



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 207 353.0**
(22) Anmeldetag: **12.07.2021**
(43) Offenlegungstag: **12.01.2023**

(51) Int Cl.: **B23K 26/00** (2014.01)
B23K 26/38 (2014.01)
H01M 10/04 (2006.01)
B23K 26/08 (2014.01)
B23K 26/16 (2006.01)

(71) Anmelder:
Körper Technologies GmbH, 21033 Hamburg, DE

(74) Vertreter:
**Müller Verweyen Patentanwälte Partnerschaft
mbB, 22763 Hamburg, DE**

(72) Erfinder:
**Kreysern, Jan, 21075 Hamburg, DE; Meinke,
Karsten, 23879 Mölln, DE; Wagner, Marcus, 22085
Hamburg, DE; Hofmann, Nils, 28870 Ottersberg,
DE; Graßmel, Ralf, 21635 Jork, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

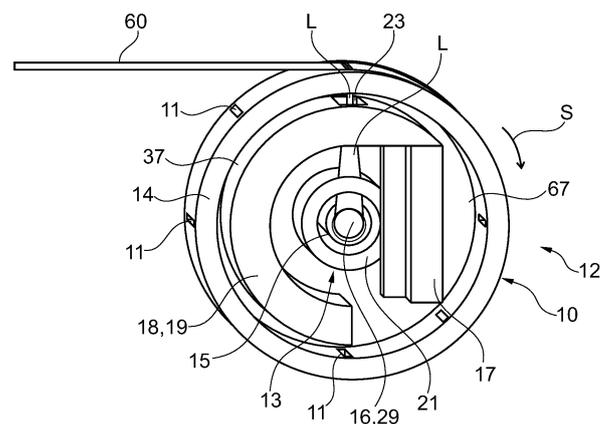
DE	10 2017 216 213	A1
DE	10 2020 118 973	A1
DE	11 2015 001 879	T5
US	6 423 932	B1
US	2014 / 0 353 295	A1
US	4 302 654	A
WO	2014/ 208 650	A1
WO	2016/ 041 713	A1
WO	2020/ 192 845	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Schneiden oder Perforieren einer Materialbahn für die Energiezellen produzierende Industrie**

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung (12) zum Schneiden oder Perforieren einer Materialbahn für die Energiezellen produzierende Industrie umfasst eine Schneidtrommel (10), auf der eine Materialbahn (60) in einer Transportrichtung (T) transportiert wird, und eine Laserschneideinrichtung (13) zum Schneiden der Materialbahn (60) quer zu der Transportrichtung (T) zur Erzeugung einzelner Segmente (61) mittels eines Laserstrahls (L). Die Laserschneideinrichtung (13) ist so angeordnet und eingerichtet, dass der Laserstrahl (L) aus einem Trommelinneren (67) der Schneidtrommel (10) heraus auf einen Trommelmantel (14) der Schneidtrommel (10) gerichtet ist. Der Trommelmantel (14) weist mindestens eine Durchtrittsöffnung (11) auf, so dass der aus dem Trommelinneren (67) durch die mindestens eine Durchtrittsöffnung (11) nach außen tretende Laserstrahl (L) auf die zu schneidende Materialbahn (60) trifft.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Schneiden oder Perforieren einer Materialbahn für die Energiezellen produzierende Industrie, umfassend eine Schneidtrommel, auf der eine Materialbahn in einer Transportrichtung transportiert wird, und eine Laserschneideinrichtung zum Schneiden der Materialbahn quer zu der Transportrichtung zur Erzeugung einzelner Bahnsegmente mittels eines Laserstrahls.

[0002] Es ist bekannt, Materialbahnen für die Energiezellen produzierende Industrie, beispielsweise Elektrodenbahnen und Separatorbahnen, mittels eines Laserstrahls zu schneiden, um einzelne Segmente, beispielsweise Elektroden und Separatoren, aus der Materialbahn zu erzeugen.

[0003] Die ungeschnittene Materialbahn kann auf einem Bandförderer transportiert und geschnitten werden. Dies ist beispielsweise aus der WO 2016 041713 A1 bekannt. Bei einem Schnitt durch die Materialbahn würde man ggf. auch das Transportband durchschneiden; ein Weitertransport wäre dann nicht mehr möglich. Außerdem ist das Transportband als Vakuumband ausgestaltet, um die Materialbahn und die geschnittenen Segmente sicher und positionsgenau zu transportieren. Die Ausführung als Vakuumband ist jedoch sehr aufwändig.

[0004] Es ist auch bekannt, eine Materialbahn auf einem Vakuumrad bzw. einer Unterdruckwalze mittels eines Laserstrahls zu schneiden, siehe beispielsweise DE 10 2017 216 213 A1 und WO 2020/192845 A1. Soll auf Trommeln oder Walzen geführtes Material, das in Bahnen zur Verfügung steht, mit gleichbleibender Schnittqualität mittels eines Laserstrahls geschnitten oder perforiert werden, so besteht das Problem, das Material über die gesamte Bahnbreite im Fokus des bearbeitenden Laserstrahls zu halten. Laserschneideinrichtungen, die von außen auf freiliegendes Bahnmaterial treffen, bergen zudem die Gefahr erhöhter Kontamination der Oberfläche mit Abbrandprodukten und erschweren es, die entstehenden Partikel gezielt abzusaugen bzw. wegzublasen.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Schneiden einer Materialbahn bereitzustellen, die oberflächenschonend ist, einen gleichmäßigen Schnitt erzeugt und/oder bei der Verschmutzung der Oberflächen sowie die mit einem scharfkantigen Schnittprodukt verbundenen Nachteile vermieden oder zumindest erheblich reduziert werden.

[0006] Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche.

[0007] Erfindungsgemäß ist die Laserschneideinrichtung so angeordnet und eingerichtet, dass der Laserstrahl vom Trommelinneren auf die Mantelfläche der Trommel gerichtet ist. Die Schneidtrommel weist erfindungsgemäß eine Durchtrittsöffnung auf. Der vom Trommelinneren nach außen durch die Durchtrittsöffnung tretende Laserstrahl trifft auf die zu schneidende Materialbahn. Erfindungsgemäß wird somit aus dem Innenraum der Schneidtrommel, d.h. dem von dem Mantel der Schneidtrommel eingeschlossenen Raum, heraus geschnitten. Auf diese Weise kann erfindungsgemäß der Schnittwinkel α zwischen dem Laserstrahl und der Normalen zur Materialbahnebene in einer Ebene senkrecht zur Rotationsachse der Schneidtrommel erheblich reduziert werden im Vergleich zu einem Schneiden von außen wie im Stand der Technik.

[0008] Das Schneiden der Materialbahn umfasst im Rahmen der Erfindung begrifflich generell auch das Perforieren der Materialbahn, was als punkt- oder streckenförmiges Schneiden zu verstehen ist. Die Rotationsachse der Schneidtrommel wird im Folgenden auch als Trommelachse bezeichnet. Generell ist die Erfindung nicht auf das Schneiden einer Elektrodenbahn beschränkt, sondern beispielsweise auch auf das Schneiden einer Separator-Elektroden-Verbundbahn und allgemeiner einer Einschicht- oder Mehrschichtbahn anwendbar.

