(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 811 073 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.07.2007 Patentblatt 2007/30

(51) Int Cl.:
D05B 19/12 *(2006.01)* ***D05B 59/02*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **06405469.5**

(22) Anmeldetag: **06.11.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **18.01.2006 CH 1032006**

(71) Anmelder: **BERNINA International AG**
8266 Steckborn (CH)

(72) Erfinder: **Wentkowski, Michael**
8556 Wigoltingen (CH)

(74) Vertreter: **Gachnang, Hans Rudolf**
Gachnang AG
Badstrasse 5
Postfach 323
8501 Frauenfeld (CH)

(54) **Nähmaschine und Verfahren zum Erfassen von Bewegungen bei Nähmaschinen**

(57) Die Nähmaschine umfasst eine Erfassungsvorrichtung für Bewegungen von Objekten (13). Dabei wird ein kohärenter Lichtstrahl (11) ausgesandt, am Objekt (13) gestreut und mit sich selbst zur Interferenz gebracht. Bei Bewegungen des Objekts (13) resultiert aufgrund des Doppler-Effekts eine Frequenzverschiebung des Streulichts, welche in Gestalt von Intensitätsschwankungen erfasst und ausgewertet werden kann.

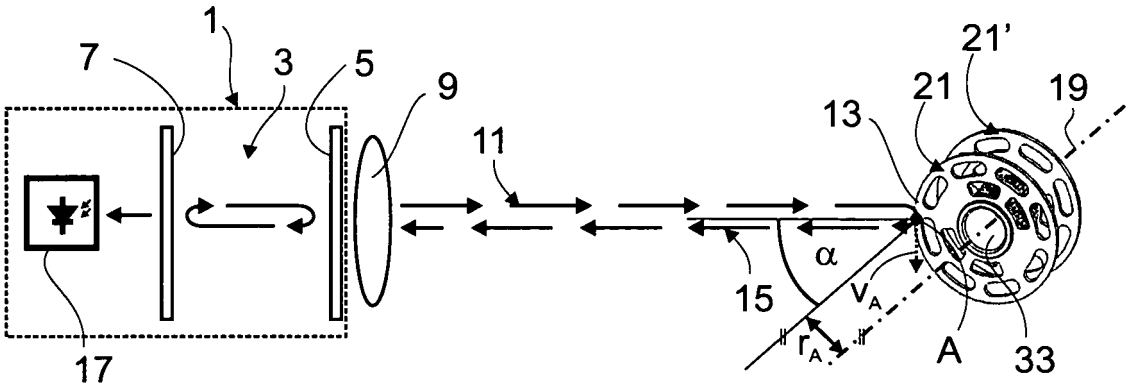

FIG. 1

EP 1 811 073 A2

Beschreibung

[0001] Gegenstand der Erfindung ist eine Nähmaschine und ein Verfahren zum Erfassen von Bewegungen bei einer Nähmaschine gemäss den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 8.

[0002] Nähmaschinen, Stickmaschinen, Quiltvorrichtungen und dergleichen umfassen oft Sensoren, mit denen sich z.B. Bewegungen des Nähguts oder des Stickrahmens erfassen lassen. Durch Weiterverarbeitung der Signale solcher Sensoren können z.B. Steuersignale generiert oder Anzeigen angesteuert werden.

Aus der EP1321556 ist ein Verfahren zum Regeln des Stofftransportes bei einer Näh- oder Stickmaschine bekannt, bei welchem ein Sensor zum Erfassen von Vorschubweiten des Nähguts im Bereich der Stichplatte angeordnet ist. Der Sensor ist als CCD-Kamera ausgebildet und erfasst in schneller Folge Bilder der Oberfläche des Nähguts. Anhand der Positions- bzw. Lageänderung von Strukturmerkmalen der Nähgutoberfläche in aufeinander folgenden Bildern berechnet eine Steuerung die Position und Lage des Nähguts bzw. Informationen über dessen Bewegung. Werden Abweichungen der erfassten Messgrössen von vorgegebenen Sollgrössen festgestellt, wird die Transportvorrichtung für das Nähgut in der Weise beeinflusst, dass solche Abweichungen minimal sind.

Aus der W02005056903 ist eine Vorrichtung zum Steuern bzw. Regeln der Nadelbewegung bei einer Nähmaschine bekannt. Sie umfasst eine Erfassungsvorrichtung mit einem Bildsensor, der mit hoher Abtastrate einen Ausschnitt der Nähgutoberfläche von oben her erfasst. Beim Quilten wird das Nähgut manuell verschoben. Die Erfassungsvorrichtung erfasst in schneller Folge von etwa 1500 Bildern pro Sekunde einen im Bereich des Sensors und der Nähnadel gelegenen Ausschnitt der Nähgutoberfläche. Anhand dieser Informationen werden die Bewegungen des Nähguts ermittelt und der Nadelantrieb in der Weise gesteuert, dass aufeinander folgende Nähstiche in gleichmässigen Abständen gebildet werden.

Trotz hoher Abtastrate können bei derartigen Systemen z.B. bei hohen Beschleunigungen Fehler auftreten. Dies ist insbesondere dann störend, wenn ein zyklisches Nähmuster gebildet werden soll, welches an ein- und derselben Stelle beginnt und endet. Im Weiteren haben solche Systeme die Eigenheit, dass ein zweidimensionaler Oberflächenabschnitt mit in der Regel geringer Schärfentiefe auf einen Bildsensor abgebildet wird. Objekte können somit nur dann zuverlässig erfasst werden, wenn sie genügend gross sind und innerhalb des jeweiligen Schärfentiefebereichs liegen.

[0003] Objektbewegungen können nur in einer Erfassungsebene, nicht jedoch vertikal dazu erfasst werden.

[0004] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, eine verbesserte Erfassungsvorrichtung und ein Verfahren zur Erfassung von Bewegungen bei Nähmaschinen zu schaffen, welche eine zuverlässige und schnelle Bewegungserfassung selbst von kleinen Teilen ermöglicht. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Erfassungsvorrichtung und das Verfahren so auszubilden, dass Objektbewegungen in einer Ebene und/oder vertikal zu dieser Ebene erfasst werden können.

[0005] Diese Aufgaben werden gelöst durch eine Nähmaschine und durch ein Verfahren gemäss den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 8. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Nähmaschine und des Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen umschrieben.

[0006] Das erfindungsgemässe Verfahren und die Näh-, Stick- oder Quiltmaschine mit der erfindungsgemässen Erfassungsvorrichtung basieren auf der Überlegung, dass die Berechnung von Objektgeschwindigkeiten oder von Positions- oder Lageänderungen von Objekten durch Auswerten zeitlich aufeinander folgender Einzelbilder insbesondere dann an die Grenzen der technischen Machbarkeit stossen, wenn die Objekte klein und/oder die Geschwindigkeiten oder die Beschleunigungen gross sind oder wenn die Objektbewegungen nicht innerhalb einer vorgegebenen Erfassungsebene erfolgen.

