bildet. Eine Vielzahl von Bildpunkteinheiten können zur Bildung eines Flächenbilds angeordnet sein. Vorzugsweise repräsentieren die beispielhaft genannten drei Teilbereiche durch ihren Gitteraufbau die drei Grundfarben. Diese Bildpunkteinheit oder auch die Teilbereiche können auf der Replizieroberfläche regelmäßig oder periodisch wiederholend, z.B. gitterförmig oder alternierend, angeordnet sein.

[0027] Das Oberflächenrelief kann auch, insbesondere zur Erzeugung einer Mattstruktur auf dem Substrat, mit Oberflächenstrukturen versehen sein, die eine stochastische oder quasi-stochastische Verteilung aufweisen. Eine Mattstruktur auf einem Substrat ruft als besondere optische Wirkung eine diffuse Streuung von dem auf das Substrat einfallenden Licht hervor. Für die Erzeugung einer Mattstruktur weist das Oberflächenrelief Oberflächenstrukturen, z.B. Riefen, Rillen, Krater, Löcher etc. auf, deren jeweilige Formen und/oder Ausrichtungen jeweils gleichartig oder beliebig ausgebildet und die auf der Replizieroberfläche gleichmäßig, stochastisch oder quasi-stochastisch verteilt sein können. Beispielsweise kann das Oberflächenrelief mit einer Struktur ähnlich zu einer gebürsteten Oberfläche ausgeführt sein.

[0028] Die Repliziervorrichtung weist in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eine Druckmatrize aus Metallfolie, insbesondere aus Nickel oder aus einer Nickelverbindung, auf. Durch den Einsatz von Metallfolien aus Nickel bzw. aus Nickelverbindungen wird das galvanische Abformen einer diffraktiven Struktur zur Erzeugung eines Masters erleichtert. Alternativ zu diesen Werkstoffen kann auch ein Werkstoff eingesetzt werden, der für die Wellenlänge der verwendeten Laserstrahlung eine besonders hohe Absorption, insbesondere eine höhere Absorption als Nickel, aufweist. Hierdurch würde die benötigte Energie zur Erzeugung des latenten Wärmebildes auf der Repliziervorrichtung, vorzugsweise auf der Replizieroberfläche, deutlich verringert werden. Entsprechend könnten leistungsschwächere und damit kostengünstigere Laser in der Vorrichtung verwendet werden.

[0029] Die Laseranlage kann zweckmäßigerweise über ein Scannersystem und/oder ein Maskenprojektionssystem verfügen. Für den Einsatz eines Scan-

nersystems wird der Laserstrahl derart geformt, dass der Durchmesser des Laserflecks beim Auftreffen auf der Repliziervorrichtung vorzugsweise in einem Bereich zwischen 0,05 mm und 2,0 mm liegt. Dieser Laserfleck kann durch das Scannersystem sequentiell schreibend über die Repliziervorrichtung geführt werden. Bei dem Scannersystem kann es sich hierbei um ein System mit Ablenkvorrichtungen, z.B. Ablenkspiegel, oder ein System mit fliegender Optik handeln. Die Position des Laserflecks auf der Repliziervorrichtung kann vom Anwender durch eine Steuerung, vorzugsweise eine Bahnsteuerung, verändert werden, so dass flexibel verschiedene geometrische Formen, Bilder, Buchstaben und Zahlen auf die Repliziervorrichtung mit dem Laserfleck geschrieben werden können. Die Repliziervorrichtung kann in anderen Ausführungsformen durch ein Maskenprojektionssystem flächig belichtet werden. Hierbei kann die Strahlformung derart ausgebildet sein, dass eine Maske, beispielsweise durch einen 4f-Aufbau, derart auf die Repliziervorrichtung abgebildet wird, dass die Form des Laserflecks der Form der Auslassungen in der Maske entspricht. Die Maske kann hierbei eine starre Maske sein oder aber eine Matrixanordnung aus Elementen, die gesteuert den Laserstrahl transmittieren oder extinktieren, bei denen es sich beispielsweise um bewegliche Spiegel oder Flüssigkristallelemente handeln kann.

[0030] Weiterhin kann die Vorrichtung derart ausgebildet sein, dass der Laserstrahl, der von der Laseranlage erzeugt wird, in weiteren Parametern wie der Leistung und/oder der Flächenleistungsdichte und/oder der Verteilung der Flächenleistungsdichte steuerbar oder regelbar ist. Durch die Leistung und die Einschaltdauer (Strahl-Ein-Zeit) des Lasers wird der Gesamtenergieeintrag in der Repliziervorrichtung bestimmt. Die zeitabhängige Flächenleistungsdichte auf der Replizieroberfläche zusammen mit der Einschaltdauer des Lasers bestimmt den Energieeintrag pro Flächeneinheit in die Repliziervorrichtung.

[0031] In der Laseranlage können Halbleiter-, Festkörper- oder Gaslaser, insbesondere Nd:YAG-, Excimer oder Diodenlaser, eingesetzt werden. Diodenlaser als Vertreter der Halbleiterlaser weisen Vorteile auf, da sie in der Leistung schnell modulierbar und günstig in der Anschaffung sind. Die Laserstrahlung von einem Diodenlaserstapel kann über eine gemeinsame Optik auf die Repliziervorrichtung unter Ausbildung eines gemeinsamen Fokus gerichtet werden oder der Diodenlaserstapel wird flächig abgebildet, wobei durch Ein- und Ausschalten von einzelnen Dioden bzw. Bereichen der Diodenlaserstapel eine flächige Belichtung der Repliziervorrichtung mit steuerbarer Flächenleistungsdichte bzw. Verteilung der Flächenleistungsdichte durchführbar ist. In anderen Ausführungen wird der Laserstrahl über einen oder mehrere, insbesondere auch bildübertragende Lichtwellenleiter zugeführt.

[0032] Eine vorteilhafte Ausbildung in der Vorrichtung ist gegeben, wenn der Laserstrahl auf die Repli-

zoberfläche der Repliziervorrichtung gerichtet ist, wobei er auf die Replizieroberfläche trifft. Der Laserstrahl wird bei dieser Ausführung durch die Strahlführung und -formung auf die Replizieroberfläche der Repliziervorrichtung gerichtet, so dass er zumindest teilweise in der Repliziervorrichtung im Bereich der Replizieroberfläche absorbiert wird und einen Energieeintrag in die Replizieroberfläche einbringt. Bei Ausführungen der Repliziervorrichtung als rotierender Zylinder, ist der Ort der Laserbelichtung vorzugsweise auf dem Zylinder in Drehrichtung des Zylinders vor dem Replizierspalt, wobei der Replizierspalt der Kontaktbereich zwischen Repliziervorrichtung und Substrat ist. Der Abstand zwischen Auftreffpunkt auf dem Zylinder und Replizierspalt kann derart ausgebildet sein, dass das erzeugte latente Wärmebild aufgrund Wärmeleitung noch nicht unscharf wird und die Repliziervorrichtung noch nicht durch das Substrat verdeckt ist. Die Wechselwirkung des Laserstrahls mit der Repliziervorrichtung findet bei dieser Ausführung auf der Replizieroberfläche statt. Es ist bei dieser Ausführung vorteilhaft, dass der Prozess der Temperaturfelderzeugung und somit die Selektion der Abformbereiche abhängig vom Material der Matrize und unabhängig von den Materialeigenschaften, insbesondere der Absorption oder Transparenz, des verwendeten Substrats ist.

[0033] Eine weitere, vorteilhafte Ausführung der Vorrichtung liegt vor, wenn die Repliziervorrichtung eine zur Replizieroberfläche parallele und/oder konzentrische innenseitige Fläche aufweist und die Strahlung auf die innenseitige Fläche gerichtet ist, so dass der Laserstrahl auf die innenseitige Fläche trifft. Der Laserstrahl wird nicht oder nicht nur auf die Replizieroberfläche gerichtet, sondern kann auf eine Fläche auftreffen, die auf der Rückseite der Replizieroberfläche angeordnet ist. Diese zweite Fläche kann mit der Replizieroberfläche in einem thermisch leitenden Kontakt stehen, wobei insbesondere der Wärmeleitwiderstand so ausgebildet ist, dass er über die gesamte Fläche oder in Teilbereichen ähnlich oder gleich ist. Wird nun diese zweite Fläche durch die Laserstrahlung belichtet und erhitzt, so wird auch die Replizieroberfläche aufgrund von Wärmeleitung erwärmt. Für die Belichtung der zweiten Fläche kann apparativ vorgesehen sein, dass der Laserstrahl in Gegenrichtung zur Flächennormalen der zweiten Fläche ausgerichtet ist und auf diese innenseitige Fläche trifft. Der Ort der Belichtung kann bei einer Ausbildung der Repliziervorrichtung in Form eines rotierenden Zylinders in einem Bereich liegen, der in Drehrichtung vor dem Replizierspalt beginnt und in dem Replizierspalt endet, wobei als Replizierspalt der Kontaktbereich zwischen Substrat und Zylinder während des Abformvorgangs bezeichnet wird. Die Position der Laserbestrahlung kann auch abhängig von der Rotationsgeschwindigkeit, von der Laserleistung und von dem Wärmewiderstand zwischen zweiter Fläche und Replizieroberfläche sein.

[0034] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Replizier-

vorrichtung liegt darin, dass zwischen der innenseitigen, zweiten Fläche und der Replizieroberfläche verschiedene Schichten angeordnet sind. Die äußerste Schicht wird meist, wie bereits erläutert, aus einer Metallfolie, insbesondere einer Folie aus Nickel oder einer Nickelverbindung, gebildet. Auf der der Replizieroberfläche abgewandten Seite dieser Schicht kann eine wärmeleitende Schicht und/oder eine Absorptionsschicht angeordnet sein, wobei die Absorptionsschicht eine andere, insbesondere höhere, Absorption aufweist als die Metallfolie. Weiterhin kann eine transparente Schicht angeordnet sein, bei der es sich auch um einen für die Laserwellenlänge transparenten Körper, insbesondere eine Platte oder einen Zylindermantel, handeln kann.

[0035] Die Aufgabe der Erfindung wird weiterhin durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 15 gelöst. Mit dem Verfahren wird eine Markierung auf einem Substrat, vorzugsweise einer Folie, insbesondere einer Transferfolie, erzeugt, wobei Energie in Form von Strahlung, vorzugsweise Laserstrahlung, von einer Strahlung erzeugenden Einrichtung zur Ausbildung von mindestens einem Abformbereich auf einer Replizieroberfläche einer Repliziervorrichtung verwendet wird und wobei der Abformbereich der Replizieroberfläche auf das Substrat abgeformt wird, indem die Repliziervorrichtung das Substrat unter Druck kontaktiert, und wobei die Strahlung zur Ausbildung der Abformbereiche vollständig außerhalb des Substrats zugeführt wird.

[0036] Die Repliziervorrichtung wird mit Strahlung belichtet, wobei die Strahlung direkt auf die Replizieroberfläche der Matrize einwirken kann und die Matrize erwärmt oder von anderen Bereichen der Repliziervorrichtung absorbiert werden kann und die Matrize, insbesondere die Replizieroberfläche der Matrize, durch Wärmeleitung erwärmt.

[0037] Durch Bestrahlung von ausgewählten Bereichen der Repliziervorrichtung können auf der Replizieroberfläche der Matrize Bereiche mit unterschiedlichen Temperaturen erzeugt werden. Insbesondere werden Bereiche mit einer Temperatur erzeugt, die der Arbeitstemperatur des Abformvorgangs entspricht und die als Abformbereiche bezeichnet werden.

[0038] Die Strahlung wird dabei so geführt, dass sie vor dem Auftreffen auf die Repliziervorrichtung nicht in das Substrat eindringt.

[0039] Bei dem Zusammenwirken von Substrat und Repliziervorrichtung unter Druck können die erzeugten Abformbereiche der Matrize in ein Substrat dauerhaft verbleibend abgeformt werden.

[0040] Die individualisierte Markierung besteht vorzugsweise aus den Abformungen der Teilbereiche der Replizieroberfläche, die durch die vorgehend beschriebene Temperaturführung für eine Abformung selektiert wurden. Die Individualisierung der Markierung, d.h. die Änderung der Auswahl der abgeformten Bereiche, kann somit durch eine Änderung der Temperaturverteilung auf der Replizieroberfläche er-

folgen. Eine derartige Änderung kann über die Steuerung der die Strahlung erzeugenden Einrichtung, z.B. der Laseranlage, bzw. der entsprechenden Strahlführung und -formungseinrichtungen durchgeführt werden.

[0041] Bei bevorzugten Weiterbildungen des Verfahrens wird die Repliziervorrichtung zumindest in Teilbereichen der Replizieroberfläche unter Verwendung einer zusätzlichen Energiequelle temperiert. Diese ist vorzugsweise separat zur Strahlung erzeugenden Einrichtung ausgebildet.

[0042] Bei dieser Ausbildung des Verfahrens kann in einem Verfahrensschritt die Repliziervorrichtung mit der zusätzlichen Energiequelle erwärmt werden, so dass Bereiche oder zumindest Teilbereiche der strukturierten Replizieroberfläche der Matrice eine erste Temperatur aufweisen. Der Energieeintrag ist dabei insbesondere so bemessen, dass die erwärmten Bereiche oder Teilbereiche der Replizieroberfläche, die keinen zusätzlichen Energieeintrag durch die Strahlung erhalten, während des Abformvorganges die erste Temperatur aufweisen.