[0009] Der Erfindung kann durch Anordnung des Austrittspunkts oder des letztes Umlenkpunkts im Inneren der Schneidtrommel umgesetzt werden. Der Austrittspunkt ist der Punkt, an dem der Laserstrahl aus dem optischen Strahlführungssystem austritt. In der Regel ist der Austrittspunkt der Ort, an dem der Laserstrahl zuletzt durch ein Strahlumlenkelement, beispielsweise einen Scanner oder Spiegel, gegebenenfalls umgelenkt wird (letzter Umlenkpunkt oder kurz Umlenkpunkt), bevor er auf die zu schneidende Materialbahn trifft. Auf die Position des Lasers, d.h. des Laserstrahlerzeugers, selbst kommt es im Rahmen der Erfindung generell nicht an, dieser kann nach Bauraumanforderungen innerhalb oder außerhalb der Schneidtrommel angeordnet sein und im letzteren Fall beispielsweise axial oder axialparallel bzw. kollinear in die Schneidtrommel einstrahlen.

[0010] Besonders vorteilhaft ist die Laserschneideinrichtung so angeordnet und eingerichtet, dass der Laserstrahl von der Rotationsachse der Schneidtrommel ausgehend auf die Materialbahn trifft. Dies kann durch Anordnung des Austritts- oder Umlenkpunkts auf der Mittel- oder Rotationsachse der Schneidtrommel, d.h. in einem Querschnitt in dem Trommelmittelpunkt der Schneidtrommel, erreicht werden. Hierdurch kann eine rechtwinklige Schnittfläche erzeugt werden, da in dieser Ausführungsform zu jedem Zeitpunkt des Schneidvorgangs der oben

genannte Schnittwinkel α gleich Null ist. Mit anderen Worten, aufgrund des aus der Trommelachse kommenden Laserstrahles trifft dieser in einer Ebene senkrecht zu der Rotationsachse immer senkrecht auf das zu schneidende Material. Eine von der Rotationsachse der Schneidtrommel abweichende Positionierung des Austritts- oder Umlenkpunkts ist möglich, wenn ein von Null abweichender geringer Schnittwinkel α tolerierbar ist.

[0011] Erfindungsgemäß wird das Bahnmaterial geschnitten, während es auf der zylindrischen Schneidtrommel aufliegt. Durch die auf der Trommeloberfläche aufliegend Anordnung der zu schneidenden Materialbahn und dem von innen kommenden Laserstrahl verbleibt ein Großteil der Abbrandprodukte in einem engen räumlichen Umfeld, nämlich dem Trommelinneren, und kann daher verhältnismäßig gut abgesaugt werden. Vorzugsweise ist daher eine Absaugeinrichtung vorgesehen, die zum Absaugen durch das Laserschneiden erzeugter Partikel aus dem Trommelinneren angeordnet und eingerichtet ist. Hierdurch kann eine Kontamination der Oberfläche weitestgehend vermieden werden. Die Absaugeinrichtung ist vorzugsweise zwischen dem Trommelmantel und der Laserschneideinrichtung und entweder umlaufend, ortsstabil oder bevorzugt der Orientierung des austretenden Laserstrahls folgend angeordnet, was später genauer erläutert wird. Die Absaugeinrichtung ermöglicht es zuverlässig, die entstehenden Abbrandmaterialien bzw. Partikel einerseits von optischen Elementen der Laserschneideinrichtung fernzuhalten und andererseits möglichst vollständig abzusaugen. Die Absaugeinrichtung kann als Teil der Schneidtrommel oder als Teil der Laserschneideinrichtung ausgelegt sein.

[0012] Gemäß einem unabhängigen und gegebenenfalls eigenständig schützbaren Aspekt der Erfindung ist mindestens ein Teil der Laserschneideinrichtung entlang oder parallel zu der Rotationsachse der Schneidtrommel linear verschiebbar gelagert. Diesem Aspekt der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine gleichbleibende hohe Schnittqualität unabhängig von der Transport- bzw. Produktionsgeschwindigkeit der Materialbahn (Bahngeschwindigkeit) zu erzielen. Die Verschiebung des Strahlumlenkungselements erfolgt vorteilhaft mittels einer Linearantriebseinheit und/oder einer Linearachse, während die Materialbahn auf der Schneidtrommel transportiert wird, und vorzugsweise mit konstanter Geschwindigkeit, um eine bevorzugte konstante Schnittgeschwindigkeit und damit eine gleichbleibende Schnittqualität unabhängig von der Bahngeschwindigkeit zu erreichen. Die Verschiebe- oder Drehgeschwindigkeit kann in Grenzen zur Erzielung eines optimalen Schnittergebnisses gewählt werden. Eine Anpassung an die Bahngeschwindigkeit kann mittels einer nachfolgend genauer beschriebenen Schwenk- oder Drehbewegung um die Rotationsachse der

Schneidtrommel erfolgen. Die Entkopplung der linearen Verschiebung von der Schwenk- oder Drehbewegung ermöglicht eine gleichmäßige oder konstante, von der Produktions- bzw. Bahngeschwindigkeit endkoppelte Schneidgeschwindigkeit und dadurch eine gleichbleibende hohe Schnittqualität.

[0013] Der verschiebbare Teil der Laserschneideinrichtung ist vorzugsweise ein Strahlumlenkelement zur Umlenkung des Laserstrahls. Es ist aber auch denkbar, dass der Laser selbst oder die gesamte Laserschneideinrichtung verschiebbar ist.

[0014] Um einen geraden Schnitt senkrecht zu der Transportrichtung zu erzielen, während die Materialbahn auf der Schneidtrommel transportiert wird, ist vorzugsweise mindestens ein Teil der Laserschneideinrichtung um die Rotationsachse der Schneidtrommel dreh- oder schwenkbar gelagert. Zu diesem Zweck weist die Vorrichtung vorteilhaft einen Dreh- oder Schwenkantrieb zum Drehen oder Schwenken des dreh- oder schwenkbaren Teils der Laserschneideinrichtung während des Schnitts auf. Der dreh- oder schwenkbare Teil der Laserschneideinrichtung ist vorzugsweise ein Strahlumlenkelement zur Umlenkung des Laserstrahls. Es ist aber auch denkbar, dass der Laser selbst oder die gesamte Laserschneideinrichtung dreh- oder schwenkbar ist.

[0015] In der zuvor beschriebenen Ausführungsform wird die Materialbahn infolge der linearen Verschiebung und/oder der Drehung oder Schwenkung eines Teils oder von Teilen der Laserschneideinrichtung geschnitten.

[0016] Vorzugsweise ist mindestens ein Teil der Absaugeinrichtung gemeinsam mit dem Laserstrahl oder mit einem beweglichen Element der Laserschneideinrichtung verschiebbar und/oder dreh- oder schwenkbar gelagert. Beispielsweise kann ein Teil der Absaugeinrichtung mit einem beweglichen Element der Laserschneideinrichtung verbunden sein. Dies gestattet eine zielgenaue Absaugung der Partikel am Ort ihrer Entstehung, nämlich dort, wo der Laserstrahl auf die Materialbahn auftrifft. Bevorzugt wird eine mitschwenkende Absaugung- und/oder Drucklufteinheit ausgeführt, um den Verschmutzungsbereich möglichst klein zu halten. Der Bereich der Absaugung und/oder Druckluft kann nah am Produkt positioniert sein, um dort effizient zu arbeiten.

[0017] In vorteilhaften Ausführungsformen kann der verschiebbare und/oder dreh- oder schwenkbare Teil der Laserschneideinrichtung mindestens ein Strahlumlenkelement, insbesondere ein nichtschwenkbares, einachsrig schwenkbares oder zweiachsrig schwenkbares Spiegelement, ein Polygonspiegelement und/oder eine Polygonspiegelwalze umfassen.