Beim erfindungsgemässen Verfahren und bei der erfindungsgemässen Nähmaschine werden Bewegungen direkt erfasst, d.h. ohne Umrechnung aus zeitlich nacheinander erfassten Abbildungen der Objektoberfläche. Dabei erzeugt ein Laser einen kohärenten Lichtstrahl, der mittels einer Optik bzw. mittels optischer Elemente in Richtung der zu erfassenden Objektoberfläche gelenkt wird. Ein Teil des an der Objektoberfläche gestreuten Lichts wird in Richtung des Lasers zurück reflektiert. Vorzugsweise ist die Optik so ausgebildet, dass am Objekt gestreutes Licht gesammelt und zum Laser zurück gestrahlt wird. Dort tritt zumindest ein Teil des gestreuten Lichts durch den teildurchlässigen Spiegel wieder in den Resonator ein, wo es mit dem im Resonator erzeugten Licht interferiert. Dadurch werden grundlegende Eigenschaften des Lasers und des vom Laser emittierten Lichts verändert. Dieses Phänomen wird auch als "self-mixing effect" bezeichnet. Alternativ kann auch ein anderer, vom Laser-Resonator unabhängiger Interferenz-Detektor verwendet werden, wobei beispielsweise vom Laser erzeugtes Licht mittels teildurchlässiger Spiegel ausgekoppelt und mit am Objekt gestreutem Licht ausserhalb des Resonators zur Interferenz gebracht wird.

Bewegt sich die Objektoberfläche relativ zum Laser, ändert sich aufgrund des Doppler-Effekts die Frequenz des gestreuten und in Richtung des Lasers reflektierten Lichts in Abhängigkeit der Geschwindigkeitskomponente in Richtung des Laserstrahls. Diese Frequenzänderung liegt für realistischerweise zu erfassende Objektbewegungen in der Grössenordnung von etwa einem Kiloherz bis einigen Megaherz und kann somit verzögerungsfrei mit herkömmlichen elektronischen Mitteln einfach ausgewertet werden. Eine Frequenzverschiebung ist selbst bei Objekten mit nahezu unstrukturierten glatten oder spiegelnden Oberflächen noch messbar. Es genügen somit kleinste Inhomogenitäten und Streulichtanteile, um eine messbare Frequenzänderung zu bewirken.

Parameter, welche aufgrund des Selbstkopplungseffektes des Lasers ändern können, sind z.B. die Leistungsaufnahme oder der Junction-Widerstand, die Intensität des abgestrahlten Laserlichts, die Frequenz und der Durchmesser des Laserstrahls oder die Schwellenverstärkung des Lasers. Diese Parameterwerte ändern sich mit einer Frequenz, welche der Frequenzdifferenz zwischen dem vom Laser erzeugten und dem in den Laser zurück gestreuten Laserlicht entspricht. Diese Frequenzdifferenz wiederum ist proportional zur Geschwindigkeitskomponente der Objektoberfläche in Richtung des Laser-Lichtstrahls. Es ist also möglich, durch Erfassung und Auswertung der Fluktuationen eines oder mehrerer dieser Parameterwerte die Geschwindigkeitskomponente der Objektoberfläche in der jeweiligen Richtung zu bestimmen.

[0007] Falls (bei Bewegungen der Objektoberfläche entlang einer vorgegebenen Bewegungsbahn oder bei eindimensionalen Objektbewegungen) die Beziehung zwischen der Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls und der Bewegungsrichtung der Objektoberfläche eindeutig und a priori bekannt ist, kann aus der messtechnisch direkt oder indirekt erfassten Frequenzdifferenz zwischen dem vom Laser ausgesendeten und dem vom Objekt gestreuten und wieder in den Laser eingekoppelten Lichtstrahl die Geschwindigkeit der Objektoberfläche in der jeweiligen Richtung berechnet werden. Durch Integration der Geschwindigkeitswerte können praktisch verzögerungsfrei auch die jeweiligen Positionen oder Positionsänderungen des Objektes bzw. der Objektoberfläche berechnet werden. Zur Erfassung von Bewegungen der Objektoberfläche mit zwei oder mehreren Freiheitsgraden können in analoger Weise zwei oder mehrere Sensoren mit Lasern als Lichtquellen und mit Detektoren zur Erfassung der jeweiligen Parameterfluktuationen vorgesehen sein, wobei die Strahlungsrichtungen und/oder die Positionen dieser LaserLichtquellen unterschiedlich sind.

Die WO2005/076116 offenbart eine Anordnung mit zwei Laserdioden, welche vorzugsweise orthogonal zu einander auf einem gemeinsamen ebenen Substrat angeordnet sind. Die beiden Laserstrahlen werden entsprechend der Ausrichtung der jeweiligen Laserdioden von einer gemeinsam genutzten Sammellinse derart schräg nach oben gebündelt, dass sie an der Oberseite oder knapp oberhalb eines Erfassungsfensters nahe beieinander fokussiert sind. Eine solche Anordnung kann bei Eingabegeräten - also beispielsweise bei Computermäusen oder bei Eingabevorrichtungen für Computer, Mobiltelefone und dergleichen - zur Erfassung von Bewegungen in einer Ebene genutzt werden. Die Linse oder ein anderes entsprechendes optisches Sammelmittel ist so ausgebildet, dass der Laserstrahl einen in Strahlrichtung ausgedehnten Fokalbereich hat, wobei der Strahl dort nicht auf den kleinstmöglichen Durchmesser fokussiert wird, sondern über einen längeren Bereich einen annähernd konstanten Strahldurchmesser aufweist.

Bei der vorliegenden Erfindung wird das Prinzip der Erfassung von Bewegungen mittels Selbstkopplung von Laserstrahlen in Verbindung mit dem Doppler-Effekt dazu genutzt, Bewegungen und Positions- oder Lageänderungen bei Nähmaschinen, Stickmaschinen, Quiltvorrichtungen und dergleichen zu erfassen. Bewegliche Objekte können hier sowohl Maschinenkomponenten oder Zubehörteile wie Nähnadel, Nadelhalter, Stoffdrückerfuss, Transporteur, Greifer, Unterfadenspule Stickrahmen usw. oder aber zu verarbeitende Objekte oder Komponenten wie das Nähgut - bzw. bei mehreren Nähgutlagen eine Nähgutschicht -, der Oberfaden oder der Unterfaden sein.