[0043] In einem weiteren Verfahrensschritt wird die Repliziervorrichtung mit Strahlung belichtet.

[0044] Durch das Zusammenwirken der Erwärmung der Repliziervorrichtung durch die zusätzliche Energiequelle und die selektive Erwärmung durch die Strahlung entstehen auf der Replizieroberfläche der Matrice Bereiche mit unterschiedlichen Temperaturen, insbesondere mindestens zwei unterschiedlich temperierte Bereiche. Ein Teil der Bereiche weist vorzugsweise die erste Temperatur auf, ein anderer Teil der Bereiche weist vorzugsweise eine zweite Temperatur auf, die durch den zusätzlichen Energieeintrag durch die Strahlung erreicht wird. Die Bereiche mit der zweiten Temperatur kann man aufgrund ihrer Entstehung als Wärmekombinationsbereiche bezeichnen.

[0045] Der Prozess kann so geführt werden, dass entweder die erste Temperatur oder die zweite Temperatur der Arbeitstemperatur des Abformvorgangs entspricht, so dass in einem weiteren Verfahrensschritt entweder die Teilbereiche mit der ersten Temperatur oder die Teilbereiche mit der zweiten Temperatur auf das Substrat dauerhaft verbleibend abgeformt werden können.

[0046] Es kann ein zeitlicher Abstand zwischen dem Energieeintrag durch die zusätzliche Energiequelle oder die Strahlung erzeugende Einrichtung und dem Abformvorgang aufgrund der Dauer für die Bewegung des Teilbereichs von der Position des Energieeintrags zu der Position des Abformvorgangs entstehen.

[0047] Wenn zwischen der Erwärmung eines Teilbereichs der Replizieroberfläche und dem Abformen dieses Teilbereichs ein zeitlicher Abstand liegt, dann kann sich die zunächst erzeugte Wärmefeldverteilung auf der Replizieroberfläche durch Wärmeleitungseffekte verändern. Insbesondere können sich die eingestellten Temperaturen in den temperierten

Bereichen verringern, da Wärme z.B. in die Repliziervorrichtung abfließen kann. Für einen möglichen Ausgleich dieses Effekts können Bereiche oder Teilbereiche der Replizieroberfläche zunächst auf eine höhere Temperatur als insbesondere die erste bzw. zweite Temperatur eingestellt werden, damit diese Bereiche oder Teilbereiche nach den Wärmeverlusten durch Wärmeleitung während des späteren Abformvorgangs dann die erste bzw. zweite Temperatur aufweisen.

[0048] Es ist vorteilhaft, wenn dieser zeitliche Abstand möglichst gering ist oder wenn dieser zeitliche Abstand für alle Teilbereiche der Replizieroberfläche zumindest gleich ist, da bei allen Teilbereichen dann die Wärmeleitungseffekte ähnlich ausgeprägt sind.

[0049] Das Verfahren kann auch kontinuierlich betrieben werden, wobei Verfahrensschritte gleichzeitig ausgeführt werden.

[0050] Das Verfahren kann so geführt werden, dass die erste Temperatur in einem Plastiktemperaturbereich für das jeweilige Substrat und die zweite Temperatur in einem Fließtemperaturbereich liegt.

[0051] Wird die Repliziervorrichtung mit dem Substrat unter Druck und während in einem Teilbereich eine Temperatur vorliegt, die sich im Plastiktemperaturbereich befindet, kontaktiert, wird die strukturierte Replizieroberfläche in diesem Teilbereich dauerhaft verbleibend plastisch abgeformt.

[0052] Wenn sich die Temperatur innerhalb eines Fließtemperaturbereichs befindet, der oberhalb des Plastiktemperaturbereichs liegt, wird nach Trennung der Matrice von dem Substrat das verformte Material des Substrats anfangen zu fließen. Dadurch werden die abgeformten Oberflächenstrukturierungen des Substratmaterials geglättet, so dass diese nicht als optisch aktive Strukturen auf dem Substrat erhalten bleiben.

[0053] Bei dieser Ausführung des Verfahrens können also die Teilbereiche auf das Substrat übertragen werden, die auf Plastiktemperatur temperiert worden sind und die keinen zusätzlichen Wärmeeintrag durch die Strahlung erhalten haben. Durch die Strahlung kann eine Negativ-Selektion von Teilbereichen durchgeführt werden.

[0054] Nach einer anderen Ausführung des Verfahrens wird die erste Temperatur in einem Elastiktemperaturbereich eingestellt und die zweite Temperatur in einem Plastiktemperaturbereich, wobei der Elastiktemperaturbereich unterhalb des Plastiktemperaturbereichs liegt.

[0055] Wird ein Abformvorgang durchgeführt, werden die Teilbereiche, deren Temperatur sich im Elastiktemperaturbereich befinden, nur eine elastische Verformung des Substrats bewirken. Nach Trennung der Matrice von dem Substrat federn die eingebrachten Oberflächenstrukturen elastisch zurück und das Substrat nimmt in etwa seine ursprüngliche Oberflächenform wieder an.

[0056] Bei dieser Ausführung des Verfahrens werden also selektiv die Wärmekombinationsbereiche

übertragen. Der zusätzliche Wärmeeintrag durch die Strahlung stellt also eine Positiv-Selektion von Teilbereichen dar.

[0057] Das Substrat kann aus mehreren Schichten aufgebaut sein. Bei den angegebenen Temperaturen oder den angegebenen Temperaturbereichen des Substrats handelt es sich insbesondere um Temperaturen oder Temperaturbereiche einer thermoplastischen Schicht, die Bestandteil des Substrats ist. Weitere Schichten des Substrats, z.B. die Trägerschicht des Substrats, können eine andere Temperatur aufweisen. Allgemein handelt es sich bei der Temperatur oder dem Temperaturbereich des Substrats vorzugsweise um die Temperatur oder den Temperaturbereich der thermoplastischen Schicht.

[0058] Das Verfahren kann vorteilhaft weitergebildet werden, indem die Replizieroberfläche vor der Wechselwirkung mit der Strahlung vollständig oder nur in Teilbereichen homogen erwärmt wird. Durch die Erwärmung von Teilflächen kann bereits im Vorfeld eine grobe Selektion der zu übertragenden Teilbereiche erfolgen, da möglicherweise Teilbereiche ohne diese Erwärmung nicht die für den Abformvorgang notwendige Arbeitstemperatur erreichen.

[0059] In einer weiteren vorteilhaften Abwandlung wird die Replizieroberfläche nach dem Abformvorgang und vor einem folgenden Energieeintrag von der Strahlung erzeugenden Einrichtung vollständig oder in Teilbereichen gekühlt. Die Kühlung kann durch Wärmeableitung über einen thermischen Kontakt und/oder Luft- oder Gaskühlung erfolgen. Durch die Kühlung wird, insbesondere im Dauerbetrieb der Vorrichtung, das Temperaturfeld der Replizieroberfläche kontrolliert auf Temperaturen erniedrigt, die vorzugsweise unterhalb der notwendigen Temperatur für einen Abformvorgang liegen. Zudem beugt die Kühlung einer Überhitzung der Repliziervorrichtung vor.

[0060] In weiteren Ausführungsformen wird die Strahlung entweder direkt auf die Replizieroberfläche gerichtet oder die Strahlung wird auf einer der Replizieroberfläche abgewandten Oberfläche eingebracht. Bei einer Belichtung der Replizieroberfläche kann, insbesondere wenn die Repliziervorrichtung als walzenartiger Prägezyylinder ausgeführt ist, der Einfallswinkel der Laserstrahlung variiert werden. Änderungen des Einfallswinkels der Laserstrahlung auf die Replizieroberfläche können zu deutlichen Änderungen der Absorption der Laserstrahlung führen. Damit kann der Einfallswinkel als ein zusätzlicher zu variierender Prozessparameter in der Prozessführung verwendet werden.

[0061] Vorteilhaft bei der Einbringung der Strahlung auf eine der Replizieroberfläche abgewandten Oberfläche ist, dass die Bestrahlung erfolgen kann, kurz bevor die Matrize mit dem Substrat in Kontakt tritt oder während die Matrize bereits in Kontakt mit dem Substrat ist. Die abgewandte Oberfläche der Replizieroberfläche kann so ausgebildet sein, dass sie für die Strahlung zugänglich ist, wenn die Matrize bereits in Kontakt mit dem Substrat steht. Der zeitliche Ab-

stand zwischen Bestrahlung und Abformvorgang kann dadurch frei eingestellt werden.

[0062] Bei vorteilhafter Weiterbildung des Verfahrens wird als Repliziervorrichtung eine Replizierwalze eingesetzt, wobei die Einbringung der Strahlung in die Replizierwalze an einer ersten Winkelposition der Replizierwalze und der Kontakt der Replizierwalze mit dem Substrat an einer zweiten Winkelposition erfolgt. Optional erfolgen eine Kühlung der Replizierwalze an einer dritten Winkelposition und eine Temperierung der Replizierwalze an einer vierten Winkelposition. Das Verfahren ist vorteilhaft ausgebildet, wenn der Zwischenwinkel zwischen erster und zweiter Winkelposition in Drehrichtung der Replizierwalze so gering ist, dass das durch die Strahlung in der ersten Winkelposition eingebrachte latente Wärmebild nach Drehung der Replizierwalze in der zweiten Winkelposition noch scharfe Konturen aufweist. Dies ist beispielsweise gegeben, wenn die durch Wärmeleitung entstandene Unschärfe des latenten Wärmebilds kleiner als die reziproke, angestrebte Auflösung des Replizierverfahrens ist. Als Maß für die Unschärfe kann die Definition des Unschärfekreises aus der geometrischen Optik herangezogen werden. Der Winkel zwischen zweiter und erster Winkelposition in Drehrichtung ist bevorzugt möglichst groß, insbesondere größer als 180° , einzustellen, um eine Homogenisierung des Temperaturprofils auf der Replizieroberfläche zu erreichen.

[0063] Die Winkel zwischen zweiter und dritter Winkelposition und/oder zwischen dritter und vierter Winkelposition sind jeweils in Drehrichtung vorzugsweise möglichst gering, insbesondere kleiner 90° , einzustellen, um ebenfalls die Homogenisierung des Temperaturprofils auf der Replizieroberfläche zu unterstützen.

[0064] In bevorzugten Ausführungsformen wird die Strahlung entweder flächig und/oder punktförmig sequentiell schreibend auf die Repliziervorrichtung übertragen. Insbesondere bieten sich Vorteile, wenn das schreibende Verfahren zusammen mit einem rotierenden Prägezyylinder eingesetzt wird und die Replizieroberfläche belichtet wird. Bei dieser Ausführung liegt vorrichtungsbedingt ein zeitlicher Abstand zwischen Erwärmung eines Teilbereichs der Replizieroberfläche und dem Abformen dieses Teilbereichs vor, da die Replizieroberfläche während des Abformvorgangs durch das Substrat verdeckt ist und nicht belichtet werden kann. Wenn durch die Strahlung die Information zeilenweise schreibend auf die Matrize übertragen wird und diese Zeile parallel zum Replizierspalt angeordnet ist, ist zumindest sichergestellt, dass der zeitliche Abstand zwischen dem Verfahrensschritt Belichtung und dem Verfahrensschritt Abformen für jeden belichteten Punkt auf der Matrize annähernd gleich ist.

[0065] Entsprechende Vorteile bieten sich bei der Kombination einer flächigen Belichtung und der Verwendung eines Prägestempels. Hierbei wird ein gleicher Zeitabstand zwischen der Erwärmung und Ab-

formung der Teilbereiche dadurch erzielt, dass zunächst alle Teilbereiche gleichzeitig belichtet werden und dann alle Teilbereiche gleichzeitig abgeformt werden. Es sind aber auch die Kombinationen schreibendes Verfahren und Prägestempel bzw. flächige Belichtung und Prägezylinder möglich, wenn sich daraus andere Vorteile ergeben, beispielsweise Vorteile im Belichtungsprozess.

[0066] Durch diese Vorrichtung und Verfahren ist es folglich möglich, von einer einzigen Matrize verschiedene, z.B. auch dokumentspezifische oder personenspezifische, Markierungen auf ein Substrat abzuformen, wobei Teilbereiche dieser Matrize selektiv für den Abformvorgang aktiviert bzw. deaktiviert werden können.