[0018] Nach dem zuvor Gesagten verläuft der Laserstrahl idealerweise kollinear zur Trommelachse und die Schneideinrichtung ist vorteilhaft so ausgeführt, dass ein Teil oder Teile der Schneideinrichtung zum einen um die Trommelachse im erforderlichen Maß geschwenkt oder gedreht, und zum anderen parallel zu der Trommelachse verfahren bzw. verschoben werden kann bzw. können, wobei die Verfahrensgeschwindigkeit über die Bahnbreite vorzugsweise möglichst konstant gehalten wird. Die beschriebene Anordnung bietet weiterhin den Vorteil, dass die Materialbahn in einem festen Abstand zu der Laserschneidvorrichtung bewegt werden kann. Sich daraus ergebende Vorteile sind ein kleiner Fokusbereich, was zu hoher Energiedichte im Fokuspunkt führt und den Einsatz vergleichsweise leistungsschwacher bzw. energieeffizienter Strahlquellen erlaubt. Je nach gewählter bzw. erforderlicher Schnittgeschwindigkeit kann das Schneidverfahren unabhängig von der eingesetzten Laserstrahlquelle, d.h. cw oder gepulst, verwendet werden. Somit ist eine Flexibilität bei der Wahl der Strahlquelle über die Wahl der gewünschten Schnittgeschwindigkeit gegeben. Der beschriebene Aufbau ist zudem verhältnismäßig leicht auf unterschiedliche Bahnbreiten der zu schneidenden Materialbahn skalierbar.

[0019] Die lineare Verschiebbarkeit eines Teils oder von Teilen der Laserschneideinrichtung parallel zu der Trommelachse, vorteilhaft in Kombination mit Dreh- oder Schwenkbarkeit um die Trommelachse, ist vorteilhaft kombinierbar mit dem Gegenstand der Ansprüche 1 und 2, d.h. dem Schneiden der Materialbahn aus dem Inneren der Schneidtrommel heraus, oder von der Trommelachse ausgehend. Es sind aber Ausführungsformen mit linearer Verschiebbarkeit eines Teils oder von Teilen der Laserschneideinrichtung parallel zu der Trommelachse, vorteilhaft in Kombination mit Dreh- oder Schwenkbarkeit um die Trommelachse, möglich, bei der der Laserstrahl von außen auf das zu schneidende Bahnmaterial fällt. In diesen Ausführungsformen sind Durchtrittsöffnungen in dem Mantel der Schneidtrommel entbehrlich.

[0020] Das Bahnmaterial kann vorzugsweise durch Unterdruck bzw. Vakuum, zusätzlich oder alternativ auch mechanisch beispielsweise durch Greifer, auf der Schneidtrommel gehalten werden. Auf diese Weise können auch die geschnittenen Segmente sicher auf der Schneidtrommel gehalten werden. Relativgeschwindigkeiten bzw. Schlupf zwischen der Schneidtrommel und den Segmenten wird vorteilhaft vermieden. Die Schneidtrommel erfüllt somit mehrere Funktionen: sie hält und transportiert zunächst die nicht geschnittene Materialbahn; sie hält und transportiert sodann auch die geschnittenen Segmente; und sie stellt die Durchtrittsöffnung bereit, durch die der Laserstrahl nach außen durch den

Trommelmantel hindurchtreten kann, um die Materialbahn zu schneiden. Die beiden erstgenannten Funktionen werden vorzugsweise über Vakuum, zusätzlich oder alternativ über mechanische Elemente wie Greifer ausgeführt.

[0021] Die Schneidtrommel weist zudem vorzugsweise mindestens eine Durchtrittsöffnung auf, durch die der Laserstrahl von innen nach außen durch den Trommelmantel hindurchtreten und die auf der Schneidtrommel gehaltene Materialbahn schneiden kann. Vorzugsweise ist die mindestens eine Durchtrittsöffnung ein sich quer über die Breite der Schneidtrommel erstreckender Spalt in der Mantelfläche der Schneidtrommel.

[0022] Vorzugsweise weist die Schneidtrommel eine Mehrzahl von Durchtrittsöffnungen auf, die jeweils den gleichen Winkelabstand voneinander aufweisen. Die somit gleichförmige Teilung der Schneidtrommel entspricht vorteilhaft der Ausdehnung der Segmente in Transportrichtung. Auf diese Weise kann endlos fortlaufend ohne Versatz und ohne Unterbrechung durch die Durchtrittsöffnungen der Schneidtrommel geschnitten werden.

[0023] Vorzugsweise ist zusätzlich oder alternativ zu der Absaugeinrichtung eine Drucklufteinrichtung zum Wegblasen von der Laserschneideinrichtung erzeugter Partikel, insbesondere mittels einer Querluftströmung, vorgesehen. Insbesondere beim Laserschneiden aus dem Trommelinneren heraus ist es möglich, eine Absaugeinrichtung mit zusätzlicher durch die Drucklufteinrichtung erzeugter Querluft senkrecht zum Laserstrahl in einem eng begrenzten Bauraum, nämlich im Trommelinneren zu integrieren.

[0024] Alternativ oder zusätzlich kann außen über der Schneidtrommel eine feststehende oder sich mitbewegende Absaugvorrichtung zum Absaugen durch das Laserschneiden erzeugter Partikel vorzugsweise angeordnet sein. Auch eine oberhalb des Schnittbereiches und außerhalb der Schneidtrommel anzubringende Strahlfalle kann als eine solche Absaugvorrichtung ausgeführt sein. Des Weiteren kann die mindestens eine Durchtrittsöffnung in dem Trommelmantel vorzugsweise zur Schneidstaubabsaugung und/oder gegebenenfalls als Prozessgaszufuhr dienen.

[0025] Es ist möglich, den Prozessschritt des Laserschneidens an mehreren Positionen, die an unterschiedlichen Umfangspositionen der Schneidtrommel angeordnet sind, mittels einer Mehrzahl von Laserschneideinrichtungen alternierend oder parallel durchzuführen.

[0026] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann der Prozessschritt des Laserschneidens

auf mehrere Schneidtrommeln verteilt werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist in dieser Ausführungsform vorteilhaft mindestens eine weitere Schneidtrommel und mindestens eine weitere Laserschneideinrichtung auf. Die weitere Schneidtrommel weist vorzugsweise eines oder mehrere Merkmale der zuvor beschriebenen Schneidtrommel auf. Insbesondere kann der Trommelmantel der weiteren Schneidtrommel eine oder mehrere Durchtrittsöffnungen wie zuvor beschrieben aufweisen.

[0027] Die weitere Laserschneideinrichtung weist vorzugsweise eines oder mehrere Merkmale der zuvor beschriebenen Laserschneideinrichtung auf. Insbesondere kann die weitere Laserschneideinrichtung so angeordnet und eingerichtet sein, dass ihr Laserstrahl aus einem Trommelinneren der weiteren Schneidtrommel heraus auf einen Trommelmantel der weiteren Schneidtrommel gerichtet ist, und der aus dem Trommelinneren, vorzugsweise von der Rotationsachse ausgehend, durch mindestens eine Durchtrittsöffnung in dem Trommelmantel nach außen tretende Laserstrahl auf die zu schneidende Materialbahn trifft. Vorzugsweise ist mindestens ein Teil der weiteren Laserschneideinrichtung parallel zu der Rotationsachse der weiteren Schneidtrommel linear verschiebbar gelagert.

[0028] Vorzugsweise ist mindestens ein Teil der weiteren Laserschneideinrichtung um die Rotationsachse der weiteren Schneidtrommel, oder um eine dazu parallele Dreh- oder Schwenkachse, dreh- oder schwenkbar gelagert. Besonders vorteilhaft kann es sein, wenn ein Teil der weiteren Laserschneideinrichtung um volle 360° drehbar ist, wodurch die mit einem Hin- und Herschwenken verbundene Totzeit erheblich reduziert werden kann. Die Drehbewegung kann mit nicht-konstanter Geschwindigkeit, d.h. mit periodischen Brems- und Beschleunigungsvorgängen, ausgeführt werden. Vorzugsweise sind die Schneidtrommeln und/oder mindestens ein Teil der Laserschneideinrichtungen zur Schwenkung oder Rotation mit nicht-konstanter Rotationsgeschwindigkeit, insbesondere mit periodischen Brems- und Beschleunigungsvorgängen, eingerichtet.