Je nach Art, Grösse, Gestalt, Ort und Bewegung des zu erfassenden Objekts kann die Ausgestaltung und Anordnung der Erfassungsvorrichtung unterschiedlich sein. Mögliche Anwendungen sind:

- Erfassung der Nähgutbewegung, insbesondere die Ermittlung des Geschwindigkeitsvektors bzw. der Nährichtung und der Nähgutgeschwindigkeit, die Ermittlung des Beschleunigungsvektors oder die Berechnung der jeweiligen Ausrichtung und/oder Position des Nähguts durch Integration der Geschwindigkeit bzw. der Geschwindigkeiten, welche mittels eines oder mehrerer Sensoren erfasst werden. Die gewonnenen Daten können z.B. zum Steuern oder Regeln einer Transportvorrichtung für das Nähgut oder zur Qualitätssicherung beim Nähen oder Stikken (Erfassung von Ist-Soll-Abweichungen in einer oder zwei Dimensionen der Nähebene, Schlupfminimierung) oder zum Steuern oder Regeln der Nadelbewegung (Freihandnähen bzw. -quilten) verwendet werden. Aufgrund der Sensorinformationen kann eine Tansportvorrichtung so geregelt werden, dass die Abweichungen der effektiven Stoffbewegung von der vorgegebenen Stoffbewegung minimal sind. Die Transportvorrichtung kann beispielsweise Transportwalzen oder einen von unten und/oder von oben her auf das Nähgut wirkenden Transporteur für den Stoffvorschub in Nährichtung und gegebenenfalls auch für den Quertransport des Nähguts umfassen. Bei Anordnung je eines Sensors oberhalb des Nähguts - beispielsweise im Nähfuss bzw. Nähfussschaft - und unterhalb des Nähguts - beispielsweise in der Stichplatte - kann die Differenz zwischen den Bewegungssignalen der beiden Sensoren zur Ermittlung einer Stofflagenverschiebung genutzt werden. In Verbindung mit einer Vorrichtung zum Transportieren der unteren und der oberen Nähgutlage kann so eine Regelung geschaffen werden, welche die Verschiebung zwischen den beiden Stofflagen minimal hält.
- Beim Sticken können Relativbewegungen von Teilen des Stickrahmens und vorzugsweise des darin eingespannten Nähguts erfasst werden. Diese können z.B. zum Kalibrieren des Stickrahmens benutzt werden. Insbesondere ist es möglich, schnelle Beschleunigungen und Schwingungen eines Stickrah-

mens zu erfassen und dessen Bewegungen so zu optimieren, dass Schwingungen auch bei grossen Beschleunigungswerten minimal sind. Dadurch kann die Präzision der Einstichstellen der Nähnadel in das Nähgut verbessert werden.

- Am Stickrahmen oder an einem anderen Maschinen- oder Zubehörteil kann z.B. eine Art Barcode angebracht sein. Beim Ausführen einer Bewegung dieses Codes relativ zum Lichtstrahl des Sensors kann der Code aufgrund der resultierenden Intensitätsschwankungen des gestreuten Lichts ausgelesen werden.
- Da bei entsprechender Ausbildung und Orientierung des Sensors auch Relativbewegungen des Nähguts vertikal zur Nähebene erfasst werden können, ist es z.B. mit einem von oben her auf das Nähgut bzw. auf den Nähfuss gerichteten Sensor auch möglich, Hüpfbewegungen des Nähfusses zu überwachen oder Säume oder Stoffkanten vor dem Erreichen oder Verlassen des Einstichbereichs der Nähnadel zu überwachen.
- Erfassung und/oder Überwachung einer Fadenlänge oder einer Fadenbewegung, z.B. Geschwindigkeit des Unter-oder Oberfadens beim Abziehen während des Nähens, des Quiltens oder des Stickens oder während eines Auf-, Um- oder Abspulvorgangs.
- Erfassung der Drehzahl der Unterfadenspule oder - bei entsprechender Anordnung des Sensors - der Oberfadenspule.
- Durch gemeinsame Verarbeitung der Drehzahl der Unterfadenspule und der Abzugsgeschwindigkeit des Unterfadens kann z.B. der Füllgrad der Spule bestimmt werden.
- Erfassung von Bewegungen und/oder Positionen bzw. Ausrichtungen beliebiger bewegbarer Maschinen- oder Zubehörteile wie Übertragungsriemen, Oberwelle, Nähfuss-Stange, Nähfusshöhe, Übertragungs- oder Umlenkräder, Hebel usw., insbesondere dann, wenn diese nicht durch andere Grössen eindeutig bestimmt oder bestimmbar sind. Je nach Ausbildung der Sensorvorrichtung können Translationsbewegungen und/oder Rotationsbewegungen in einer, zwei oder drei Dimensionen erfasst und verarbeitet werden. Die von dem oder den Sensoren erfassten Messgrössen können zur Steuerung oder Regelung dieser Teile benutzt werden.
- Ein geeignet an der Nähmaschine (z.B. in der Stichplatte 27) angeordneter Sensor kann z.B. anstelle eines Lineals zum Messen von Stofflängen benutzt werden, wobei vorzugsweise Umschaltmittel vorgesehen sind, mit denen der gewünschte Verwendungszweck des Sensors gewählt werden kann. Dabei kann der Sensor fest an der Maschine angeordnet oder frei bewegbar und über eine leitungsgebundene oder alternativ über eine drahtlose Kommunikationsverbindung mit der Maschinensteuerung verbunden sein, um die Relativbewegung zwischen Sensor und Nähgut (bzw. einer anderen Vorlage) zu erfassen.
- Zum Erfassen und Speichern von Bewegungen des Nähguts oder allgemein einer Vorlage kann der Sensor z.B. in einen Nähfuss integriert und mit einem Speichermittel verbunden sein. Über Einstellmittel an der Nähmaschine kann dann ein Lernmodus aktiviert und ein Muster abgetastet werden. Die erfassten Bewegungen können in einem Speicher, der z.B. im Nähfuss integriert oder in der Maschinensteuerung ausgebildet oder ausserhalb der Nähmaschine angeordnet ist, gespeichert und später z.B. in Verbindung mit einem Stickmodul wieder abgerufen werden.