Ausführungsbeispiel

[0067] Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels des Verfahrens sowie von Ausführungsbeispielen von Vorrichtungen zur Erzeugung einer Markierung. Dabei zeigen:

[0068] **Fig. 1a, b, c** Ausführungsbeispiele einer Vorrichtung zum Aufbringen einer Markierung auf einem Substrat,

[0069] **Fig. 2a** eine Detailschnittansicht in einer Schnittebene senkrecht zum Substrat durch die Linie II-II des Ausführungsbeispiels in **Fig. 1a** mit einer ersten Ausführung des Verfahrens,

[0070] **Fig. 2b** eine schematische Darstellung der Zusammenhänge zwischen der Wärmeverteilung auf der Repliziervorrichtung und dem abgeformten Bereich auf dem Substrat gemäß des in der **Fig. 2a** gezeigten Verfahrens,

[0071] **Fig. 3a** eine Detailschnittansicht in einer Schnittebene senkrecht zum Substrat durch die Linie II-II des Ausführungsbeispiels in **Fig. 1a** mit einer zweiten Ausführung des Verfahrens,

[0072] **Fig. 3b** eine schematische Darstellung der Zusammenhänge zwischen der Wärmeverteilung auf einer Repliziervorrichtung und den abgeformten Bereichen auf einem Substrat gemäß des in der **Fig. 3a** gezeigten Verfahrens,

[0073] **Fig. 4** eine schematische Darstellung der Wärmeverteilung in einem Ausschnitt einer Repliziervorrichtung im Querschnitt bei Belichtung mit einem Laserstrahl,

[0074] **Fig. 5a, b** eine schematische Darstellung des Prinzips zur Erzeugung eines Negativ- bzw. Positivbilds,

[0075] **Fig. 6** ein Ausschnitt der Oberfläche der Repliziervorrichtung in **Fig. 1a** in Draufsicht und eine Markierung, die durch die Repliziervorrichtung erzeugt wurde,

[0076] **Fig. 7** eine Detailschnittansicht in einer Schnittebene senkrecht zum Substrat durch die Linie II-II der Vorrichtung in **Fig. 1a** eines abgewandelten Ausführungsbeispiels.

[0077] Die **Fig. 1a** zeigt in einer schematischen Darstellung den Aufbau eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Erzeugung einer Markierung auf einem Substrat **43**. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Substrat **43** als Folie ausgebildet. Bei der Folie kann es sich um eine Transferfolie handeln. Die Vorrichtung weist eine Replizierwalze **41** und eine als Walze ausgebildete Gegendruckvorrichtung **42** auf, zwischen denen das Substrat **43** geführt wird. Die Replizierwalze wird mit einem Laserstrahl **30** von außen belichtet.

[0078] Das Substrat **43** weist eine Dicke von weniger als 1 mm auf und kann als mehrschichtiger Verbund ausgebildet sein. Mindestens eine Schicht besteht aus einem thermoplastischen Material. Weitere Schichten können als Metallisierungsschichten, Interferenzschichten, Schutzschichten, Trägermaterialschichten oder Kleberschichten ausgebildet sein.

[0079] Die vorzugsweise metallische oder metallisch ummantelte Replizierwalze **41** ist mit Oberflächenstrukturierungen in Form von Diffraktionsprägestrukturen **46** auf ihrer Replizieroberfläche ausgestattet. Die Diffraktionsprägestrukturen **46** weisen eine Tiefe von zwischen nahezu 0 und 20 µm auf und haben Linienabstände oder örtliche Frequenzen von 10 Linien pro Millimeter bis 4000 Linien pro Millimeter.

[0080] Die Gegendruckvorrichtung **42** ist als zylinderförmige Walze ausgebildet und kann aus Gummi bestehen oder eine aus Gummi bestehende Ummantelung aufweisen.

[0081] Der Pfeil **48** sowie der Pfeil **49** zeigen die jeweiligen Drehrichtungen von Replizierwalze **41** und Gegendruckeinrichtung **42** an, wobei sich die Replizierwalze **41** im Uhrzeigersinn und die Gegendruckeinrichtung **42** gegen den Uhrzeigersinn drehen. Der Pfeil **47** weist in die Vorschubrichtung des Substrats **43**, das sich in **Fig. 1a** nach Links bewegt. Die Replizierwalze **41**, das Substrat **43** und die Gegendruckvorrichtung wirken derart zusammen, dass die Replizieroberfläche mit den Diffraktionsprägestrukturen **46** unter einem bestimmten, meist einstellbaren Druck auf das Substrat **43** während der Rotation der Replizierwalze **41** und der Gegendruckeinrichtung **42** gepresst wird. Im Kontaktbereich zwischen Replizierwalze **41** und Substrat **43** erfolgt die Abformung der Fläche **44** als Markierung **45** auf dem Substrat **43**.

[0082] Der Laserstrahl **30** kann die Fläche **44** flächig oder in abgewandelten Ausführungen punktförmig sequentiell belichten. Die Ansteuerung des Laserstrahls **30** bezüglich Leistung, Strahlrichtung, Flächenleistungsdichte etc. erfolgt durch eine Steuerungseinrichtung. Der Laserstrahl **30** kann gepulst oder leistungsmoduliert sein, vorzugsweise arbeitet er mit einer kontinuierlichen Leistung. Der Laserstrahl **30** kann beim Belichtungs Vorgang ortsfest oder bewegt sein. Bei einer flächigen Belichtung, beispielsweise durch ein Maskenprojektionsverfahren, ist der Laserstrahl vorzugsweise ortsfest während sich die Replizierwalze dreht. In abgewandelten Ausführungsformen erfolgt die Bewegung des Laser-

strahls **30** mitlaufend zur rotierenden Replizierwalze **41** in Richtung des Pfeils **90**. Bei schreibenden Belichtungsverfahren mit einem punktförmigen oder nahezu punktförmigen Laserstrahl **30** kann die Bewegung des Laserstrahls **30** mitlaufend zur rotierenden Replizierwalze **41** in Richtung des Pfeils **90** und auch parallel zur Längserstreckung der Drehachse der Replizierwalze **41** in Richtung des Pfeils **91** sein. Zur punktförmigen Belichtung kann der Laserstrahl fokussiert sein und einen geringen Strahldurchmesser, z.B. kleiner als 1 mm, aufweisen.

[0083] Die Replizierwalze **41** wird durch eine nicht dargestellte steuerbare innere, d.h. innen wirkende, Wärmequelle erwärmt, so dass der gesamte Bereich der Replizieroberfläche, der die Diffraktionsprägestrukturen **46** aufweist, eine vorzugsweise einheitliche Temperatur aufweist, die unterhalb der Abformtemperatur des Substrats **43**, also unterhalb des Plastiktemperaturbereichs im Elastiktemperaturbereich des Substrats **43** liegt.

[0084] Es werden nur die Teilbereiche der Replizierwalze **41** unter Erzeugung einer dauerhaft verbleibenden Markierung **45** abgeformt, wenn diese Teilbereiche zusätzlich zu der Erwärmung mit der inneren Wärmequelle mit dem Laserstrahl **30** unter Ausbildung eines Wärmekombinationsbereichs belichtet worden sind. Durch den Laserstrahl **30**, der unter einem beliebigen Winkel auf die Replizierwalze **41** gerichtet werden kann, erfolgt innerhalb der bestrahlten Fläche **44** ein zusätzlicher Energieeintrag, so dass ein latentes Wärmebild, in **Fig. 1a** als Rechtecksfläche **44** dargestellt, auf der Replizierwalze **41** entsteht. Das latente Wärmebild kann eine einfache geometrische Form, wie z.B. Kreis, Mehreck, geschlossenes Polygon, aber auch die Form von Buchstaben, Ziffern oder Symbolen aufweisen.

[0085] Der Energieeintrag in die Fläche **44** mittels Laserstrahl **30** erfolgt auf der rotierenden Replizierwalze **41** in einem Bereich der von dem Bereich, in dem die Abformung durchgeführt wird, einen Drehwinkelabstand von ca. 90° aufweist. Aus diesem örtlichen Abstand resultiert ein zeitlicher Abstand zwischen Bestrahlung und Abformung. Der Energieeintrag durch den Laserstrahl **30** ist so bemessen, dass innerhalb der bestrahlten Fläche **44** die Temperatur nach der Belichtung innerhalb oder, um Wärmeleitungseffekte aufgrund des, zeitlichen Abstands zu kompensieren, oberhalb des Plastiktemperaturbereichs des Substrats **43** liegt. Durch diese Temperaturführung weist der Teilbereich **44** der Replizierwalze **41** beim Repliziervorgang eine Oberflächentemperatur auf, die innerhalb des Plastiktemperaturbereichs liegt und wird im Kontaktbereich zwischen Repliziervorrichtung **41** und Substrat **43** in das Substrat **43** dauerhaft verbleibend abgeformt. Durch Änderung der Form und Struktur der bestrahlten Fläche **44** kann eine beliebige Form und Struktur der Markierung **45** auf dem Substrat **43** erzeugt werden.

[0086] In einer möglichen Betriebsart der Vorrichtung wird der Laserstrahl **30** in Steuersequenzen ein-

und ausgeschaltet, sodass vorzugsweise voneinander abgesetzte, insbesondere örtlich getrennte Markierungen **45** erzeugt werden. Die Ausgestaltung dieser verschiedenen Markierungen **45** kann jeweils gleich sein oder sich von Markierung zu Markierung durch individualisierte Merkmale, z.B. durch eine fortlaufende Nummerierung, unterscheiden.

[0087] In einer weiteren möglichen Betriebsart der Vorrichtung in **Fig. 1a** kann der Laserstrahl **30** kontinuierlich eingeschaltet sein und der Auftreffpunkt des Laserstrahls **30** auf der Replizierwalze **41** wird mitlaufend zur Replizierwalze **41** in Richtung des Pfeils **90** sowie in Querrichtung dazu in Richtung des Pfeils **91** z.B. durch Parallelversatz oder durch Winkelauslenkung des Laserstrahls **30** bewegt.

[0088] In dieser Betriebsart kann eine Markierung **45** mit einem sich in Vorschubrichtung **47** des Substrats **43** variierendem Muster gebildet werden.

[0089] Vor allem erlaubt diese Betriebsart, dass Steuersequenzen von Bewegungen des Laserstrahls **30** zur Erzeugung einer einzelnen Markierung über mehrere Drehungen der Replizierwalze **41**, also über mehrere Arbeitszyklen, hinweg erfolgen können. Beispielsweise ist es dadurch möglich auf dem Substrat einen beliebig langen Schriftzug in Vorschubrichtung **47** zu erzeugen.

[0090] Bei einer Abwandlung dieser Betriebsart wird der Laserstrahl **30** kontinuierlich eingeschaltet und die Änderung der Flächenleistungsdichte auf der Replizierwalze **41** erfolgt durch eine Änderung des Strahlprofils des Laserstrahls **30**.

[0091] Eine Kombination dieser Betriebsarten ist ebenfalls möglich.

[0092] In der **Fig. 1b** ist eine abgewandelte Ausführungsform der Vorrichtung in **Fig. 1a** mit einem flächigen Belichtungsverfahren dargestellt. Die Vorrichtung in **Fig. 1b** ist analog zu der Vorrichtung in **Fig. 1a** ausgebildet, wobei die Vorrichtung in **Fig. 1b** jedoch einen Diodenlaserstapel **93** als Strahlung erzeugende Vorrichtung aufweist.

[0093] Der Diodenlaserstapel **93** umfasst eine Vielzahl von Diodenlasern **94**, die jeweils parallel zueinander und mit gleicher Ausrichtung in einem Stapel angeordnet sind, so dass die Abstrahlrichtung bei allen Diodenlasern **94** gleich ist. Die Diodenlaser **94** sind über eine nicht dargestellte Steuerungseinrichtung einzeln ansteuerbar und in ihrer Leistung modulierbar. Der Diodenlaserstapel **94** ist in seiner Längserstreckung parallel zur Längserstreckung der Drehachse der Replizierwalze **41** angeordnet, wobei die Laserstrahlen **30** auf die Replizierwalze **41** gerichtet sind. Der Abstand zwischen Diodenlaserstapel **93** und Replizierwalze **41** ist abhängig von der Strahlungscharakteristik der Diodenlaser **94**, bzw. abhängig von einer optionalen, zwischengeschalteten und in **Fig. 1b** nicht dargestellten Optikeinrichtung und ist so ausgebildet, dass eine den Anforderungen entsprechende Leistungsdichteverteilung der Laserstrahlen **30** auf der Replizierwalze **41** entsteht. Durch eine Kombination von Flächenleistungsdichteveriati-

onen, die durch die gesteuerte Modulation der Diodenlaser **94** hervorgerufen werden, und der Rotationsbewegung der Replizierwalze **41** können beliebige Belichtungsmuster in die Replizierwalze **41** eingebracht werden, mittels derer beliebige Markierungen **45** auf dem Substrat **43** erzeugt werden können.

[0094] In der **Fig. 1c** ist eine weitere abgewandelte Ausführungsform der Vorrichtung in **Fig. 1a** mit einem schreibenden Belichtungsverfahren dargestellt. Die Vorrichtung in **Fig. 1e** weist eine Anordnung auf, in der analog zu der Anordnung in **Fig. 1a** ein Substrat **43** zwischen einer Replizierwalze **41** und einer Gegendruckvorrichtung **42** geführt wird und auf dem eine Markierung **45** erzeugt wird. Die Replizierwalze **41** wird ebenfalls mit einem Laserstrahl **30** von außen belichtet.

[0095] Der Laserstrahl **30** wird von einer Laserquelle **94** unter Zwischenschaltung einer Optikeinrichtung **95** und einer Ablenkeinheit **96** auf die Replizierwalze **41** geführt, wo der Laserstrahl unter Ausbildung eines Auftreffpunkts **101** auftrifft.