[0029] Die Laserschneideinrichtungen können separate Einrichtungen sein und jeweils eigene Laser und Strahlführungssysteme aufweisen. Alternativ können die Laserschneideinrichtungen bestimmte Elemente gemeinsam nutzen, beispielsweise einen Laser als Strahlerzeuger für beide Schneidtrommeln.

[0030] In der beschriebenen Ausführungsform ist die Taktzeit der Materialbahnförderung vorteilhaft von der Schneidgeschwindigkeit entkoppelt. Durch die Verteilung des Schneidprozesses auf mehrere Schneidtrommeln kann trotz ggf. vorgesehener

(Rück-)Schwenkung oder Drehung und damit verbundener Totzeit eine hohe Schneidrate erreicht werden. Durch Wahl des Trommeldurchmessers, Rotationsgeschwindigkeit und Umschlingung der Schneidtrommeln mit Bahnmaterial kann die Schneidgeschwindigkeit wie gewünscht eingestellt und ggf. dynamisch angepasst werden, und zwar in gewissen Grenzen unabhängig von der Taktzeit der Materialbahnförderung, d.h. unabhängig von der Rotationsgeschwindigkeit der Schneidtrommeln.

[0031] In einer einfachen Ausführungsform wird auf jeder Schneidtrommel alle n Takte ein Schnitt gemacht, wobei n der Trommelanzahl entspricht, und danach wieder zurückgeschwenkt. Die Taktzeit entspricht hierbei der Zeit, die das zu schneidende Endlosbahnmaterial benötigt, um den Weg zurückzulegen, die ein geschnittenes Endprodukt (Segment) breit ist. Damit kann die für verschiedene Prozessschritte, insbesondere das Schneiden und/oder das Zurückschwenken auf die Ausgangsposition, zur Verfügung stehende Zeitdauer deutlich vergrößert werden, und zwar um die Zeit $s = (n-1) t$, wobei s der Zeitgewinn ist, n die Trommelanzahl und t die Taktzeit. Das bedeutet, dass man mit jeder Trommel eine Taktzeit hinzugewinnt, insbesondere um die Rückschwenkbewegung ausführen zu können. Die Prozessschritte, insbesondere das Schneiden und/oder das Zurückschwenken, können auf die Gesamtzeit $s + t$ aufgeteilt werden.

[0032] Bei einer Erhöhung der Bahngeschwindigkeit verringert sich die Taktzeit weiter. Bei gleichbleibender Laserschnittgeschwindigkeit würde weniger Zeit für die Rückschwenkbewegung bleiben (eine höhere Laserschnittgeschwindigkeit resultiert in einem kleineren Anteil des Vorwärtsschwenkens und des Verfahrens der Lineareinheit an einem Takt). Eine langsamere Laserschnittgeschwindigkeit bewirkt das Gegenteil und reduziert die verbleibende Zeit für den Rückwärtsschwenk. Durch eine Erhöhung der Anzahl der Schneidtrommeln besteht hier die Möglichkeit, den Prozess so zu verlängern, dass mehr als eine Taktzeit für die Vorwärtsbewegung und die Bewegung des Linearantriebs genutzt werden kann. Eine deutlich geringere Laserschnittgeschwindigkeit ist daher vorteilhaft möglich. Eine Randbedingung ist hierbei, dass Schnitt und Zurückschwenken innerhalb der Zeitdauer $s + t$ abgeschlossen sind.

[0033] Die Erfindung wird im Folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 eine Ansicht auf eine in Transportrichtung T geförderte Materialbahn im Bereich einer Laserschneidvorrichtung;

Fig. 2 eine Seitenansicht einer in einer Ebene geförderten Materialbahn im Bereich einer Laserschneidvorrichtung;

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines mittels der Laserschneidvorrichtung gemäß **Fig. 1** und **Fig. 2** geschnittenen Bahnsegments;

Fig. 4 eine Querschnittsansicht einer Schneidtrommel mit einer darauf geförderten Materialbahn und einer von außen schneidenden Laserschneidvorrichtung;

Fig. 5 eine Querschnittsansicht einer Schneidtrommel mit darauf geförderter Materialbahn und einer aus dem Trommelinneren heraus schneidenden Laserschneidvorrichtung;

Fig. 6 eine perspektivische Ansicht einer Schneidvorrichtung in einer bevorzugten Ausführungsform;

Fig. 7 eine Ansicht der Schneidvorrichtung aus **Fig. 6** etwa entlang der Trommelachse;

Fig. 8-13 eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Schneidvorrichtung in weiteren vorteilhaften Ausführungsformen;

Fig. 14A-14G eine schematische Darstellung des Ablaufs eines Schneidverfahrens auf einer Mehrzahl von Schneidtrommeln.

[0034] In **Fig. 1** ist eine sich beispielsweise mit konstanter Geschwindigkeit bewegend Materialbahn 60 beispielsweise aus Elektrodenmaterial gezeigt, die in Abschnitte bzw. Segmente 61, beispielsweise Elektrodenblätter, mit rechteckiger Grundfläche geschnitten werden soll. In **Fig. 1** ist die Länge a und die Breite b des zu schneidenden Segments 61 bzw. der zu schneidenden Elektrode dargestellt. Jede Elektrode weist an einer Seitenkante 66 der Materialbahn 60 jeweils eine Kontaktlasche 62 zum Kontaktieren der Elektrode in der fertigen Batteriezelle auf. Die Materialbahn 60 wird in einer Transportrichtung T auf einer in einer Rotationsrichtung R rotierend angetriebenen Schneidtrommel 10 (siehe **Fig. 4** bis **Fig. 13**) transportiert.

[0035] Wird ein Laser 24 (siehe **Fig. 6**, **Fig. 8-13**) so positioniert, dass der Fokuspunkt des Laserstrahles fest an der Stelle c auf der Schneidtrommel 10 und somit auf der Materialbahn 60 angeordnet ist, und lässt den Laserstrahl mittels Strahlführungselementen die Diagonale d abfahren, während die Schneidtrommel 10 rotiert, erhält man einen rechtwinkligen Schnitt auf der Materialbahn 60, da sich die Materialbahn 60 während des Schnitts in Transportrichtung T bewegt. Der Laserstrahl muss also zum rechtwinkligen Schneiden (Querschneiden) in einer Querrichtung Q über die Materialbahn 60 bewegt und gleichzeitig in der Transportrichtung T der bewegten Materialbahn 60 nachgeführt werden. Nach dem zuvor Gesagten wird der Schnitt somit entlang einer Diagonalen d vom Anfangspunkt 63 an einer Seitenkante 65 der Materialbahn 60 bis zum Endpunkt 64 an der anderen Seitenkante 66 der Materialbahn 60

ausgeführt. Selbstverständlich kann ein Schnitt auch in der anderen Richtung, d.h. von unten nach oben in **Fig. 1** durchgeführt werden.