[0008] Die Lichtquellen der Sensoren emittieren zumindest annähernd monochromatisches Licht. Sie können je nach zu erfassendem Objekt räumlich nahe beieinander, vorzugsweise auf einem gemeinsamen Chip, oder mit grösserem Abstand zueinander angeordnet sein. Sie können so auf das zu erfassende Objekt gerichtet sein, dass die Auftreffpunkte bzw. -bereiche auf der Objektoberfläche nahe (z.B. innerhalb weniger Millimeter) beieinander oder entfernt zueinander liegen. Um eine gegenseitige Beeinflussung mehrerer Sensoren zu verhindern, können diese z.B. in einer vorgebbaren Reihenfolge getaktet angesteuert werden, oder es können mehrere Lichtquellen mit unterschiedlicher Frequenz verwendet werden. Zum Bündeln bzw. Kollimieren der Lichtstrahlen können optische Elemente wie Linsen, Spiegel oder Gitterstrukturen verwendet werden, wobei diese - je nach Lage der einzelnen Lichtquellen - für jede der Lichtquellen separat oder für zwei oder mehrere der Lichtquellen gemeinsam genutzt werden können. Zum Erfassen und Auswerten der Parameterfluktuationen ist jeder der Lichtquellen eine Erfassungsvorrichtung zugeordnet. Bei mehreren Erfassungsvorrichtungen können diese auch gemeinsame Teile umfassen, z.B. eine Auswerteeinheit zum abwechslungsweisen oder parallelen Verarbeiten der einzelnen Messgrössen. Der "self-mixing"-Effekt ermöglicht einen sehr kompakten und platzsparenden Aufbau der Sensoren, da die Erfassungsvorrichtung direkt mit der Lichtquelle gekoppelt ist und mit ihr zusammen auf einem gemeinsamen Chip integriert werden kann, und da der Sendestrahl und der Erfassungsstrahl durch eine gemeinsame Optik beeinflusst werden. Die Auswerteeinheit zum Verarbeiten der erfassten Signale ist vorzugsweise ebenfalls auf dem Chip integriert und frei konfigurierbar bzw. programmierbar. Ein externer Controller ist nicht zwingend erforderlich und die Sensoren lassen sich leicht an unterschiedliche Aufgabenstellungen anpassen. Es ist auch möglich, die Optik direkt beim Chip anzuordnen und mit diesem direkt oder indirekt fest zu verbinden. Auf diese Weise entfallen zusätzliche optische Elemente und damit verbundene Justierarbeiten. Auch der Platzbedarf ist so äusserst gering.

Die Detektoren, welche die Intensitätsschwankungen im Laserresonator erfassen, können als photoelektrische

Detektoren ausgebildet sein, wobei vorzugsweise jene Photodioden verwendet werden, welche bei einer Laserdiode ohnehin beim rückseitigen Resonatorspiegel angeordnet sind und herkömmlich für die Konstanthaltung der Laserleistung genutzt werden.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung und das erfindungsgemässe Verfahren können bei Nähmaschinen, Stickmaschinen, Quiltvorrichtungen und dergleichen zum Erfassen und Steuern bzw. Regeln unterschiedlichster Bewegungen genutzt werden. Alternativ oder zusätzlich können derart erfasste Bewegungsinformationen auch gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt abgefragt werden. Dies ist insbesondere bei der Erfassung von Näh- und Stickmustern vorteilhaft. In der Regel ist die Erfassungsvorrichtung zumindest teilweise ortsfest in der Nähe eines zu erfassenden bewegbaren Maschinenteils oder Nähobjektes angeordnet. Alternativ oder zusätzlich können auch die Erfassungsvorrichtung oder die Erfassungsoptik relativ zu einem zu erfassenden Objekt bewegt werden, beispielsweise wenn sie in einen Griffel oder ein entsprechendes anderes Eingabemittel zum Erfassen von Mustervorlagen oder von Nahtverläufen integriert sind. Die Erfassungsvorrichtung kann in diesem Fall z.B. über Funk oder über eine Kommunikationsleitung mit einer Nähmaschinensteuerung oder einem Datenerfassungsgerät verbunden sein.

[0009] Anhand einiger Figuren wird die Erfindung im Folgenden näher beschrieben. Dabei zeigen

- Figur 1 ein Prinzipschema zur Veranschaulichung der Bewegungserfassung bei einer Nähmaschine mittels eines selbstkoppelnden Laser-Dopplerinterferometers,
- Figur 2 eine seitliche Darstellung eines teilweise aufgeschnittenen Greifers mit darin eingesetzter Unterfadenspule,
- Figur 3 eine Detailansicht einer Nähmaschine im Bereich der Stichbildungsvorrichtung mit in die Stichplatte integrierten Sensoren,
- Figur 4 einen Nähfuss mit integrierter Erfassungsvorrichtung.

[0010] In Figur 1 ist die prinzipielle Wirkungsweise der Erfassung einer Bewegung mittels eines selbstkoppelnden Laser-Dopplerinterferometers dargestellt. Als Lichtquelle 1 erzeugt ein Laser - vorzugsweise ein Halbleiterlaser - kohärentes Licht, welches in einer Kavität bzw. einem Resonator 3 mit einem vorderen, teildurchlässigen Spiegel 5 und einem hinteren Spiegel 7 verstärkt wird. Am vorderen Spiegel 5 wird das ausgekoppelte kohärente Licht durch ein oder mehrere optische Elemente, beispielsweise durch eine Sammellinse 9, zu einem Lichtstrahl bzw. Sendestrahl 11 gebündelt. Dieser trifft auf ein zu erfassendes Objekt 13 auf und wird dort mindestens teilweise gestreut. Ein Teil des gestreuten Lichts wird als Empfangsstrahl 15 in Richtung des Lasers zurück reflektiert. Er passiert dort die optischen Elemente und tritt dann durch den Spiegel 5 erneut in den Resonator 3 ein. Das so wieder in den Resonator 3 eingekoppelte Licht interferiert mit dem im Resonator 3 verstärkten Licht, wie dies z.B. aus der WO-A1-02/37410 bekannt ist. Diese Interferenzerscheinung beeinflusst die Verstärkung des Lasers und die Intensität des vom Laser erzeugten Licht- bzw. Sendestrahls 11. Die Intensität des Sendestrahls 11 weist in Abhängigkeit der Entfernung Minima und Maxima auf. Bewegt sich das Objekt 13 (bzw. der Bereich der Objektoberfläche, wo der Sendestrahl 11 auf das Objekt 13 auftrifft) mit einer Geschwindigkeit, die mindestens einen positiven oder negativen Anteil in Ausbreitungsrichtung des Sendestrahls 11 aufweist (mit andern Worten also eine Komponente in oder entgegen der Ausbreitungsrichtung umfasst), so ändert sich die Frequenz des Empfangsstrahls 15 aufgrund des Dopplereffekts ein wenig. Durch Auswertung der Intensitätsschwankungen, beispielsweise mittels einer rückwärtig hinter dem hinteren, nur geringfügig teildurchlässigen Laserspiegel 7 angeordneten Fotodiode 17, kann die Komponente der Objektgeschwindigkeit in Richtung des Sendestrahls 11 ermittelt werden. Solche Fotodioden 17 werden herkömmlich zur Konstanthaltung der Intensität des Laserlichts benutzt. Durch zeitliche Integration der in einer oder mehreren Richtungen erfassten Geschwindigkeitskomponenten können Entfernungen bzw. Positions- oder Lageänderungen bestimmt werden. In der WO-A1-02/37410 werden auf S. 11, Z. 8 bis S. 15, Z. 22 mehrere Methoden erläutert, wie der Betrag einer Geschwindigkeitskomponente und deren Vorzeichen bzw. Richtung bestimmt werden können.

[0011] Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass die Bewegungsrichtung aufgrund der Asymmetrie der Funktionen f(L) bzw. g(L) bestimmt werden kann, wobei f die Frequenz des Lasers, g die Verstärkung im Laserresonator 3 und L die Objektentfernung vom vorderen Resonatorspiegel 5 ist.