[0096] Die Laserquelle **94** ist in **Fig. 1b** schematisch als Quader dargestellt und kann in beliebiger Bauweise ausgebildet sein, z.B. als Nd:YAG-, Excimer-, Festkörper-, Gas-, Halbleiterlaser etc. Die Laserquelle **94** ist oberhalb des Substrats **43** und beabstandet von der Replizierwalze **41** angeordnet, wobei sie derart ausgerichtet ist, dass die am Ausgang austretende Laserstrahlung **30** in etwa parallel versetzt zur Längserstreckung der Drehachse der Replizierwalze **41** angeordnet ist. In weiteren Ausbildungen der Vorrichtung kann die Laserquelle **94** auch so angeordnet sein, dass die aus der Laserquelle austretende Laserstrahlung **30** in etwa senkrecht zum Substrat **43** angeordnet ist und entsprechend umgelenkt wird.

[0097] Die Optikeinrichtung **95** ist in Strahlausbreitungsrichtung des Laserstrahls **30** nach der Laserquelle **94** angeordnet und weist optische Komponenten zur Strahlführung und -formung auf.

[0098] In der in Strahlausbreitungsrichtung des Laserstrahls **30** nachgeschalteten Ablenkeinheit **96** wird der Laserstrahl **30** um einen steuerbaren Winkel α umgelenkt, so dass der Auftreffpunkt **101** in Bewegungen parallel zur Längserstreckung der Drehachse der Replizierwalze **41** über die Replizierwalze **41** geführt werden kann.

[0099] Die Ablenkeinheit **96** weist eine Antriebseinheit **98**, z.B. einen Motor, insbesondere einen Servomotor oder Schrittmotor, oder einen Galvanometerantrieb, und einen über eine Antriebswelle **99** verbundenen Spiegel **97** mit einer reflektierenden Vorderseite auf. Die Antriebswelle **99** wird von der Antriebseinheit **98** angetrieben und ist mit dem Spiegel **97** starr verbunden. Die Antriebswelle **99** und der Spiegel **97** können so zueinander angeordnet sein, dass die Drehachse der Antriebswelle **99** in der Ebene der reflektierenden Vorderseite des Spiegels **97** liegt und dass die Antriebswelle **99** die reflektierende Vorderseite des Spiegel **97** nicht oder nur geringfügig verdeckt. In dieser Anordnung kann durch eine von der

Antriebseinheit **98** ausgelöste Drehbewegung der Antriebswelle **99** die reflektierende Vorderfläche des Spiegels **97** unter Ausbildung einer Drehachse um einen Winkel gedreht werden.

[0100] Die Ablenkeinheit **96** ist derart angeordnet, dass der Laserstrahl **30** die reflektierende Vorderseite des Spiegels **97** in einem Winkel von $\alpha/2$ trifft und die Kippachse der reflektierenden Vorderfläche des Spiegels **97** in etwa senkrecht zu einer Ebene angeordnet ist, die durch den auf die Ablenkeinheit **96** einfallenden und den davon reflektierten Laserstrahl **30** gebildet wird.

[0101] Die Optikeinrichtung **95** kann auch der Ablenkeinrichtung **96** nachgeschaltet sein.

[0102] Die Position des Auftreffpunkts **101** auf der Replizierwalze **41** parallel zur Längserstreckung der Drehachse der Replizierwalze **41** wird durch die Ablenkeinheit **96** gesteuert. In Kombination mit der Rotationsbewegung der Replizierwalze **41** wird ein Belichtungsmuster **100** auf der Replizierwalze erzeugt. Das Belichtungsmuster **100** ist in der Darstellung in **Fig. 1c** als zeilenweise geschriebene, sequentiell belichtete, linienförmige und zusammenhängende Wärmespur ausgebildet. Die Wärmespur verläuft nahezu parallel zur Drehachse der Replizierwalze **41**, wobei sich bei jedem Zeilenwechsel die Vorschubrichtung des Auftreffpunkts **101** ändert.

[0103] **Fig. 2a** zeigt eine Schnittansicht der Vorrichtung in **Fig. 1a**. Das Substrat **43** hat einen Schichtaufbau mit einer thermoplastischen Schicht **51**, einer zweiten Schicht **52** und einer Trägerfolie **50**, die beispielsweise Polyester- oder als Polycarbonatfolie ausgebildet ist. Die zweite Schicht **52** und weitere Schichten ist bzw. sind optional. Diese zweite Schicht **52** bzw. weitere vorzugsweise verschiedene Schichten sind als Schutz-Lackschicht, Metallisierungsschicht, Interferenzschicht, oder Kleberschicht ausgebildet.

[0104] Die Replizierwalze **41** weist Diffraktionsprägestrukturen **46** auf, die entweder, wie hier schematisch gezeigt, über den gesamten Umfang vorzugsweise vollflächig, aber auch nur in Teilbereichen aufgebracht sein können.

[0105] Die Replizierwalze **41** und das Substrat **43** wirken wie oben bereits erwähnt beim Abwälzen der Replizierwalze **41** unter Druck zusammen, wobei die Replizierwalze **41** in der Drehrichtung des Pfeils **48** rotiert und sich dazu das Substrat **43** schlupffrei in Richtung des Pfeils **47** bewegt. Die Replizierwalze **41** ist vollständig oder in Teilbereichen durch die nicht dargestellte steuerbare innere Wärmequelle erwärmt. Der Laserstrahl **30** ist von außen auf die Replizierwalze **41** gerichtet und trifft in einem Bereich vor dem Replizierspalt **53** auf die die Diffraktionsprägestrukturen **46** tragende Replizieroberfläche der Replizierwalze **41** auf, wobei als Replizierspalt **53** der Kontaktbereich zwischen Replizierwalze und Substrat beim Abformvorgang bezeichnet wird.

[0106] Bei der in **Fig. 2a** dargestellten Ausführung des Verfahrens wird durch die innere steuerbare

Wärmequelle die Replizieroberfläche auf eine Temperatur gebracht, die innerhalb des Elastiktemperaturbereichs liegt. Durch den zusätzlichen Energieeintrag durch den Laserstrahl **30** werden die bestrahlten Flächen **70** weiter erwärmt und stellen somit die Wärmekombinationsbereiche dar. Die Energieeinträge sind derart bemessen, dass die Replizieroberfläche der Replizierwalze **41** beim Kontakt mit dem Substrat **43** in den Bereichen **70** eine Temperatur aufweist, die innerhalb der Plastiktemperatur des Substrats **43** liegt und dass die restlichen Bereiche Temperaturen aufweisen, die unterhalb des Plastiktemperaturbereichs und z.B. im Elastiktemperaturbereich des Substrats **43** liegen. Bei der Abformung der Diffraktionsprägestruktur **46** auf das Substrat **43** werden bei dieser Temperaturverteilung nur die Bereiche **70** in die thermoplastische Schicht **51** dauerhaft verbleibend abgeformt. Auf diese Weise wird eine Markierung **45**, deren in das Substrat **43** abgeformte Flächenanteile diffraktive Strukturen aufweisen, in ein Substrat **43** als individualisiertes Sicherheitsmerkmal eingebracht.

[0107] Das Prinzip der Positiv-Selektion bzw. Negativ-Selektion von Teilbereichen auf der Replizieroberfläche der Repliziervorrichtung für die Abformung auf ein Substrat soll anhand des Graphen in **Fig. 2b** näher erläutert werden.

[0108] In der **Fig. 2b** ist ein Koordinatensystem **20** dargestellt, wobei auf der horizontalen X-Achse der Ausschnitt des Walzenumfangs einer Prägewalze und auf der vertikalen Y-Achse die Temperatur auf der Replizieroberfläche dieser Prägewalze an der jeweiligen Position längs des Walzenumfangs aufgetragen ist.

[0109] Die Temperaturskala kann qualitativ in mindestens drei Bereiche unterteilt werden: Der erste Bereich ist der Elastiktemperaturbereich T_{elast} . Der darüber angesiedelte Temperaturbereich mit höheren Temperaturen ist der Plastiktemperaturbereich, T_{plast} . Der hier dargestellte höchste Temperaturbereich ist der Fließtemperaturbereich $T_{\text{fließ}}$.

[0110] Nur im Plastiktemperaturbereich T_{plast} wird die strukturierte Oberfläche der Walze dauerhaft verbleibend auf das Substrat abgeformt. Dieser Bereich stellt somit das Prozessfenster für einen erfolgreichen Abformvorgang dar.

[0111] Der Elastiktemperaturbereich T_{elast} ist bei niedrigeren Temperaturen angesiedelt. Hier erfolgt zwar bei einer Kontaktierung zwischen Prägewalze und Substrat, die unter Druck erfolgt, zumindest bei Temperaturen nahe T_{plast} eine elastische Verformung des Substrats, aber sobald Prägewalze und Substrat wieder getrennt werden, nimmt das Substrat elastisch federnd bzw. gedämpft zurückschwingend seine ursprüngliche meist glatte Oberflächenform wieder an.

[0112] Im Fließtemperaturbereich $T_{\text{fließ}}$ erfolgt bei der Kontaktierung von Prägewalze und Substrat unter Druck zunächst eine Verformung. Werden jedoch Prägewalze und Substrat wieder getrennt, so wird

aufgrund der hohen Temperatur des Substrats das Substratmaterial zu fließen beginnen. Dadurch werden eingebrachte Oberflächenrauigkeiten geglättet, wozu auch die übertragenen Strukturierungen gehören. Sowohl im Fließtemperaturbereich als auch im Elastiktemperaturbereich verbleiben die eingebrachten Strukturierungen im Substrat nicht dauerhaft.

[0113] In **Fig. 2b** weist die Oberfläche der Prägewalze im Bereich I eine Temperatur innerhalb des Elastiktemperaturbereichs T_{elast} auf. Im Bereich II liegt die Temperatur innerhalb des Plastiktemperaturbereichs T_{plast} und der Bereich III befindet sich wiederum innerhalb des Elastiktemperaturbereichs. Bei einer Abformung der strukturierten Oberfläche der Prägewalze auf ein Substrat werden in den Bereichen I und III die Strukturen abgeformt, aber das Substrat nimmt elastisch federnd wieder seine ursprüngliche Form ein. Im Bereich II wird durch den Abformvorgang eine dauerhafte Oberflächenstrukturierung in das Substrat eingebracht. So entsteht bei einem derartigen Temperaturprofil ein Substrat **43** mit Positivbild, in dem in den Bereichen I und III keine Oberflächenstrukturierungen dauerhaft verbleibend eingeprägt werden und im Bereich II die Oberflächenstrukturierungen dauerhaft verbleibend eingeprägt sind. Das Substrat **43** entspricht dem Substrat **43** in **Fig. 2a** in vergrößerter Darstellung.

[0114] In **Fig. 3a** ist der gleiche Ausschnitt wie in **Fig. 2a** bei einer anderen Ausführung des Verfahrens dargestellt. In **Fig. 3a** wird die die Diffraktionsprägestruktur **46** tragende Oberfläche der Replizierwalze **41** durch eine innere, steuerbare Wärmequelle auf eine Temperatur gebracht, die innerhalb des Plastiktemperaturbereichs des Substrats **43** liegt.

[0115] Durch den Energieeintrag durch die Laserstrahlung **30** wird in den Bereichen **70** zusätzliche Energie eingebracht, so dass diese eine höhere Temperatur aufweisen. Wenn die zusätzliche Energie so bemessen ist, dass durch die Erwärmung die Bereiche **70** eine Temperatur erreichen, die außerhalb und zwar oberhalb des Plastiktemperaturbereichs liegt, so werden nur die Bereiche der Replizieroberfläche mit Diffraktionsprägestruktur **46** übertragen, die nicht zusätzlich mit Strahlung belichtet worden sind.

[0116] Diese andere Prozessführung ist in **Fig. 3b** nochmals schematisch gezeigt. Hier befindet sich das Temperaturprofil T der Walze in den Bereichen I und III im Plastiktemperaturbereich T_{plast} , wohingegen im Bereich II die Temperatur innerhalb des Fließtemperaturbereichs $T_{\text{fließ}}$ liegt. Bei einem Abformvorgang wird mit einer derartigen Prozessführung ein Substrat **43** mit Negativbild erzeugt, das in den Bereichen I und III eine Oberflächenstrukturierung aufweist, wohingegen im Bereich II das Oberflächenprofil quasi wieder ausgeheilt ist. Bei dem Substrat **43** handelt es sich um das Substrat **43** in **Fig. 3a** in vergrößerter Darstellung.

[0117] Durch das Verfahren nach **Fig. 2a** können Positivbilder, durch das Verfahren nach **Fig. 3a** können Negativbilder auf einem Substrat erzeugt wer-

den.