[0036] Bei einer festen Position des Lasers 24 bzw. genauer des Austrittspunkts 34 steht dieser in **Fig. 1** in einem Punkt senkrecht über der zu schneidenden Materialbahn 60. In den **Fig. 2** bis **Fig. 5** bezeichnet L_i den Laserstrahl zu Schnittbeginn, d.h. im Anfangspunkt 63, und L_e den Laserstrahl am Schnittpunkt, d.h. im Endpunkt 64. In den **Fig. 2** bis **Fig. 5** sind beide Laserstrahlen L_i , L_e gezeigt. Es versteht sich aber, dass zu jedem Zeitpunkt nur ein Laserstrahl L auf die Materialbahn 60 trifft.

[0037] In **Fig. 2** ist beispielhaft eine in einer Ebene, beispielsweise mittels eines Bandförderers, geförderte Materialbahn 60 gezeigt. Betrachtet man die zu schneidende Materialbahn 60 wie in **Fig. 2** von der Seite, kann man den entstehenden Schnittwinkel α zwischen dem Laserstrahl L , L_i , L_e und der Normalen zu der Materialbahnebene in einer Ebene senkrecht zur Rotationsachse der Schneidtrommel 10 sehen. (Ein weiterer Winkel zwischen Laserstrahl L_i , L_e und Normalen zur Materialbahn ergibt sich in einer Ebene senkrecht zu der Förderrichtung, dieser wird hier nicht betrachtet.) Das Ergebnis dieses Schnittvorgangs ist eine helixförmige bzw. in sich verwundene Schnittfläche, siehe **Fig. 3**. Diese Schnittfläche kann dazu führen, dass scharfe Kanten des Schnittprodukts die Separatorfolie durchstechen und einen Kurzschluss erzeugen; dass Beschichtungsmaterial von der Schnittkante abbricht und die Oberfläche verschmutzt; dass die Einzelblätter oder die Monozellen nicht richtig zueinander ausgerichtet werden können; und/oder dass die geforderte Stapelgenauigkeit nicht erreicht wird. Sämtliche der aufgezählten Punkte können zu einer Funktionsminderung oder einem Funktionsverlust der fertigen Batteriezelle führen.

[0038] In **Fig. 4** ist im Vergleich eine auf einer Schneidtrommel 10 geförderte Materialbahn 60 in einer Querschnittsansicht gezeigt. Ein Schnitt auf einer Trommel 10 hat unter anderem wegen des einfacheren Transportes der geschnittenen Elektroden bzw. Segmente 61 Vorteile gegenüber einem Schnitt in der Ebene bzw. auf einem Bandförderer wie in **Fig. 2**. Jedoch wird der Schnittwinkel α im Vergleich zu **Fig. 2** größer, wenn man die Materialbahn auf einer Trommel 10 mit einem feststehenden Laser von außen und beispielsweise Ablenkung des Laserstrahls L über Spiegel schneidet, wie aus **Fig. 4** ersichtlich ist.

[0039] Nach einem Aspekt der Erfindung wird daher aus dem Innenraum 67 der Schneidtrommel 10 heraus geschnitten, wie in **Fig. 5** gezeigt. Der Austrittspunkt 34, also der Austrittspunkt des Laserstrahls aus einem optischen Laserstrahlführungssystem,

oder der letzte Umlenkpunkt liegt somit im Trommelinneren 67, d.h. dem von dem Trommelmantel eingeschlossenen Raum. Auf diese Weise wird der Schnittwinkel α erheblich reduziert im Vergleich zu einem Schneiden von außen wie in **Fig. 4**. Der Laserstrahl tritt von innen, d.h. ausgehend von dem Innenraum 67, durch eine Durchtrittsöffnung 11 in der Schneidtrommel 10 nach außen und trifft auf die am Außenumfang der Schneidtrommel 10 Materialbahn 60, um diese wie zuvor beschrieben zu schneiden. In der **Fig. 5** sind zwei Durchtrittsöffnungen 11 gezeigt, dabei handelt es sich jedoch um dieselbe Durchtrittsöffnung 11 zu unterschiedlichen Zeitpunkten, nämlich zum Schnittbeginn (links) und zum Schnittende (rechts). Vorteilhaft ist die Durchtrittsöffnung 11 ein diagonaler Spalt, entsprechend der Schnittdiagonale d in **Fig. 1**. Insofern zeigt **Fig. 5** eigentlich zwei Querschnitte durch die Schneidtrommel 10, nämlich in der linken Hälfte einen Querschnitt durch den Angangspunkt 63 und in der rechten Hälfte einen Querschnitt durch den Endpunkt 64.

[0040] Idealerweise liegt der Austritts- oder Umlenkpunkt 34 auf der Mittel- oder Rotationsachse der Schneidtrommel 10, d.h. in einem Querschnitt in dem Trommelmittelpunkt M der Schneidtrommel 10, siehe **Fig. 5**. Durch die Erfindung kann somit eine rechtwinklige Schnittfläche erzeugt werden, da in dieser Ausführungsform zu jedem Zeitpunkt des Schneidvorgangs der Schnittwinkel $\alpha = 0$ ist. Auf die Position des Lasers, d.h. des Laserstrahlerzeugers, selbst kommt es dabei nicht an, dieser kann innerhalb oder vorteilhaft außerhalb der Schneidtrommel 10 angeordnet sein und beispielsweise axial oder axialparallel in die Schneidtrommel 10 einstrahlen. Der Laserstrahl wird vom Austritts- oder Umlenkpunkt 34 in einer Diagonalen, beispielsweise über einen Spiegel oder ein Umlenkelement, über die zu schneidende Materialbahn 60 geführt wie in **Fig. 1** gezeigt. Eine von der Trommelachse M abweichende Positionierung des Austritts- oder Umlenkpunkts 34 ist möglich, wenn ein von Null abweichender geringer Schnittwinkel α tolerierbar ist.

[0041] Eine vorteilhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 12 zum Schneiden oder Perforieren einer Materialbahn 60 ist in den **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigt. Die Vorrichtung 12 umfasst die Schneidtrommel 10 und die Laserschneideinrichtung 13. Die Schneidtrommel 10 weist hier eine Mehrzahl von beispielsweise zwanzig unter gleichen Winkelabständen angeordnete Durchtrittsöffnungen 11 auf, die sich quer über die Breite der Schneidtrommel 10 erstrecken. In dieser Ausführungsform ist eine schwenkbare Einheit 19 vorgesehen, die in der Schneidtrommel 10 um deren Rotationsachse R schwenkbar gelagert ist und zu diesem Zweck einen Schwenkantrieb 20 aufweist. Die Schwenkbewegung der schwenkbaren Einheit 19 wird mit dem Pfeil S veranschaulicht. An der schwenkbaren Ein-

heit 19 ist eine vorteilhaft mit der schwenkbaren Einheit 19 mitschwenkende Linearantriebseinheit 17 vorgesehen, die zur linearen Verschiebung eines Strahlumlenkungselements 16 entlang der oder parallel zu der Rotationsachse R eingerichtet und angeordnet ist.

[0042] Das Strahlumlenkungselement 16 dient zur Umlenkung des Laserstrahls L auf die Materialbahn 60 und ist vorzugsweise in einem beispielsweise röhrenförmigen Optikkhalter 21 gehalten, der an der Linearantriebseinheit 17 befestigt ist. Die Linearverschiebung des Optikhalters 21 bzw. des Strahlumlenkungselements 16 wird durch den Pfeil V veranschaulicht. Das Strahlumlenkungselement 16 ist hier ein Spiegelement 29, das unter 45° relativ zu der Rotationsachse R in dem Optikkhalter 21 gehalten ist. Der Optikkhalter 21 weist eine Durchgangsöffnung 22 auf, durch die der von dem Strahlumlenkungselement 16 reflektierte Laserstrahl L radial nach außen tritt. Die schwenkbare Einheit 19 weist vorzugsweise eine entsprechende, beispielsweise längliche Durchgangsöffnung 23 auf, durch die der aus der Durchgangsöffnung 22 austretende Laserstrahl L radial nach außen hindurchtritt, um durch die entsprechende Durchtrittsöffnung 11 des Trommelmantels 14 (siehe **Fig. 7**) hindurchzutreten und schließlich auf die der Schneidtrommel 10 zugewandte Seite der Materialbahn 60 zu treffen.