[0012] Selbst bei transparenten und spiegelnden realen Objekten 13 wird in der Regel ein geringfügiger Teil des auftreffenden Lichts diffus gestreut. Damit dieser Anteil genügend gross für eine Auswertung der Schwankungen aufgrund des Selbstkopplungseffektes ist, kann die Oberfläche der zu erfassenden Maschinen- oder Zubehörteile z.B. aufgeraut oder beschichtet werden, wodurch der diffuse Streuanteil des Laserlichts erhöht wird.

Im Beispiel von Figur 1 ist das zu erfassende Objekt 13 eine um eine Spulenachse 19 drehbare Unterfadenspule. Der Sendestrahl 11 trifft im Randbereich des vorderen Spulenflansches 21 unter einem Einfallswinkel α auf die Flanschfläche auf. Dabei hat der Sendestrahl 11 mindestens einen mit der Oberflächengeschwindigkeit v_A der Flanschfläche an der Auftreffstelle A korrespondierenden Richtungsanteil. Vorzugsweise ist der Sendestrahl 11 so orientiert, dass sein Richtungsanteil in Richtung der Oberflächengeschwindigkeit v_A an der Auftreffstelle A relativ gross ist. Während des Betriebs der Nähmaschine ist die Unterfadenspule wie in Figur 2 dargestellt in eine Spulenkapsel 23 und zusammen mit dieser in den Greifer 24 eingesetzt, welcher im Unterarm 25 der Näh-

maschine unterhalb der Stichplatte 27 in einem Greifergehäuse 29 angeordnet ist (Fig. 3).
Die übrigen Teile des handelsüblichen Greifers 24 wie der Greiferkörper 28, das auf der Antriebswelle 31 sitzende Ritzel 30 sowie das Fadenfangblech 32 werden nicht näher beschrieben.
Die Erfassung der Unterfadenspule kann je nach Sichtbarkeit der jeweiligen Greiferanordnung aus unterschiedlichen Richtungen erfolgen. Insbesondere können der vordere Flansch 21 oder der hintere Flansch 21' der Spule von vorne oder von hinten oder radial von aussen her erfasst werden. Alternativ können der oder die Sensoren in die Antriebswelle 31 des Greifers 24 integriert sein (keine Darstellung) und relativ dazu die Drehbewegung der Spule erfassen, indem der hülsenartige Spulendorn oder - kern 33 (Fig. 1) von innen her abgetastet wird. Der oder die Sensoren können z.B. an der Spulenkapsel 23 oder innerhalb des Greifergehäuses 29 angeordnet sein. Bei der Anordnung eines Sensors an der Spulenkapsel 23 oder am Greifer 24 können Stromzufuhr und Kommunikation zum Sensor z.B. mittels Schleifkontakten (nicht dargestellt) an der Antriebswelle 31 sichergestellt werden. Zur Erfassung der Drehbewegung der Spule vom Greifergehäuse 29 her können in der Spulenkapsel 23 Öffnungen 26 vorgesehen sein, durch welche die Spule abgetastet werden kann. Es ist auch möglich, im Greifergehäuse 29 mehrere Sensoren ringförmig verteilt um die Spulenachse 19 der eingesetzten Spule anzuordnen (nicht dargestellt), damit immer mindestens einer dieser Sensoren die Spule durch die Ausnehmung 26 in der Spulenkapsel 23 hindurch erfassen kann, selbst dann, wenn sich auch die Spulenkapsel 23 dreht. In diesem Fall wertet die Sensorelektronik bzw. die Steuerung die verschiedenen Sensorsignale aus und berücksichtigt jeweils nur jene Signale, welche zum jeweiligen Zeitpunkt die Spulenbewegung erfassen.

[0013] Die Unterfadenspule hat im Betrieb nur einen einzigen Freiheitsgrad, nämlich die Drehbewegung um die Spulenachse 19. Deshalb genügt bei geeigneter Anordnung ein einziger Sensor mit nur einem Sendestrahl 11, um diese Bewegung eindeutig zu erfassen. Die zur Auswertung der Sensorsignale erforderliche Elektronik bzw. Steuerung kann teilweise oder vollständig in den Sensor integriert oder teilweise oder vollständig von der Maschinensteuerung umfasst sein. Dabei ist vorzugsweise ein nichtflüchtiges Speichermedium (nicht dargestellt) vorgesehen, in welchem je nach Bedarf Informationen über das zu erfassende Objekt 13, über dessen Position, Orientierung im Raum und dessen Bewegungsmöglichkeiten sowie über die Anordnung des oder der Sensoren gespeichert sein können. In Verbindung mit derart gespeicherten Informationen kann die Steuerung aus den Sensorsignalen die zugehörigen Bewegungen, Positionen usw. des erfassten Objekts 13 ermitteln. Bei einer Anordnung gemäss Figur 1 kann beispielsweise die Richtung der Objektbewegung an der Auftreffstelle A in mehrere Komponenten zerlegt werden, wovon eine die Richtung des Sendestrahls 11 hat. Im Speicher können dann z.B. das Verhältnis dieser Bewegungskomponente zur gesamten Objektbewegung sowie der Abstand r_A der Auftreffstelle A von der Spulenachse 19 gespeichert werden (Fig. 1). Somit kann die Steuerung aus den erfassten Sensorsignalen unter Mitwirkung der gespeicherten Daten eindeutig die Drehgeschwindigkeit $\omega = 2\pi/T = v_A/r_A$ der Unterfadenspule berechnen.
Analog dazu können auch beliebige Bewegungen bei Objekten 13 mit mehreren Freiheitsgraden durch mehrere Sensoren oder durch Sensoren mit mehreren Sendestrahlen 11 erfasst werden, wobei die Sendestrahlen 11 in unterschiedlichen Richtungen auf das Objekt 13 auftreffen. Die Anzahl der Bewegungsfreiheitsgrade bestimmt die Anzahl der für eine eindeutige Erfassung der Objektbewegung erforderlichen Sendestrahlen 11.
Zur Erfassung kleiner Objekte 13 können zwei oder mehrere Lichtquellen 1 nahe beieinander auf einem gemeinsamen Chip oder Substrat angeordnet sein, wobei die zugehörigen Sendestrahlen 11 vorzugsweise von verschiedenen Seiten her durch eine gemeinsame Optik 9 in Richtung des jeweils zu erfassenden Objekts 13 emittiert werden. Alternativ können mehrere Sendestrahlen 11 auch unabhängig voneinander aus verschiedenen Richtungen auf das Objekt 13 gestrahlt werden. Wenn die einzelnen Lichtquellen 1 räumlich getrennt voneinander angeordnet sind, können Objektbewegungen auch aus grösserer Entfernung (z.B. 10cm bis 15cm) erfasst werden. Die optischen Elemente 9 können so ausgebildet sein, dass die Sendestrahlen 11 nicht scharf auf einen Punkt fokussiert sind, sondern über einen grösseren Bereich eine geringfügige Unschärfe aufweisen. Solche Sendestrahlen 11 haben innerhalb des nutzbaren Messbereichs in Ausbreitungsrichtung einen gleichmässigen oder nur wenig variierenden Strahldurchmesser. Auf diese Weise können Objektbewegungen auch in Richtung des Sendestrahls 11 zuverlässig erfasst werden, da die Intensität des Streulichtanteils, welcher wieder in den Resonator 3 eingekoppelt wird, bei derartigen Bewegungen nur wenig variiert.