[0118] Die **Fig. 4** ist eine schematische Ausschnittsdarstellung eines Querschnitts einer Repliziervorrichtung **35** wie z.B. der Replizierwalze **41** in **Fig. 1a**. Die Repliziervorrichtung **35** ist an ihrer Replizieroberfläche mit Oberflächenstrukturierungen **36** versehen. Durch die Isothermen **32** ist die Wärmeverteilung in der Repliziervorrichtung im Bereich der Oberflächenstrukturierung **36** veranschaulicht. Zur Vereinfachung sind nur drei Isothermen gezeigt, die Bereiche mit verschiedenen Temperaturen T_1 , T_2 und T_3 voneinander abgrenzen. Weiterhin ist ein Laserstrahl **30** gezeigt, der auf die Replizieroberfläche mit der Oberflächenstrukturierung **36** gerichtet ist und auf diese auftrifft sowie eine schematische Kennzeichnung des Absorptionsvolumens **31**. Mit der **Fig. 4** wird eine Ausführung des Verfahrens zur Erzeugung von Bereichen mit unterschiedlichen Temperaturen ausführlich vorgestellt. Die Repliziervorrichtung **35** wird in einem ersten Verfahrensschritt in der Nähe der Replizieroberfläche mit der Oberflächenstrukturierung **36** durch eine steuerbare Wärmequelle in den hier gezeigten Bereichen I, II und III auf eine erste Temperatur T_1 eingestellt. Im nächsten Verfahrensschritt, der sich aber auch zeitlich mit dem ersten Verfahrensschritt überlappen kann, wird die Repliziervorrichtung **35** im Bereich II mit dem Laserstrahl **30** belichtet. Hierbei wird der Laserstrahl **30** an der Replizieroberfläche mit der Oberflächenstrukturierung **36** in einem Absorptionsvolumen **31** absorbiert. Der Energieeintrag in dem Absorptionsvolumen **31** bewirkt, dass sich die Temperatur des Absorptionsvolumens ausgehend von der Temperatur T_1 weiter bis auf eine Temperatur T_3 erhöht. Durch Wärmeleitung verschiebt sich der Temperaturbereich T_1 weiter in die Repliziervorrichtung hinein und es ergibt sich eine Wärmeverteilung wie in **Fig. 4** dargestellt. Abhängig von der Anfangstemperatur T_1 und dem Energieeintrag sowie der Position und der Ausdehnung des Laserstrahls **30** kann ein Temperaturprofil gemäß **Fig. 2b** für ein Positivbild oder ein Temperaturprofil gemäß **Fig. 3b** für ein Negativbild auf der Replizieroberfläche erzeugt werden.

[0119] In **Fig. 5a, b** ist das Prinzip dargestellt wie durch verschiedene Ausführungen des Verfahrens ein individualisiertes Sicherheitsmerkmal erzeugt werden kann. Links ist jeweils in der Draufsicht ein Teilbereich einer Replizieroberfläche wie z.B. aus der Replizierwalze **41** aus **Fig. 1a** mit einer strukturierten Oberfläche **2** gezeigt. Rechts ist in Draufsicht ein Ausschnitt **4** aus einem Substrat nach dem Abformvorgang wie z.B. aus dem Substrat **43** in **Fig. 1a** dargestellt.

[0120] In **Fig. 5a** weist die k-förmige Teilfläche **3** der Oberfläche **2** eine Temperatur T auf, die innerhalb des Plastiktemperaturbereichs T_{plast} des Substrats liegt. Außerhalb dieses Bereichs weist die Oberfläche **2** eine Temperatur auf, die außerhalb des Plastiktemperaturbereichs T_{plast} liegt. Bei einem Abformvorgang mit dieser Temperaturverteilung entsteht auf ei-

nem Substrat **43** ein Positivbild **5**, dessen spiegelbildliche k-förmige Fläche mit dem Abdruck der Oberflächenstrukturierungen der strukturierten Oberfläche **2** gefüllt ist.

[0121] In **Fig. 5b** hat die k-förmige Fläche eine Temperatur T außerhalb und die Restbereiche der Oberfläche **2** eine Temperatur T innerhalb des Plastiktemperaturbereichs T_{plast} . Der bei einem Abformvorgang aus dieser Temperaturverteilung resultierende dauerhafte Abdruck auf das Substrat **43** ist ein Negativbild **6**, wobei die Bereiche, die komplementär zu der spiegelbildlichen k-förmigen Fläche sind, mit dem Abdruck der Oberflächenstrukturierungen der strukturierten Oberfläche **2** gefüllt sind.

[0122] In **Fig. 6** ist ein anderer Ausschnitt der Replizieroberfläche der Replizierwalze **41** in **Fig. 1a** mit einer Diffraktionsprägestruktur **46** gezeigt, die in verschiedene Teilbereiche unterteilt ist. Diese Teilbereiche sind aus einer begrenzten Anzahl von Diffraktionsmustern gebildet worden, die sich hinsichtlich der Spatalfrequenz, des Gitterabstandes, der Krümmung des Gitters, der Symmetrie des Gitters bzw. anderen Parametern unterscheiden. In der Darstellung sind stellvertretend für die vielen Möglichkeiten Teilbereiche mit drei verschiedenen Diffraktionsmustern gezeigt, nämlich **80**, **81** und **82**. Jeder Teilbereich **80**, **81**, **82** weist jeweils nur ein Diffraktionsmuster auf. Diese unterschiedlichen Teilbereiche **80**, **81**, **82** sind regelmäßig alternierend angeordnet. Vorzugsweise sind die Teilbereiche **80**, **81**, **82** als abgegrenzte Flächenfelder mit quadratischer Kontur z.B. mit Seitenlängen kleiner gleich 0,3 mm ausgebildet. Durch das vorgestellte Verfahren ist es nun möglich durch Belichtung mit Strahlung, insbesondere Laserstrahlung, Teilbereiche **80**, **81**, **82** für die Übertragung von der Replizierwalze auf das Substrat zu aktivieren oder zu deaktivieren, um bei einem Repliziervorgang ein Positiv- oder ein Negativbild zu erzeugen. Ein derartig erzeugtes Bild **85** weist Teilbereichsabformungen **80a**, **81a**, **82a** der Teilbereiche **80**, **81**, **82** auf.

[0123] Bei diesem Ausführungsbeispiel wurden die Teilbereiche **80**, **81**, **82** der Diffraktionsprägestruktur **46** durch die Wärmeverteilung in der Repliziervorrichtung derart selektiert, dass in dem Bild **85** Bildbereiche **86**, **87**, **88** entstehen, die jeweils nur eine Art von Diffraktionsmustern aufweisen, d.h. jeweils nur aus einer Art von Teilbereichsabformungen **80a**, **81a**, **82a** gebildet werden. Bei der Betrachtung des Bildes **85** erscheinen diese aus einzelnen separaten Teilbereichsabformungen bestehenden Bildbereiche **86**, **87**, **88** als vollflächige, homogene Bildbereiche wie sie von konventionell erzeugten Bildern bekannt sind, mit dem Unterschied, dass die Bildbereiche **86**, **87**, **88** besondere optische Eigenschaften aufweisen.

[0124] Bei dem Ausführungsbeispiel in **Fig. 7** ist der Aufbau der Vorrichtung ähnlich wie bei der Vorrichtung in **Fig. 2a**. Die Belichtung der Replizierwalze **41** mit dem Laserstrahl **30** erfolgt in **Fig. 7** durch die Belichtung von Bestrahlungsbereichen **71** auf einer zweiten Fläche **60**, die konzentrisch zu der die Diffrak-

tionsprägestruktur **46** tragenden Walzenoberfläche innenliegend angeordnet ist. Der Laserstrahl wird in den Bestrahlungsbereichen **71** vollständig oder teilweise absorbiert und es findet ein Wärmeeintrag in die Repliziervorrichtung statt. Die Erwärmung der Bereiche **70** auf der Replizieroberfläche erfolgt durch Wärmeleitung ausgehend von den innenseitigen Bestrahlungsbereichen **71**. Die Form der mit dem Laserstrahl **30** belichteten Bestrahlungsbereiche **71** kann durch Maskenprojektionsverfahren oder schreibende Verfahren analog zu der Ausführung in **Fig. 2a** erzeugt werden. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann der zeitliche Abstand zwischen Bestrahlung und Abformung sehr gering ausgebildet sein, da der Drehwinkelversatz zwischen Bestrahlungsfläche **71** und Kontaktbereich von Substrat und Replizierwalze **41** sehr gering sein kann. Bei besonderen Ausführungsformen kann die gesamte Laserquelle in der Replizierwalze integriert sein, insbesondere bei Verwendung von Diodenlasern. Eine Zuführung über einen oder mehrere Lichtwellenleiter ist ebenso möglich wie eine offene, vorzugsweise koaxial zur Replizierwalze **41** verlaufende, Strahlführung.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung einer Markierung (**45**), z.B. Ziffern, Buchstaben, Flächenmuster, Flächenbilder oder Dekor, auf einem Substrat (**43**), vorzugsweise einer Folie, insbesondere Transferfolie, mit einer Repliziervorrichtung (**41**), die eine Replizieroberfläche aufweist, und mit einer Strahlung erzeugenden Einrichtung, vorzugsweise einer Laseranlage (**30**), die mit der Repliziervorrichtung (**41**) zusammenwirkt, indem die Strahlung zur Ausbildung von mindestens einem Abformbereich auf mindestens einen Bestrahlungsbereich (**44**) der Repliziervorrichtung gerichtet ist, und mit einer Gegendruckvorrichtung (**42**), wobei ein Substrat (**43**) zwischen Repliziervorrichtung (**41**) und Gegendruckvorrichtung (**42**) angeordnet ist, um in einem Kontaktbereich zwischen der Repliziervorrichtung (**41**) und dem Substrat (**43**) den Abformbereich auf das Substrat (**43**) abzuformen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuführung der Strahlung zur Ausbildung der Abformbereiche außerhalb des Substrats (**43**) verläuft.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Poynting'sche Vektor der Strahlung beim Auftreffen auf die Repliziervorrichtung (**41**) nicht auf den Kontaktbereich zeigt und/oder dass der Poynting'sche Vektor der Strahlung beim Auftreffen auf die Repliziervorrichtung (**41**) auf den Kontaktbereich zeigt, aber die Strahlung nicht das Substrat (**43**) im Kontaktbereich erreicht.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder

2, dadurch gekennzeichnet, dass eine vorzugsweise separat von der Strahlung erzeugenden Einrichtung ausgebildete zusätzliche Energiequelle vorgesehen ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zusätzliche Energiequelle derart ausgebildet ist, dass die Temperatur der Repliziervorrichtung (**41**) zumindest in Teilbereichen der Replizieroberfläche mittels der zusätzlichen Energiequelle einstellbar ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zusätzliche Energiequelle durch eine Heiz-Lasereinrichtung und/oder eine induktive Heizeinrichtung und/oder eine Widerstandsheizeinrichtung und/oder eine Wärmestrahlen erzeugende Einrichtung gebildet ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Repliziervorrichtung (**41**) ein Prägestempel oder ein Prägezylinder, insbesondere eine rotierende Walze, ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die rotierende Walze eine Länge zwischen 500 mm und 2500 mm und/oder einen Umfang zwischen 500 mm und 1500 mm aufweist.

8. Vorrichtung nach einem der bisherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine die Bestrahlungsbereiche steuernde Steuerungseinrichtung, insbesondere eine frei programmierbare Steuerungseinrichtung, vorgesehen ist, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, dass die Steuerungseinrichtung zur Ansteuerung der die Strahlung erzeugenden Einrichtung ausgebildet ist.

9. Vorrichtung nach einem der bisherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kühlvorrichtung zur Kühlung der Replizieroberfläche, insbesondere von Teilbereichen der Replizieroberfläche, vorgesehen ist, die vorzugsweise als Gebläse, Gasstromkühlung oder Kühlwalze ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die zusätzliche Energiequelle innerhalb der Repliziervorrichtung angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlung auf die Replizieroberfläche der Repliziervorrichtung (**41**) gerichtet ist, so dass sie auf die Replizieroberfläche trifft.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlung parallel zum Substrat (**43**) und/oder senkrecht zu dem Bestrahlungsbereich der Repliziervorrichtung

(41) angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Repliziervorrichtung (41) eine zur Replizieroberfläche parallele und/oder konzentrische innenseitige Fläche (60) aufweist und die Strahlung auf die innenseitige Fläche (60) gerichtet ist, so dass die Strahlung auf die innenseitige Fläche (60) trifft.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der innenseitigen Fläche (60) und der Replizieroberfläche eine Metallfolie, insbesondere eine Folie aus Nickel oder einer Nickelverbindung, und/oder eine Absorptionsschicht und/oder eine wärmeleitende Schicht und/oder eine transparente Schicht, insbesondere eine Platte oder ein Zylinder, die für die Wellenlänge der Strahlung transparent sind, angeordnet ist bzw. sind.