[0043] Die schwenkbare Einheit 19 dient gleichzeitig als Absaugeinrichtung 18, wobei durch das Laserschneiden erzeugte Partikel durch die Durchgangsöffnung 23 in die schwenkbare Einheit 19 eingesaugt und beispielsweise zu einer externen Filtereinheit abgeleitet werden. Weiterhin kann die schwenkbare Einheit 19 eine Drucklufteinrichtung aufweisen, die zur Erzeugung einer Querströmung senkrecht zum Laserstrahl eingerichtet ist, um durch das Laserschneiden erzeugte Partikel wegzublasen.

[0044] Die Laserschneideinrichtung 13 umfasst einen Laserstrahlerzeuger 24, der auch als Laserstrahlquelle oder kurz Laser bezeichnet werden kann. Der Laserstrahlerzeuger 24 ist so angeordnet, dass der von ihm erzeugte Laserstrahl L entlang der Rotationsachse R von einer Stirnseite her in die Schneidtrommel 10 eintritt und durch den Optikkhalter 21 und darin gegebenenfalls enthaltene optische Elemente hindurchtritt, bis er auf das Umlenkelement 21 trifft und von diesem um 90° umgelenkt wird, so dass der Laserstrahl von der Rotationsachse R ausgehend radial nach außen tritt und durch die Durchgangsöffnungen 22, 23 hindurch schließlich auf die zu schneidende Materialbahn 60 trifft.

[0045] Im Folgenden wird der Ablauf zum Schneiden eines Segments 61 aus der Materialbahn 60 betrachtet. Zu Beginn ist das Strahlumlenkungselement 16 im Bereich einer Stirnseite der Trommel

positioniert, so dass der Laserstrahl L an einer Seitenkante 65 der Materialbahn 60 die Materialbahnebene schneidet. Dies entspricht dem Angangspunkt 63 in **Fig. 1**. Zum Schneiden der Materialbahn 60 verschiebt dann der Linearantrieb 17 den Optikhalter 21 bzw. das Strahlumlenkungselement 16 entlang der Rotationsachse R und somit entlang der optischen Achse des von dem Laser 24 einfallenden Laserstrahls L. Da während dieser Linearverschiebung die Schneidtrommel 10 rotiert, wird zum Ausgleich dieses Bahnvorschubs die schwenkbare Einheit 19 und mit ihr das Strahlumlenkungselement 16 mitgeschwenkt (in Schwenkrichtung S in **Fig. 7**), wobei die Schwenkung und die Linearverschiebung des Strahlumlenkungselements 16 so aufeinander abgestimmt sind, dass der Laserstrahl jederzeit durch den Schneidspalt 11 der Schneidtrommel 10 fällt, um die Materialbahn in Querrichtung Q senkrecht zur Transportrichtung T verlaufend, kurz quer zu schneiden.

[0046] Wenn das Strahlumlenkungselement 16 an der anderen Seitenkante 66 der Materialbahn 60 angekommen ist (Endpunkt 64 in **Fig. 1**), wird die schwenkbare Einheit 19 entgegen der Transportrichtung T (entgegen der Schwenkrichtung S) zurückgeschwenkt, ohne lineare Verschiebung durch den Linearantrieb 17, bis sich die schwenkbare Einheit 19 wieder an der ursprünglichen Rotationsposition befindet (entgegengesetzter Anfangspunkt 69 in **Fig. 1**). Sodann erfolgt eine Verschiebung und Schwenkung Strahlumlenkungselements 16, wobei jedoch das Strahlumlenkungselement 16 in Gegenrichtung (entgegen der Querrichtung Q in **Fig. 1**) linear verschoben wird, bis der Laserstrahl an dem entgegengesetzten Endpunkt 70 in **Fig. 1** angelangt ist. Auf dieser Weise wird somit schließlich ein rechteckiges Segment 61 zu erhalten. Es folgt ein weiteres Zurückschwenken der schwenkbare Einheit 19 in die ursprüngliche Ausgangsposition 63 und der Schneidvorgang beginnt von neuem.

[0047] Das bewegliche Strahlumlenkungselement 16 ist in dieser Ausführungsform ein linear verschiebbares und einachsiger schwenkbares, nämlich um die Trommelachse R schwenkbares Spiegelelement 29.

[0048] Der Linearantrieb 17 führt somit eine Hin- und Her-Bewegung und der Schwenkantrieb 20 ein koordiniertes Vor- und Zurück-Schwenken des Strahlumlenkungselements 16 abhängig auch von der Produktions- bzw. Transportgeschwindigkeit der Materialbahn 60 aus, so dass ein zur Bahnaufrichtung bevorzugt senkrecht bzw. quer verlaufender Schnitt durch die Materialbahn erzeugt werden kann.

[0049] Die Koordination der Verschiebung V und der Schwenkung S wird durch eine elektronische Steuereinrichtung 25 gesteuert, die in **Fig. 6** beispielhaft gezeigt ist. Es versteht sich, dass eine solche elektronische Steuereinrichtung 25 auch in allen anderen

Ausführungsformen zum koordinierten Verschieben und/oder Drehen oder Verschwenken der beweglich gelagerten Teile der Laserschneideinrichtung vorgesehen ist. Die digitale elektronische Steuereinrichtung 25 steuert den Linearantrieb 17 und den Schwenkantrieb 20 an und kann auch zur Ansteuerung des Lasers 24 dienen. Die digitale elektronische Steuereinrichtung 25 kann Teil der Maschinensteuerung einer Produktionsmaschine sein, in der die Vorrichtung 12 angeordnet ist. Da der Schnitt des Laserstrahls entlang der Materialbahn möglichst mit konstanter Geschwindigkeit erfolgen soll, wird in Abhängigkeit davon die Schwenkgeschwindigkeit des Strahlumlenkungselements 16 entsprechend gewählt und angepasst.

[0050] Eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 12 ist in **Fig. 8** gezeigt. Diese unterscheidet sich von der Ausführungsform gemäß **Fig. 6** und **Fig. 7** darin, dass das Strahlumlenkungselement 16 anstelle eines einfachen Spiegelements 29 ein Polygonspiegelement 30 ist. Das Polygonspiegelement 30 weist eine Mehrzahl von sektorförmigen Spiegelflächen 31 auf, die jeweils um 45° gegen die Trommelachse R geneigt sind. Das Polygonspiegelement 30 ist entlang einer Achse 32 linear verschiebbar gelagert. Das Polygonspiegelement 30 ist gleichzeitig um die Achse 32 drehbar gelagert. Dazu kann beispielsweise die Achse 32 drehbar als Welle ausgeführt sein. Linearantrieb 17 und Drehantrieb 20 sind in **Fig. 8** nur schematisch gezeigt. Auch die Absaugeinrichtung 18, die beispielsweise raumfest angeordnet sein kann, ist in **Fig. 8** nur schematisch gezeigt.