[0014] Bei weiteren Ausgestaltungen der Erfindung werden andere Objekte 13 von einem oder mehreren Sensoren erfasst, z.B. Nähmaschinenteile wie Nähnadel, Nadelhalter, Stoffdrückerfuss, Transporteur, Greifer, Unterfadenspule Stickrahmen usw. oder zu verarbeitende Objekte 13 bzw. Komponenten wie z.B. das Nähgut oder - bei mehreren Nähgutlagen - die oberste und/oder die unterste Nähgutschicht, der Oberfaden oder der Unterfaden. Entsprechend werden die Sensoren an geeigneten Stellen der Näh- oder Stickmaschine angeordnet.

[0015] Figur 3 zeigt einen Ausschnitt einer Nähmaschine im Bereich der Stichbildungseinheit. Dabei sind in der Stichplatte 27 drei Ausnehmungen 35 (alternativ können auch nur eine oder zwei Ausnehmungen vorgesehen sein) mit darin angeordneten optischen Elementen ausgebildet. Diese optischen Elemente können z.B. für das Licht der Lichtquellen 1 transparente Fenster umfassen, welche bündig mit der Oberseite der Stichplatte 27 in die Ausnehmungen 35 eingelassen sind. Alternativ

oder zusätzlich können die optischen Elemente auch Sammellinsen 9 (Fig. 1) umfassen. Bei konvex gewölbten Linsen 9 kann die Wölbung leicht über die Ebene der Stichplatte 27 vorstehen. Unterhalb der Linsen 9 sind die Sensoren mit den Lichtquellen 1 angeordnet. Unter jeder der Linsen 9 können jeweils ein oder mehrere Sensoren angeordnet sein. Vorzugsweise sind im Bereich jeder der Ausnehmungen 35 zwei Sensoren mit je einer Lichtquelle 1 (Fig. 1) so angeordnet, dass die von den Lichtquellen 1 erzeugten Sendestrahlen 11 in unterschiedlichen Richtungen der Nähebene, vorzugsweise in Nährichtung y und in Querrichtung x, von unten her unter einem Einfallswinkel α (Fig. 1) in der Grössenordnung von etwa 15° bis etwa 75°auf das Nähgut (nicht dargestellt) auftreffen. Selbstverständlich können die beiden Sendesstrahlen 11 auch unter unterschiedlichen Einfallswinkeln α auf das Nähgut auftreffen. Durch Auswertung der Signale zweier solcher Sensoren können Bewegungen innerhalb der Nähebene erfasst werden. Bei einer Weiterbildung der Erfindung kann ein dritter Sensor vorgesehen sein, wobei dessen Sendestrahl 11 vorzugsweise unter einem Einfallswinkel α von 0° - also vertikal - auf das Nähgut auftrifft. Alternativ kann der Sendestrahl 11 der dritten Lichtquelle 1 auch unter einem anderen Einfallswinkel α auf das Nähgut auftreffen. Dieser sollte sich aber möglichst von den Einfallswinkeln α der anderen Sendestrahlen 11 unterscheiden. Durch Auswerten der Signale des dritten Sensors - gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Signale eines oder mehrerer weiterer Sensoren - können Relativbewegungen der Nähgutoberfläche vertikal zur Nähebene erfasst werden, wie sie beispielsweise im Bereich von Nähten oder Kanten des Nähguts oder aufgrund der Hubbewegungen des Transporteurs auftreten können.

Damit Drehbewegungen des Nähguts erfasst und von Verschiebungen in der Nähebene unterschieden werden können, kann die Nähgutoberfläche an unterschiedlichen Stellen, z.B. im Bereich zweier Ausnehmungen 35 von mehreren Sensoren erfasst werden. Die Ausnehmungen 35 mit den Sensoren können beispielsweise einseitig oder beidseitig der Nadeleinstichöffnung 37 in der Stichplatte 27 und/oder in Nährichtung y gesehen vor oder hinter der Nadeleinstichöffnung 37 angeordnet sein. Ihr gegenseitiger Abstand ist mit wenigen Zentimetern gross genug, dass Drehbewegungen von linearen Verschiebungen unterschieden werden können, und klein genug, dass Fehler infolge eines allfälligen Faltenwurfs des Nähguts minimal sind.

In Figur 3 sind unten am Nähmaschinenkopf 39 weitere Elemente sichtbar, insbesondere ein an einer Stoffdrükkerstange 43 gehaltener Nähfuss 41 mit gelenkig gelagerter Nähfusssohle 42 und eine Nadelstange 45 mit darin eingesetzter Nähnadel 47 sowie einen Abschnitt des Oberfadens 49, der in eine Fadenführung 51 an der Nadelstange 45 eingehängt ist.

Die Erfassung von Bewegungen bzw. Positionsänderungen des Nähguts im Bereich der Nadeleinstichstelle kann z.B. zum Erkennen von Abweichungen der tatsächlichen Nähgutbewegung von einer vorgegebenen Nähgutbewegung und zur Regelung der Transportvorrichtung (z.B. Transporteur oder Stickrahmen) genutzt werden. Bei einer anderen Anwendung, nämlich dem Freihandquilten, ist die Transportvorrichtung nicht aktiv. Das Nähgut wird dort von Hand geführt. Mit Hilfe der von den Sensoren erfassten Stoffbewegung kann die Stichbildungseinheit derart angesteuert werden, dass - unabhängig von der Nähgutgeschwindigkeit - Nadelstiche mit gleichmässigen Abständen der Einstichstellen im Nähgut gesetzt werden. Bei einer weiteren Anwendung kann die Erfassungsvorrichtung dazu benutzt werden, ein Nähmuster zu erfassen und zu speichern. Anhand der gespeicherten Daten kann dieses Nähmuster später (beispielsweise unter Verwendung eines Stickrahmens) beliebig oft rekonstruiert werden. Zur Erfassung von Mustervorlagen für Näh- und Stickmaschinen kann die Sensorvorrichtung alternativ auch in einen Griffel oder eine äquivalente Abtastvorrichtung integriert sein. Zum Abtasten der Vorlage bleibt hier die Mustervorlage in Ruhe und der Griffel wird relativ zur Mustervorlage bewegt.

Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind Sensoren in den Nähfuss 41 bzw. in eine Nähfusssohle 42 eingebaut, wie dies in Figur 4 schematisch dargestellt ist. Dort sind der besseren Übersichtlichkeit halber nur eine Laser-Lichtquelle 1 und eine Sammellinse 9 dargestellt. Die Elektronik zum Erfassen und Auswerten der Sensorsignale ist gemeinsam mit der Lichtquelle 1 auf einem Chip 53 integriert. Die Elektronik des Nähfusses 41 kann z.B. mittels eines Kabelsteckers 55 mit der Steuerung der Nähmaschine verbunden werden (nicht dargestellt). Alternativ kann die Verbindung zwischen Nähfuss und Maschinensteuerung auch auf andere Weise erfolgen, beispielsweise über Federkontakte zwischen Nähfuss 41 und Stoffdrückerstange 43 oder über eine drahtlose Kommunikationsverbindung.

Zur Erfassung der Nähgutbewegung von oben her oder zur Erfassung von Bewegungen von Nähmaschinenteilen im Bereich des Maschinenkopfs 39 können Sensoren - bei entsprechend angepasster Optik - auch unmittelbar beim oder unterhalb des Maschinenkopfs 39 angeordnet sein.

[0016] Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist mindestens ein Sensor so an der Nähmaschine angeordnet, dass er die Abzugsgeschwindigkeit des Unterfadens oder des Oberfadens erfassen kann, also beispielsweise im Bereich der Fadenführung 51 starr verbunden mit der beweglichen Nadelstange 45 oder am Oberarm der Nähmaschine im Bereich einer federnden bzw. klemmenden Fadenspannvorrichtung (nicht dargestellt) oder im Bereich der Spulenträger für die Oberfadenspulen (nicht dargestellt). Da sowohl der Oberfaden wie auch der Unterfaden während des Nähens ruckartig abgezogen werden, kann bei der jeweiligen Auswerteelektronik eine Verarbeitungsstufe zum Glätten dieser Signale bzw. zur laufenden Mittelwertbildung vorgesehen sein. Durch Integration der erfassten Geschwindigkeitsmessgrösse ergibt sich die Fadenmenge. Falls die

auf der Fadenspule befindliche Fadenmenge gespeichert ist, kann dieser Wert laufend aktualisiert werden. Insbesondere kann der Nähvorgang vor Erreichen des Fadenendes gestoppt werden.

Bei Stickrahmen können grosse Beschleunigungen auftreten, die zu Schwingungen der bewegten Massen führen. In der Folge können die Einstichpositionen der Nähnadel ins Nähgut fehlerhaft sein. Da mit der erfindungsgemässen Bewegungserfassungsvorrichtung ohne wesentliche Verzögerung hohe Geschwindigkeiten und Beschleunigungen erfasst werden können, eignet sich diese hervorragend zum Erfassen von Bewegungen des Stickrahmens und zum Regeln der Stickrahmenantriebe. Der Regelalgorithmus kann dabei so ausgestaltet werden, dass störende Schwingungen des Rahmens verhindert oder minimiert werden. Anstelle des Rahmens kann auch das Nähgut im Stickrahmen erfasst werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass auch das in den Stickrahmen eingespannte Nähgut elastisch und träge ist und somit innerhalb des Stickrahmens zu Schwingungen angeregt werden kann.

[0017] Beim vorgeschlagenen Verfahren zur Bewegungserfassung ist jeweils eine minimale Relativgeschwindigkeit zwischen dem Sensor und dem zu erfassenden Objekt 13 erforderlich. Zur zuverlässigen Erfassung sehr langsamer Bewegungen kann optional ergänzend eine herkömmliche Vorrichtung zur Erfassung von Positionsänderungen vorgesehen sein, welche beispielsweise Lageänderungen von Merkmalen der Objektoberfläche mittels Bildverarbeitung auswertet.

[0018] Der Begriff "Nähmaschine" ist weit auszulegen und umfasst auch Quiltvorrichtungen, Stickmaschinen oder andere stichbildenden oder zum Zusammenfügen textiler Flächengebilde geeignete Vorrichtungen.

Patentansprüche

1. Nähmaschine mit einer Vorrichtung zur Erfassung von Bewegungen, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine Lichtquelle (1) zum Emittieren von kohärentem Licht vorgesehen ist, dass dieser Lichtquelle (1) ein Interferenz-Detektor zugeordnet ist, der zur Erfassung einer Messgrösse ausgebildet ist, welche die Interferenz zwischen dem an einem zu erfassenden Objekt (13) gestreuten Licht dieser Lichtquelle (1) und dem Licht dieser Lichtquelle (1) charakterisiert.

2. Nähmaschine nach Anspruch 1, wobei die Lichtquelle (1) einen Laser mit einem Resonator (3) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Optik (9) zum Beeinflussen eines Sendestrahls (11) vorgesehen ist, und dass die Optik (9) zugleich zum Sammeln und Wiedereinkoppeln in den Resonator (3) von am Objekt (13) gestreutem Licht der Lichtquelle (1) ausgebildet ist, und dass der Resonator (3) der Ort der Interferenzbildung ist.

3. Nähmaschine nach Anspruch 2, wobei die Vorrichtung mehrere Lichtquellen (1) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquellen (1) so angeordnet und die Optik (9) so ausgebildet sind, dass die Sendestrahlen (11) der Lichtquellen (1) unter unterschiedlichen Einfallswinkeln (α) auf die Objektoberfläche auftreffen.

4. Nähmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung mindestens teilweise in einen Nähfuss (41) oder eine Nähfusssohle (42) integriert ist.

5. Nähmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung mindestens teilweise im Greifergehäuse (29) in oder unterhalb der Stichplatte (27) oder am oder unterhalb des Nähmaschinenkopfs (39) angeordnet ist.

6. Nähmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine programmierbare bzw. konfigurierbare Auswerteeinheit umfasst.

7. Nähmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung einen Speicher umfasst zum Speichern von Informationen über zu erfassende Objekte (13) und/oder über Bewegungen solcher Objekte (13) und/oder über die Anordnung von Sensoren.

8. Verfahren zur Erfassung von Bewegungen bei einer Nähmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine oder mehrere Lichtquellen (1) kohärentes Licht in Richtung eines zu erfassenden Objektes (13) abstrahlen, dass auf das Objekt (13) auftreffendes Licht dieser Lichtquellen (1) am Objekt gestreut und danach mit Licht der jeweiligen Lichtquelle (1) zur Interferenz gebracht wird, wobei das gestreute Licht bei Bewegungen des Objekts (13) jeweils infolge des Doppler-Effekts eine von der Objektbewegung abhängige Frequenzverschiebung erfährt, und dass für jede der Lichtquellen (1) eine Messgrösse erfasst und ausgewertet wird, welche sich in Abhängigkeit des interferierenden Lichts ändert.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verarbeitung der erfassten Messgrösse bzw. der erfassten Messgrössen unter Mitwirkung gespeicherter Informationen über das zu erfassende Objekt (13) und/oder dessen Bewegungsfreiheitsgrade und/oder unter Mitwirkung von aus allfällig vorhandenen weiteren Messgrössen abgeleiteten Informationen erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus der Messgrösse

bzw. den Messgrössen Geschwindigkeiten und/oder Bewegungsrichtungen und/oder absolute oder relative Lage- bzw. Positionsvektoren ermittelt werden.