15. Verfahren zur Erzeugung einer Markierung (45) auf einem Substrat (43), vorzugsweise einer Folie, insbesondere Transferfolie, wobei Energie in Form von Strahlung, vorzugsweise Laserstrahlung, von einer Strahlung erzeugenden Einrichtung zur Ausbildung von mindestens einem Abformbereich auf einer Replizieroberfläche einer Repliziervorrichtung verwendet wird und wobei der Abformbereich der Replizieroberfläche auf das Substrat (43) abgeformt wird, indem die Repliziervorrichtung (41) das Substrat (43) unter Druck kontaktiert, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlung zur Ausbildung der Abformbereiche außerhalb des Substrats (43) zugeführt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Repliziervorrichtung (41) zumindest in Teilbereichen der Replizieroberfläche unter Verwendung einer vorzugsweise separat zur Strahlung erzeugenden Einrichtung ausgebildeten zusätzlichen Energiequelle, temperiert wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Wärmekombinationsbereich auf der Replizieroberfläche durch einen Energieeintrag von der zusätzlichen Energiequelle und einen Energieeintrag von der Strahlung erzeugenden Einrichtung gebildet wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Abformbereich abgeformt wird, der dem Wärmekombinationsbereich entspricht oder der komplementär zu dem Wärmekombinationsbereich ist.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die während des Abformvorgangs herrschende Temperatur der Replizieroberfläche in mindestens einem Bereich außerhalb des Wärmekombinationsbereichs durch das

Temperieren auf einen Plastiktemperaturbereich eingestellt wird und dass die während des Abformvorgangs herrschende Temperatur der Replizieroberfläche in mindestens einem Bereich innerhalb der Wärmekombinationsbereiche durch die zusätzlich mit der Strahlung eingebrachte Energie auf einen Fließtemperaturbereich eingestellt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die während des Abformvorgangs herrschende Temperatur der Replizieroberfläche in mindestens einem Bereich außerhalb des Wärmekombinationsbereichs durch das Temperieren auf einen Elastiktemperaturbereich eingestellt wird und dass die während des Abformvorgangs herrschende Temperatur der Replizieroberfläche im Bereich innerhalb des Wärmekombinationsbereichs durch die zusätzlich mit der Strahlung eingebrachte Energie auf einen Plastiktemperaturbereich eingestellt wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass als Plastiktemperaturbereich ein Bereich innerhalb von $\pm 2\%$ einer substratspezifischen Plastiktemperatur verwendet wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass als Plastiktemperaturbereich der Bereich von $180^{\circ}\text{C} \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ verwendet wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Replizieroberfläche vor dem Energieeintrag von der Strahlung erzeugenden Einrichtung vollständig oder in Teilflächen homogen temperiert wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Replizieroberfläche auf mindestens 100°C , vorzugsweise mindestens 170°C temperiert wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperierung der Replizieroberfläche durch elektrisches Heizen und/oder durch Vorwärmstrahlung, insbesondere eines vorwärmenden Laserstrahls, erfolgt.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Replizieroberfläche nach dem Abformvorgang und/oder vor einem folgenden Energieeintrag von der Strahlung erzeugenden Einrichtung vollständig oder in Teilbereichen gekühlt wird.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlung auf die Replizieroberfläche der Repliziervorrichtung gerichtet wird und/oder dass die Strahlung auf eine der

Replizieroberfläche abgewandten Oberfläche eingebracht wird.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlung in die Repliziervorrichtung eingebracht wird, bevor und/oder während der daraus resultierende Wärmekombinationsbereich mit dem Substrat kontaktiert.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass als Repliziervorrichtung eine Replizierwalze eingesetzt wird und dass die Einbringung der Strahlung in die Replizierwalze an einer ersten Winkelposition der Replizierwalze und der Kontakt der Replizierwalze mit dem Substrat an einer zweiten Winkelposition der Replizierwalze erfolgt, wobei in Drehrichtung der Replizierwalze zwischen erster Winkelposition und zweiter Winkelposition ein Zwischenwinkel von ungleich 0° , vorzugsweise kleiner als 180° , insbesondere kleiner als 90° eingestellt ist.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlung flächig und/oder punktförmig sequentiell auf die Repliziervorrichtung einwirkt.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Position des Auftreffpunkts der Strahlung auf der Replizieroberfläche durch ein- oder mehrdimensionale Bewegung der Strahlung steuerbar ist und/oder dass die Flächenleistungsdichte der Strahlung im Auftreffpunkt der Strahlung auf der Replizieroberfläche steuerbar ist.

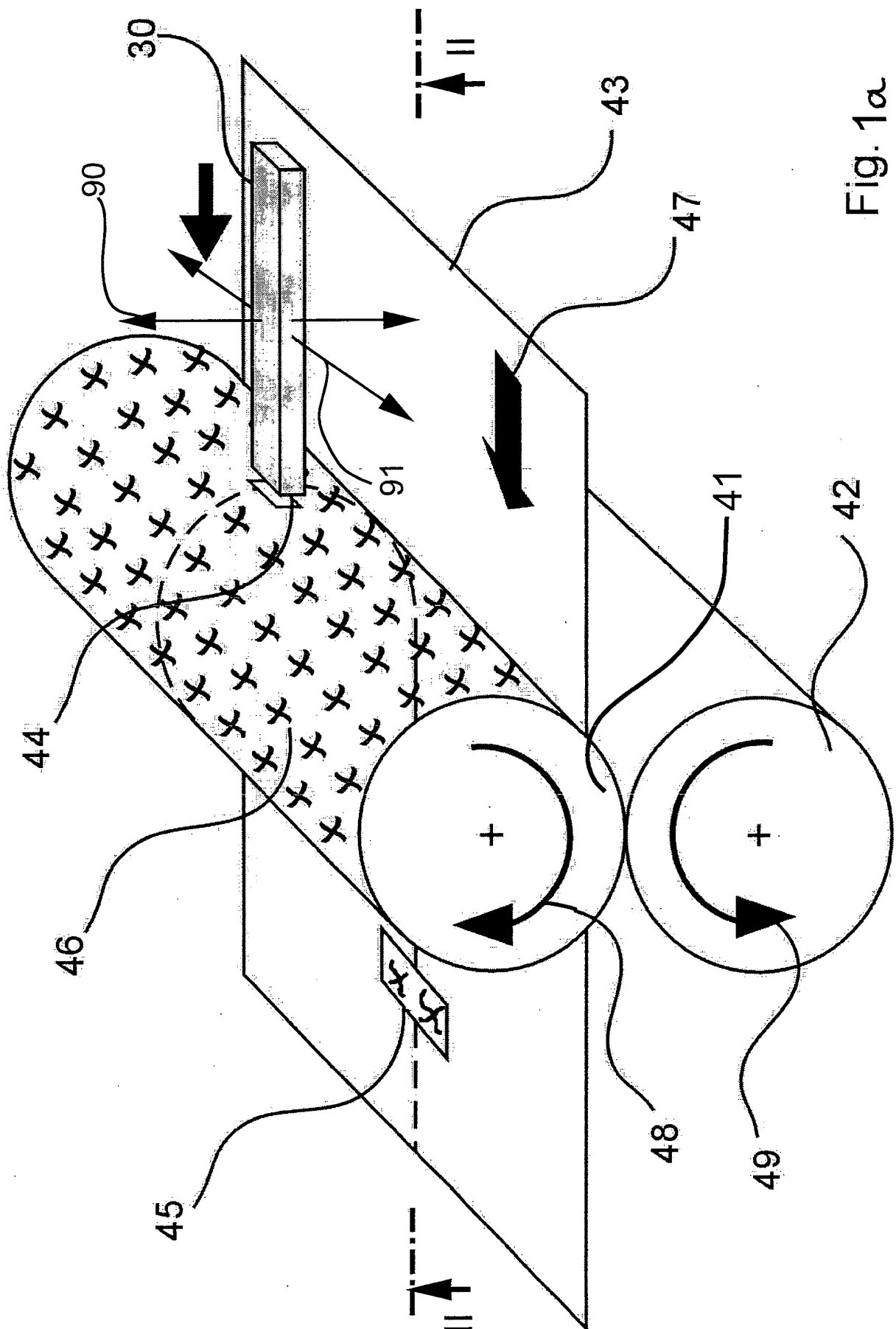
32. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlung erzeugende Einrichtung mehrere, vorzugsweise voneinander beabstandete Laserquellen aufweist, die insbesondere als ein Diodenlaserarray ausgebildet sind und insbesondere einzeln ansteuerbar sind.

33. Verfahren nach Anspruch 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuersequenz zur Ansteuerung der Strahlung erzeugenden Einrichtung sich über mehr als einen Arbeitszyklus der Repliziervorrichtung z.B. einer Umdrehung der Replizierwalze oder einem Hub des Prägestempels erstreckt.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag von der Strahlung erzeugenden Einrichtung in dem Wärmekombinationsbereich durch direkte Absorption und/oder Wärmeleitung eingebracht wird.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 14 verwendet wird.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen



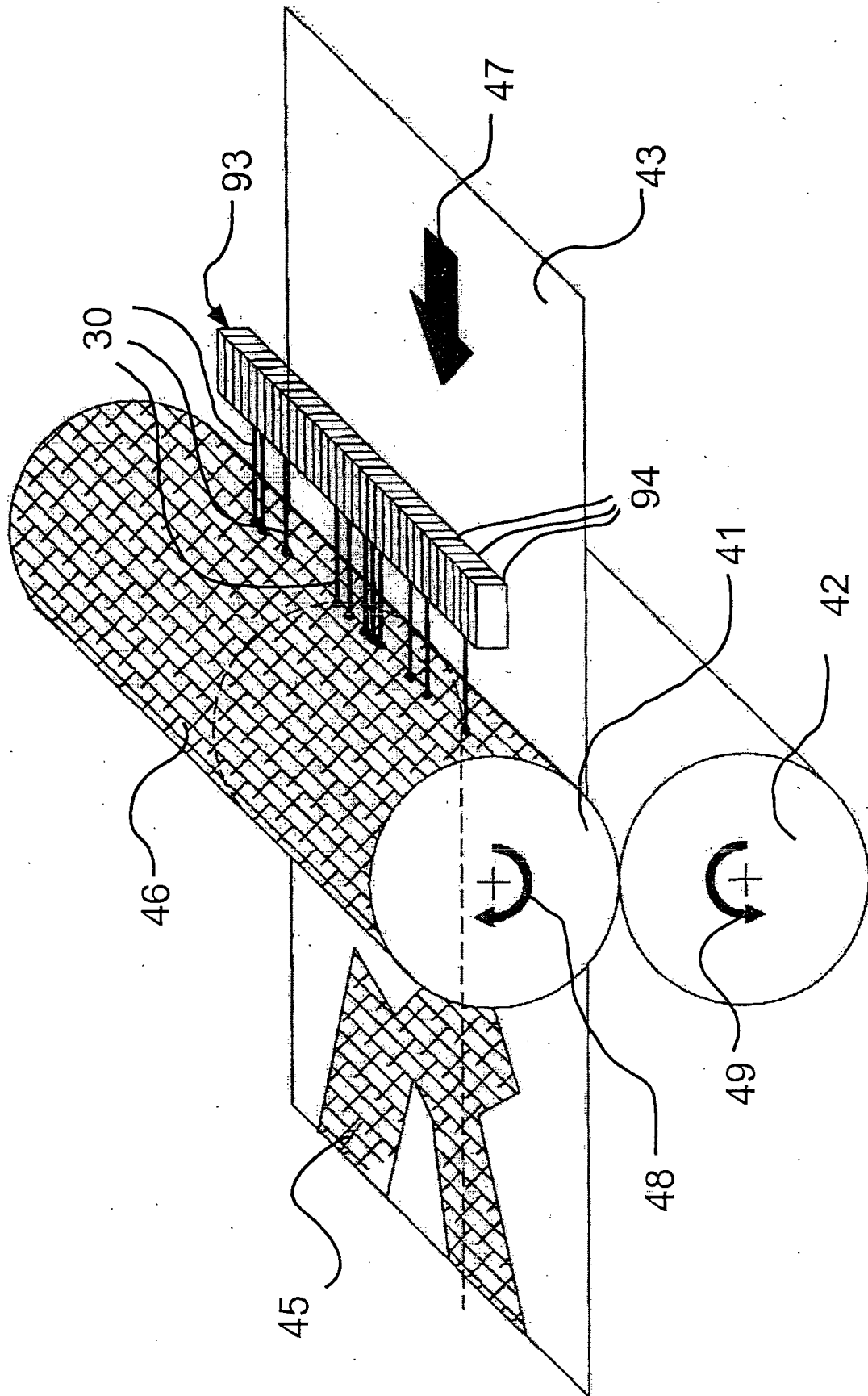


Fig. 1b

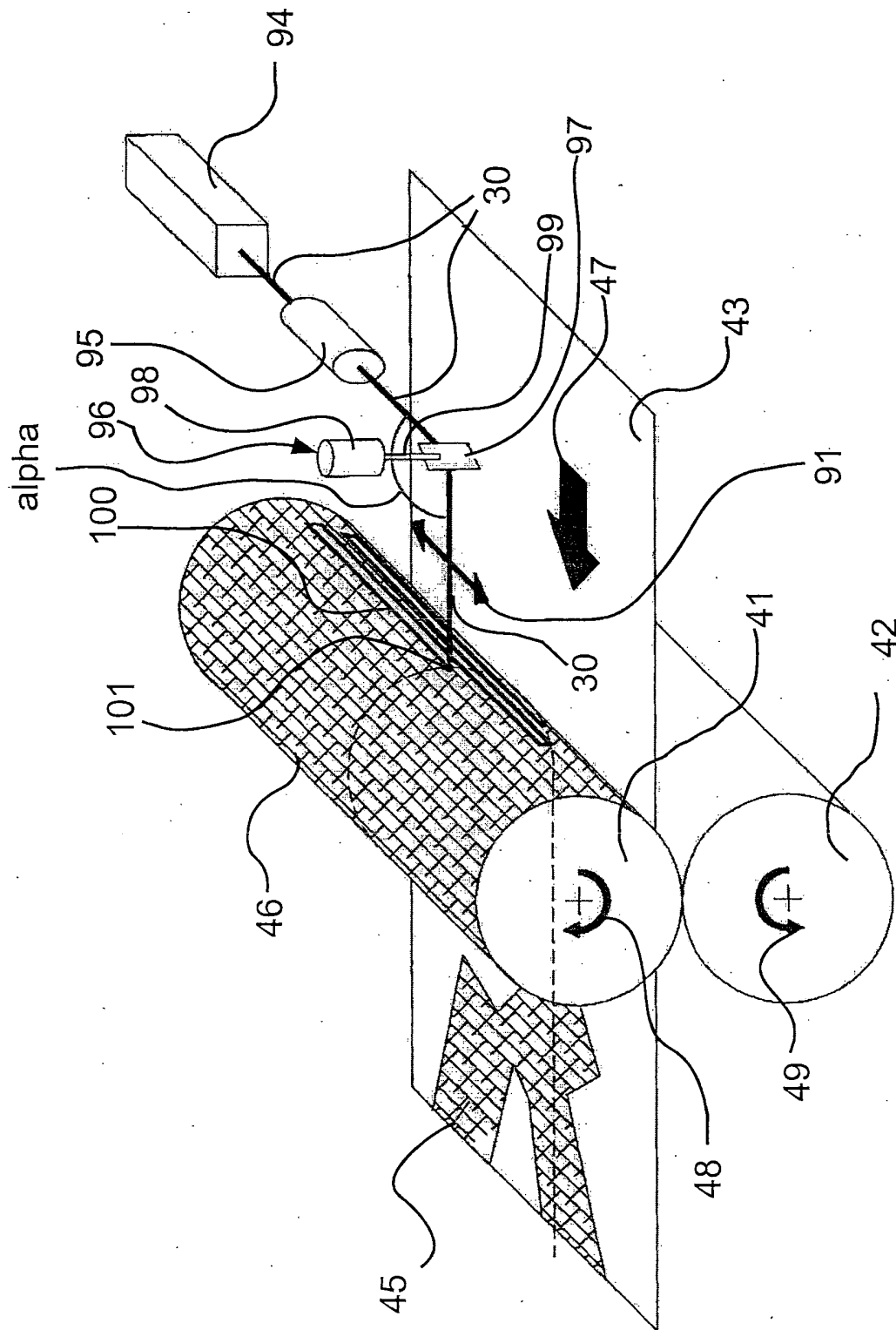


Fig. 2a

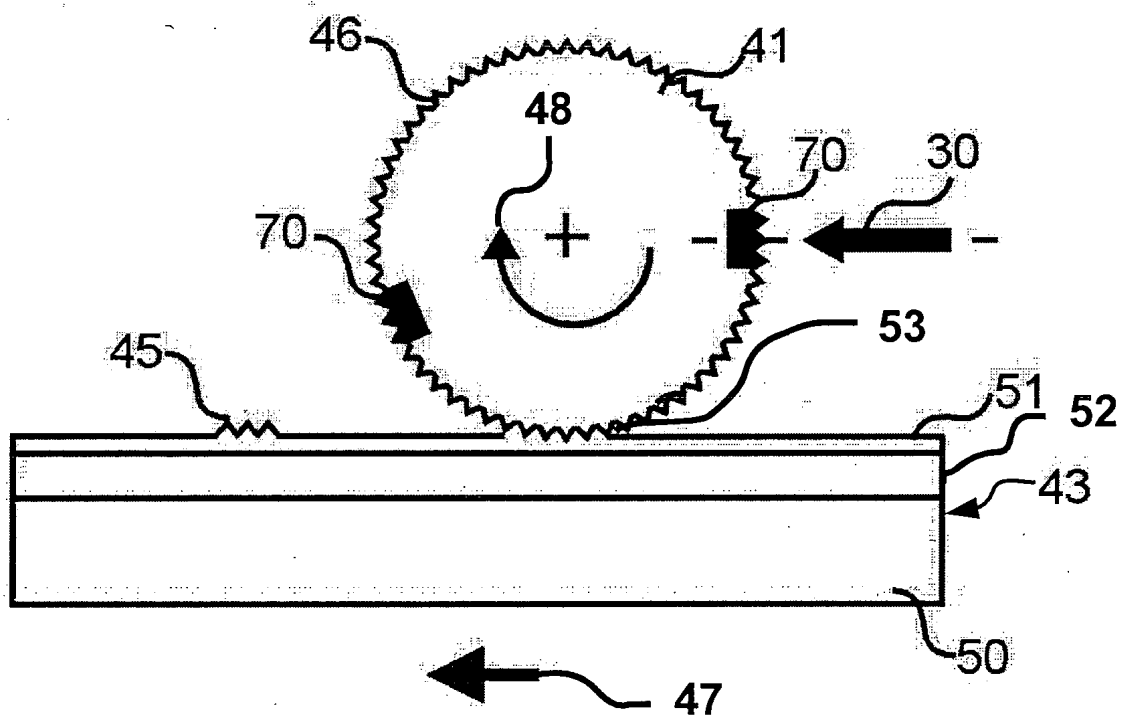


Fig. 2b

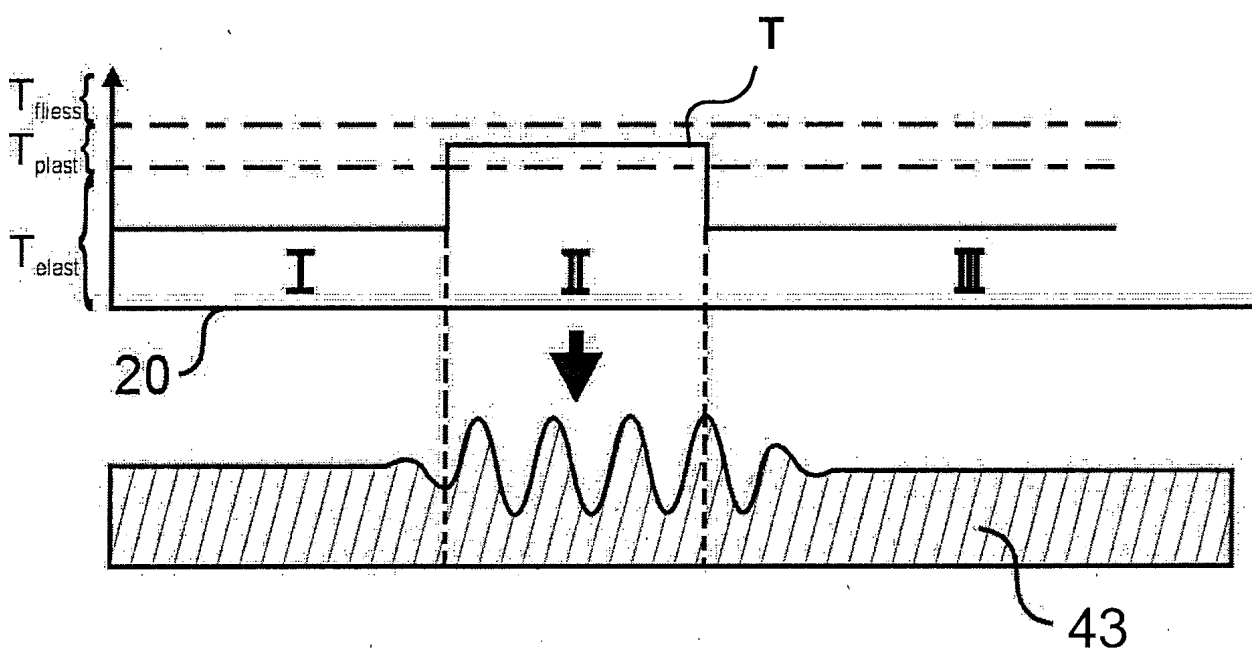


Fig. 3a

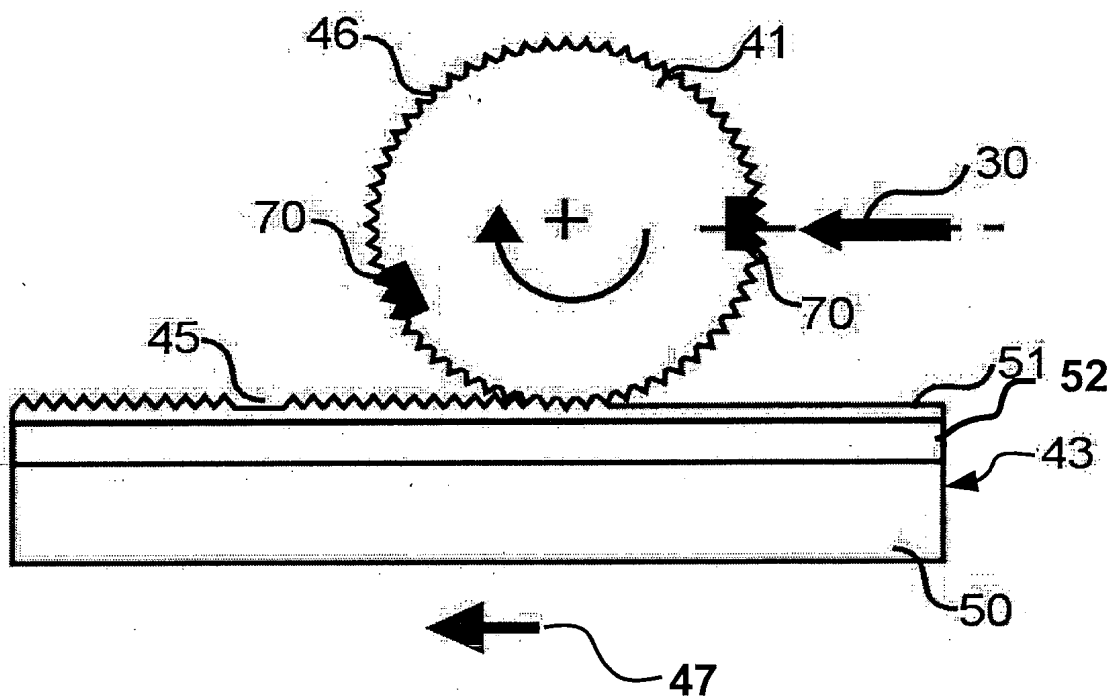


Fig. 3b

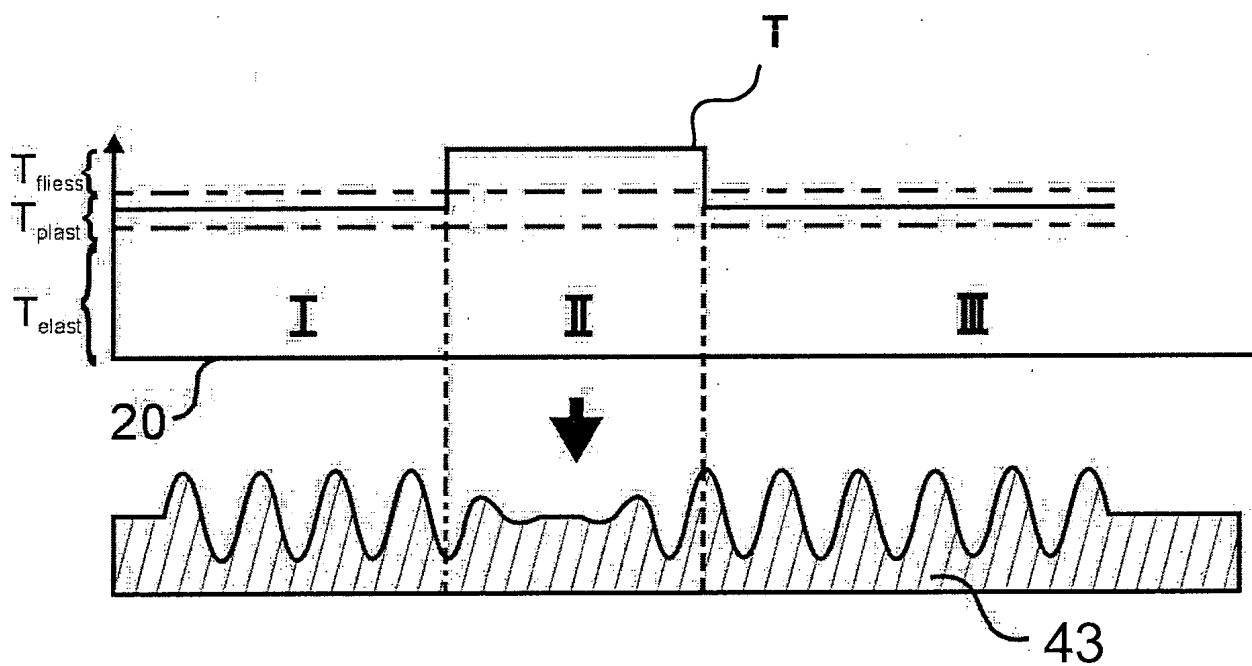