[0051] Die Achse 32 ist gegen die Trommelachse R parallel versetzt, so dass der auf der Trommelachse R einfallende Laserstrahl auf eine der Spiegelflächen 31 fällt, dort um 90° umgelenkt wird und durch die Durchtrittsöffnung 11 in dem Trommelmantel 14 senkrecht auf die zu schneidende Materialbahn 60 fällt. Der Austritts- oder Umlenkpunkt 34, wo der Laserstrahl auf den Polygonspiegel trifft und letztendlich umgelenkt wird, liegt somit auf der Trommelachse R. Jede Spiegelfläche 31 entspricht genau einem Schnitt d über die Breite der Materialbahn 60 (siehe **Fig. 1**). Zum Schneiden der Materialbahn 60 wird das Polygonspiegelement 30 entlang der Linearachse 32 hin und her verschoben, wobei jede Hin-Bewegung und jede Her-Bewegung jeweils genau einem Schnitt d über die Breite der Materialbahn 60 (siehe **Fig. 1**) entspricht. Zum Ausgleich des Bahnvorschubs durch die Trommelrotation R wird das Polygonspiegelement 30 in der Drehrichtung D mit der Trommel synchron mitgedreht. Die Drehrichtung D des Polygonspiegelements 30 und die Rotationsrichtung R der Schneidtrommel 10 sind somit identisch und ebenso die Drehgeschwindigkeiten bzw. Winkelgeschwindigkeiten.

[0052] Die Ausführungsform gemäß **Fig. 8** (wie auch die gemäß **Fig. 9** und **Fig. 10**) hat den Vorteil, dass das Polygonspiegelement 30 fortlaufend mit konstanter Drehrichtung D gedreht werden kann und kein Hin- und Her-Schwenken wie in den **Fig. 6** und **Fig. 7** erforderlich ist.

[0053] Das bewegliche Strahlumlenkungselement 16 ist in dieser Ausführungsform ein linear verschiebbares und einachsig drehbares, nämlich um die Achse 32 parallel zu der Trommelachse R drehbares Polygonspiegelement 31.

[0054] In der weiteren Ausführungsform gemäß **Fig. 9** sind zwei beweglich gelagerte Strahlumlenkungselemente 16A, 16B vorgesehen. Ein erstes Strahlumlenkungselement 16A ist ein entlang einer Linearachse 32 mittels eines Linearantriebs linear verschiebbares Spiegelement 29, dessen um 45° zur Strahlachse des einfallenden Laserstrahls geneigt Spiegelfläche eine feste Orientierung im Raum aufweist, und somit nicht dreh- oder schwenkbar ist. Ein zweites Strahlumlenkungselement 16B ist ein Polygonspiegelement in Form einer Polygonspiegelwalze 33. Zum Schneiden der Materialbahn 60 wird das Spiegelement 29 entlang der Linearachse 32 verschoben. Der von dem Spiegelement 29 reflektierte Laserstrahl L fällt auf die Polygonwalze, wird dort erneut reflektiert, tritt dann durch die Durchtrittsöffnung 11 und trifft schließlich senkrecht auf die Materialbahn 60, um diese zu schneiden. Durch die Linearverschiebung des Spiegelements 29 fährt der Laserstrahl die Polygonwalze 33 in deren Längsrichtung pro Schnitt einmal ab. Die Polygonwalze 33 wird analog zu **Fig. 8** um die Drehachse D in Drehrichtung gedreht, um den Bahnvorschub durch die Rotation der Schneidtrommel 10 auszugleichen. Drehrichtung D und Winkelgeschwindigkeit der Polygonwalze 33 sind erneut gleich zu der Rotationsrichtung R und Winkelgeschwindigkeit der Schneidtrommel 10. Die Polygonwalze 33 ist so angeordnet, dass der Austritts- oder Umlenkpunkt 34, wo der Laserstrahl auf die Polygonwalze 33 trifft und dort letztmalig umgelenkt wird, zu jedem Zeitpunkt auf der Rotationsachse R liegt oder allenfalls minimal davon abweicht.

[0055] Die Ausführungsform gemäß **Fig. 9** verdeutlicht, dass die Funktion der linearen Verschiebung eines Strahlumlenkungselements 16A und der Drehung oder Schwenkung eines Strahlumlenkungselements 16A um eine zur Trommelachse R parallele Drehachse nicht zwingend von einem einzigen Strahlumlenkungselement 16 ausgeführt werden wie in den **Fig. 6** bis **Fig. 8**, sondern für jede dieser Funktionen ein eigenes Strahlumlenkungselement 16A, 16B vorgesehen sein kann.

[0056] Die weitere Ausführungsform gemäß **Fig. 10** verdeutlicht, dass für die Erfindung nicht zwingend

ein linear verschiebbares Strahlumlenkungselement 16, 16A wie in den **Fig. 6** bis **Fig. 9** und vorgesehen sein muss. In dieser Ausführungsform ist ein erstes Strahlumlenkungselement 16A, nämlich ein einachsig in einer Schwenkrichtung S hin und her schwenkbares Spiegelement 29 vorgesehen, sowie ein zweites Strahlumlenkungselement 16B in Form einer Polygonspiegelwalze 33, die genau wie die Polygonspiegelwalze 33 in **Fig. 9** eingerichtet und angeordnet ist. Das Abfahren der Polygonwalze 33 mit dem Laserstrahl L in Längsrichtung wird hier durch Schwenkung des Spiegelements 29 um eine Querachse senkrecht zu der Trommelachse R erreicht.

[0057] In der Ausführungsform gemäß **Fig. 11** ist ebenfalls kein linear verschiebbares Strahlumlenkungselement 16, 16A wie in den **Fig. 6** bis **Fig. 9** vorgesehen. Stattdessen ist hier ein um zwei Achsen schwenkbares Spiegelement 35 vorgesehen, das auch als 2-Achsen-Scanelement bezeichnet werden kann. Der Laserstrahl L läuft auf der Trommelachse R ein, trifft in dem auf der Trommelachse R liegenden Austritts- oder Umlenkpunkt 34 auf das Spiegelement 35, wird dort umgelenkt, tritt durch die Durchtrittsöffnung hindurch und trifft auf die zu schneidende Materialbahn 60. Der Schwenkantrieb 20 ist zur Schwenkung des Spiegelements 35 um die Strahlachse des einfallenden Laserstrahls und zur Schwenkung des Spiegelements 35 um eine dazu senkrechte Querachse eingerichtet. Ein Schnitt über die Breite der Materialbahn 60 wird durch Schwenkung des Spiegelements 35 um die Querachse und gleichzeitig, zur Kompensation des Bahnvorschubs durch die Rotation der Trommelachse R, durch Schwenkung um die Strahlachse durchgeführt.

[0058] Eine weitere Ausführungsform gemäß **Fig. 12** verdeutlicht, dass der Laserstrahl L nicht zwingend von innen auf die zu schneidende Materialbahn 60 fallen muss, sondern auch ein Laserschneiden von außerhalb Schneidtrommel 10 möglich ist. Der Laser 24 ist mittels Linearantrieb 17 linear verschiebbar auf der Linearachse 32 gelagert, die parallel zu der Trommelachse T verläuft. Des Weiteren ist die Linearachse 32 und damit der Laser 24 mittels des Schwenkantriebs 20 um die Trommelachse R schwenkbar. Laser 24, Linearachse 32 und Schwenkantrieb 20 sind radial außerhalb des Trommelmantels 14 angeordnet. Ein Schnitt über die Breite der Materialbahn 60 wird durch lineares Hin- oder Her-Fahren des Lasers 24 quer über die Materialbahn 60 entlang der Linearachse 32 und gleichzeitig, zur Kompensation des Bahnvorschubs durch die Rotation der Schneidtrommel 10, durch Schwenkung in Schwenkrichtung S um die Trommelachse R durchgeführt. In dieser Ausführungsform ist nach Durchführung eines Schnitts ein Zurückschwenken der Linearachse 32 bzw. des Lasers 24 entgegen

der Schneidschwenkrichtung S in die eine Ausgangsposition erforderlich, bevor der nächste Schnitt erfolgen kann, vergleichbar wie zu den **Fig. 6** und **Fig. 7** beschrieben. In dieser Ausführungsform wird der Laser 24 also hin und her bewegt und vor und zurück geschwenkt.