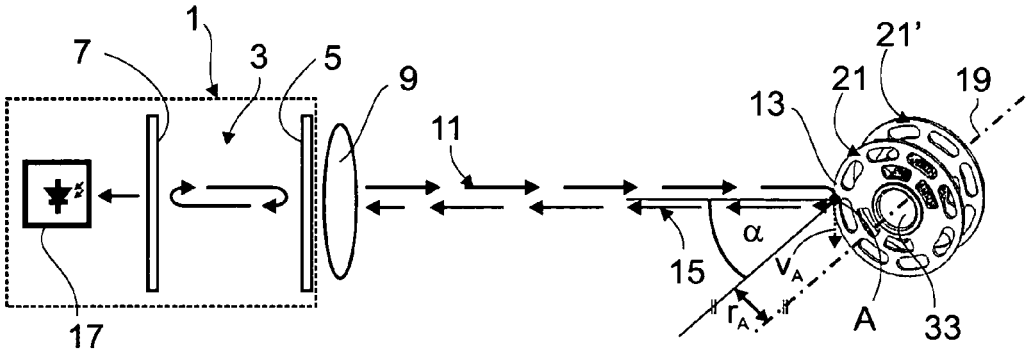

FIG. 1

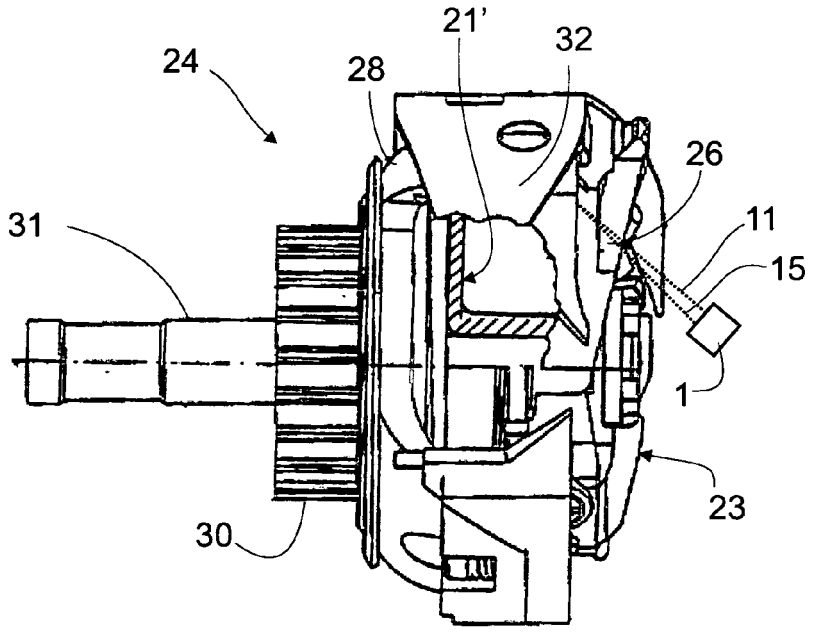

FIG. 2

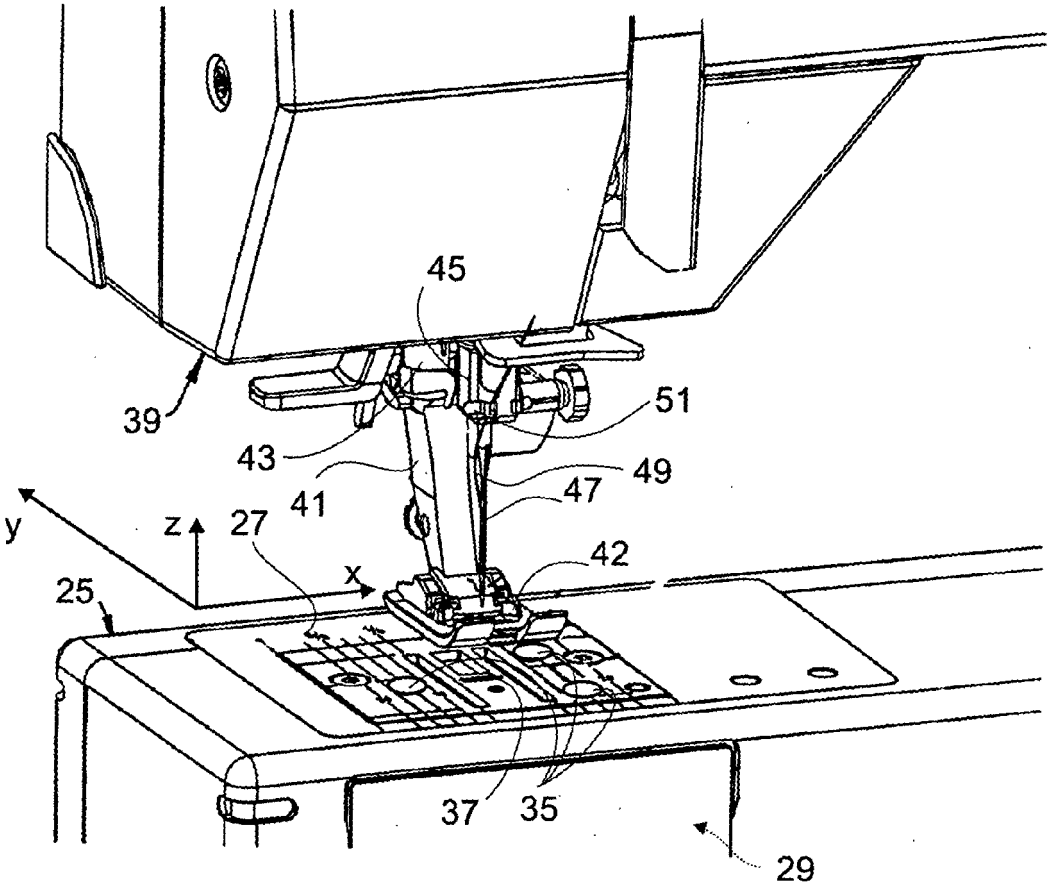

FIG. 3

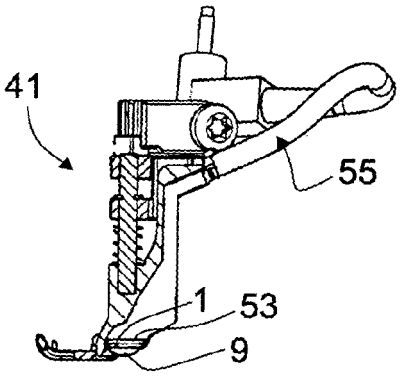

FIG. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1321556 A **[0002]**
- WO 2005056903 A **[0002]**
- WO 2005076116 A **[0007]**
- WO 0237410 A1 **[0010] [0010]**