Fig. 4

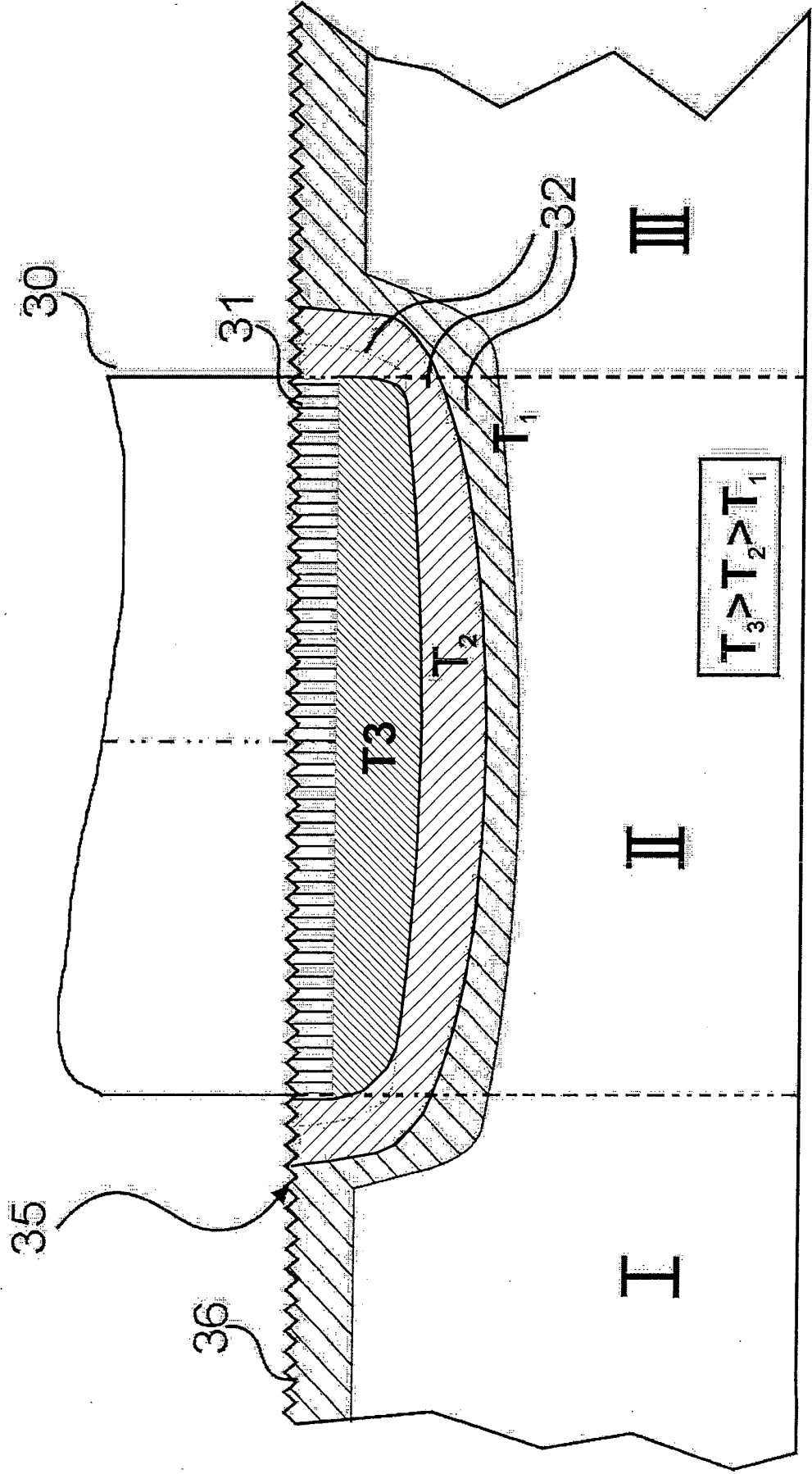


Fig. 5a

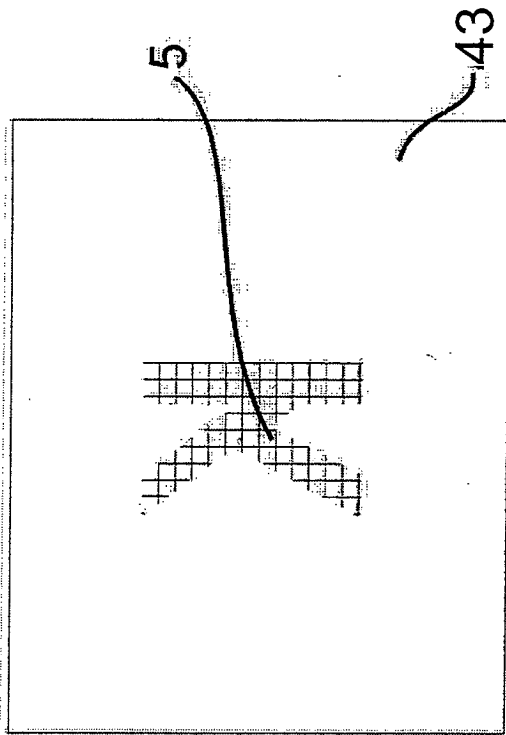
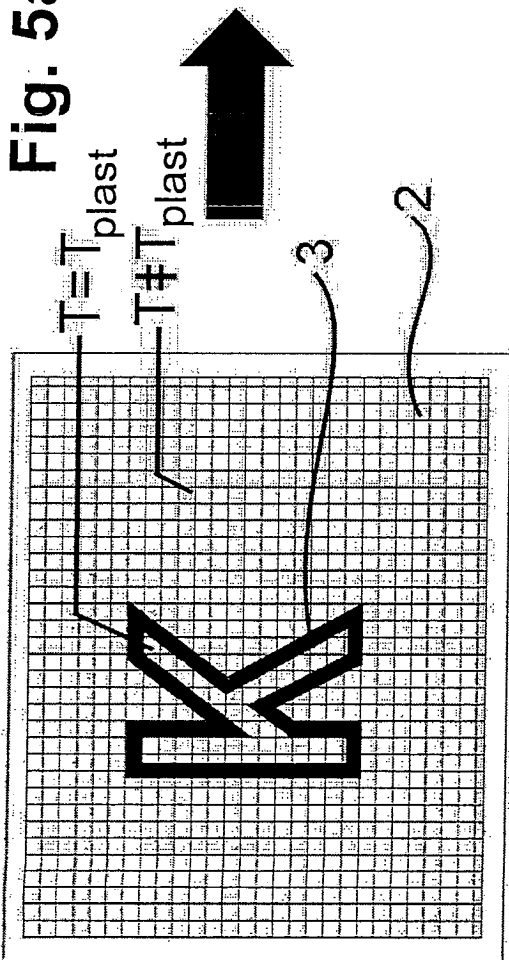


Fig. 5b

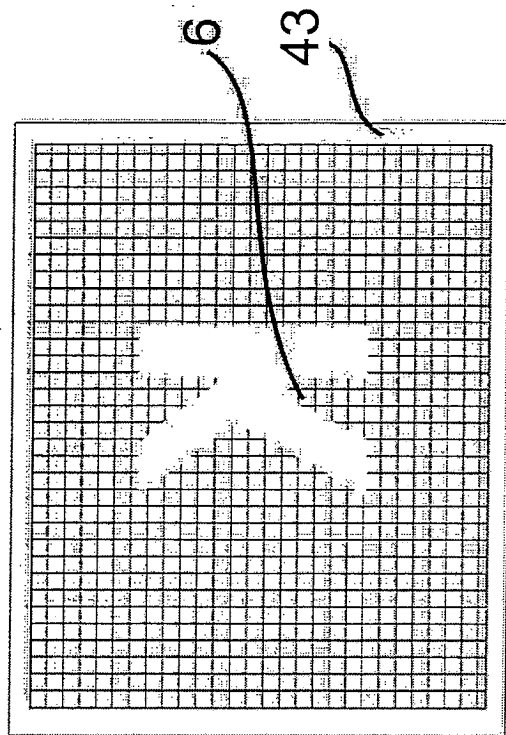
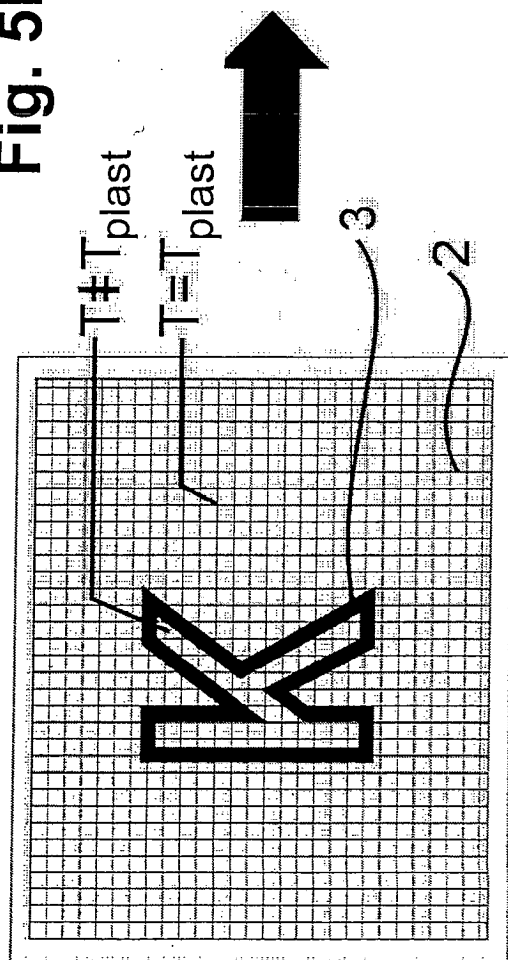


Fig. 6

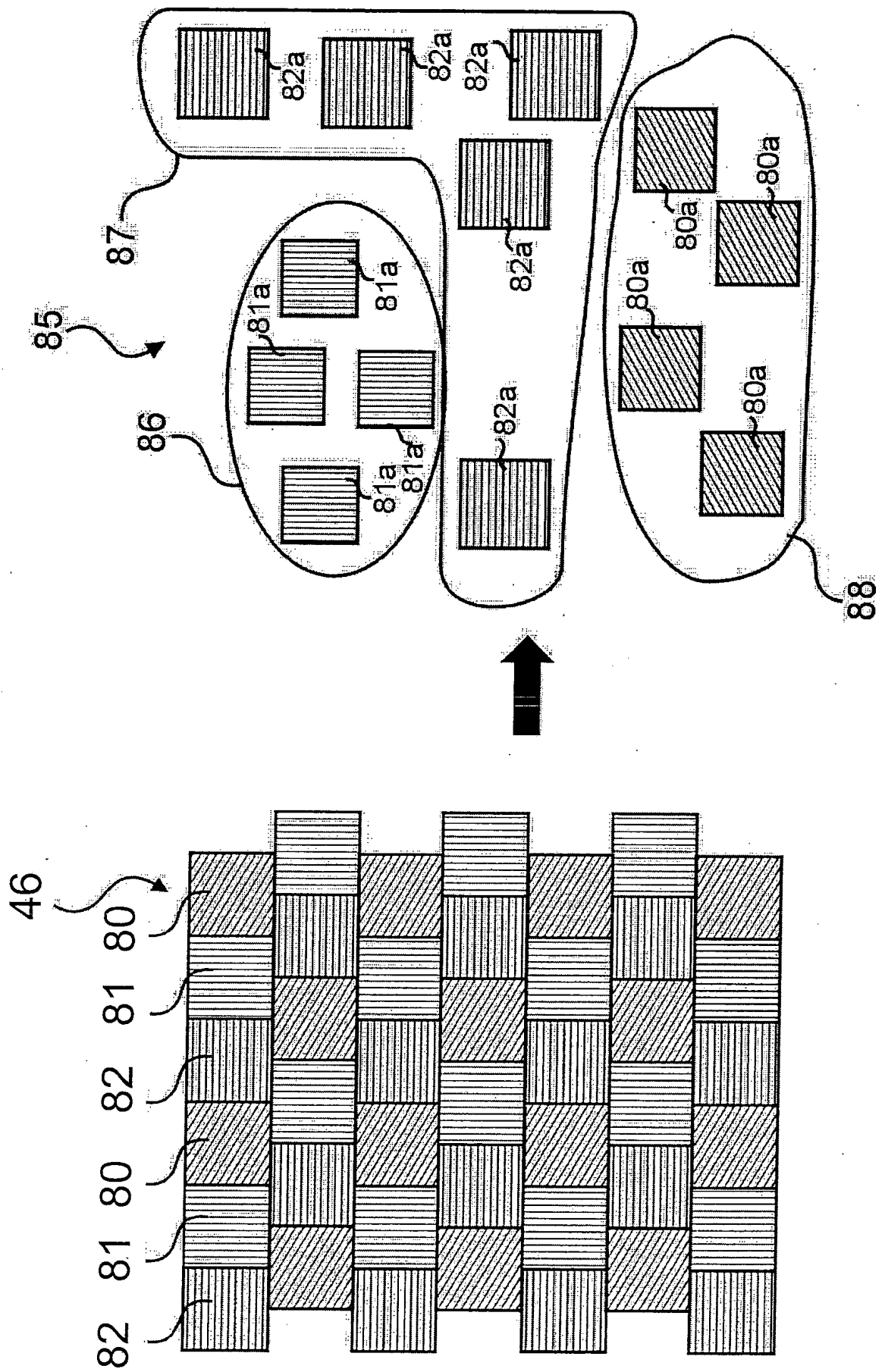


Fig. 7