[0059] Die Ausführungsform gemäß **Fig. 12** verdeutlicht weiterhin, dass die Laserschneideinrichtung 13 nicht zwingend ein Strahlumlenkungselement 16, 16A, 16B aufweisen muss.

[0060] Die Ausführungsform gemäß **Fig. 13** hat den Vorteil, dass die Polygonspiegelwalze 33 fortlaufend mit konstanter Drehrichtung D gedreht werden kann und kein Hin- und Her-Schwenken wie in **Fig. 12** erforderlich ist. In dieser Ausführungsform ist der Laser 24 (alternativ ein erstes Strahlumlenkungselement 16A) entlang der Linearachse 32 mittels des Linearantriebs 17 linear verschiebbar gelagert. Ein Schnitt über die Breite der Materialbahn 60 wird durch lineares Hin- oder Her-Fahren des Lasers 24 quer über die Materialbahn 60 entlang der Linearachse 32 und gleichzeitig, zur Kompensation des Bahnvorschubs durch die Rotation der Schneidtrommel 10, durch Drehung der Polygonwalze 33 in Drehrichtung D um die Trommelachse R durchgeführt.

[0061] In der Ausführungsform gemäß **Fig. 12** und **Fig. 13** ist vorteilhaft eine Absaugvorrichtung 36 zum Absaugen von durch das Laserschneiden entstandenen Partikeln außerhalb der Schneidtrommel 10 angeordnet. Eine solche kann zusätzlich auch in den Ausführungsformen vorgesehen sein, in denen von innen geschnitten wird (**Fig. 6** bis **Fig. 11**).

[0062] In der Ausführungsform gemäß den **Fig. 14A** bis **Fig. 14G** weist die erfindungsgemäße Vorrichtung 12 eine Mehrzahl von hier zwei, vorzugsweise hintereinander geschalteten Schneidtrommeln 10, 38 auf. Zu jeder Schneidtrommel 10, 38 ist eine entsprechende, nur schematisch gezeigte Laserschneideinrichtung 13, 39 vorgesehen, die angeordnet und eingerichtet ist, den entsprechenden Laserstrahl L, L' aus dem jeweiligen Inneren der Schneidtrommel 10, 38 durch nicht gezeigte Durchtrittsöffnungen 11 (siehe **Fig. 5**) auf die Materialbahn 60 zu richten, um diese in Segmente 61 zu schneiden. Die Laserschneideinrichtungen 13, 39 können separate Einrichtungen sein und jeweils eigene Laser 24 und Strahlführungssysteme aufweisen. Alternativ können die Laserschneideinrichtungen 13, 39 gemeinsame Elemente aufweisen, beispielsweise einen Laser 24, und mindestens teilweise separate Strahlführungssysteme, beispielsweise separate Umlenkelemente 16, 16'. Die Austritts- oder Umlenkungspunkte 34, 34' der Laserschneideinrichtungen 13, 39 liegen vorzugsweise jeweils auf der Rotationsachse R, R' der jeweiligen Schneidtrommel 10, 38.

[0063] Die hier gegenläufigen Drehrichtungen D, D' der Schneidtrommeln 10, 38 sind in **Fig. 14A** mittels Pfeilen gezeigt. Die Materialbahn 60 zu der Schneidtrommel 10 zugeführt und nach einer Umschlingung von vorzugsweise mindestens 90°, weiter vorzugsweise mindesten 135° und beispielsweise 180° wird die Materialbahn 60 bzw. die mit der Laserschneideinrichtung 13 bzw. dem Laserstrahl L daraus geschnittenen Segmente 61 an die weitere Schneidtrommel 38 übergeben. Im vorliegenden Beispiel sind die Schneidtrommeln 10, 38 zur Aufnahme von acht Segmenten 61 bemessen, selbstverständlich sind andere Teilungen und Bemessungen für mehr oder weniger als acht Segmente möglich.

[0064] Im Folgenden wird das Schneiden der Materialbahn 60 in Segmente 61a, 61b, 61c, ... in einer vorteilhaften Ausführungsform anhand der zeitlichen Abfolge gemäß den **Fig. 14A** bis **Fig. 14G** beschrieben.

[0065] In **Fig. 14A** wird die Materialbahn 60 mit den Bahnabschnitten 68a, 68b, ... angeliefert, wobei jeder Bahnabschnitt 68a, 68b, ... einem zu schneidenden Segment 61a, 61b, ... entspricht. Der Laserstrahl L der Schneidtrommel 10 ist beispielsweise auf den Übergabepunkt der Materialbahn 60 auf die Schneidtrommel 10 gerichtet. Der Laserstrahl L' der Schneidtrommel 38 ist beispielsweise auf den Übergabepunkt der Materialbahn 60 von der Schneidtrommel 10 auf die weitere Schneidtrommel 38 gerichtet.

[0066] In **Fig. 14A** startet das Laserschneiden der Materialbahn 60 mit dem Laserstrahl L auf der Schneidtrommel 10. Der Schneidprozess wird durch lineare Verschiebung und gleichzeitige Schwenkung des Umlenkelements 16, das der Übersichtlichkeit wegen nur in **Fig. 14A** gezeigt ist, durchgeführt, wie unter Bezugnahme auf die **Fig. 6-9** beschrieben.

[0067] In **Fig. 14B** ist der in **Fig. 14A** begonnene Schnitt beendet. Der Laserstrahl L kann in dieser Position beispielsweise stehen bleiben (keine weitere Verschiebung und Schwenkung), bis die in **Fig. 14C** gezeigte Rotationsposition der Schneidtrommeln 10, 38 erreicht ist, in der der Laserstrahl L die nächste Durchtrittsöffnung 11 entsprechend dem Ende des ersten Bahnabschnitts 68a erreicht hat. Alternativ ist es möglich, dass der Laserstrahl mit verringerter Geschwindigkeit weiter geschwenkt wird, zurückgeschwenkt wird oder eine andere geeignete Bewegung ausführt. In jedem Fall wird der Laserstrahl vor Schnittbeginn in die notwendige Ausgangslage gebracht und in seiner Bewegung mit der Geschwindigkeit der zu schneidenden Materialbahn synchronisiert.

[0068] Es ist denkbar, dass in der Zeit zwischen den **Fig. 14B** und **Fig. 14C** der Laserstrahl L die Innen-

seite des Trommelmantels der Schneidtrommel 10 überstreicht und dort absorbiert wird. Vorteilhaft ist stattdessen jedoch ein zwischenzeitliches Ausschalten des Lasers 24. Denkbar ist auch ein zwischenzeitliches Unterbrechen (beispielsweise mittels Shutter) oder Absorbieren des Laserstrahls L.

[0069] In **Fig. 14C** startet wiederum das Laserschneiden der Materialbahn 60 mit dem Laserstrahl L auf der Schneidtrommel 10, durch lineare Verschiebung und gleichzeitige Schwenkung des Umlenkelements 16, wie zuvor. In **Fig. 14D** ist der in **Fig. 14C** begonnene Schnitt beendet, so dass der Bahnabschnitt 68a vollständig geschnitten und somit ein Bahnsegment 61a erzeugt ist. Der Laserstrahl L kann in dieser Position wiederum ausgeschaltet werden, bis eine Rotationsposition der Schneidtrommeln 10, 38 erreicht ist, in der der Laserstrahl L die nächste Durchtrittsöffnung 11 entsprechend dem Ende des nächsten Bahnabschnitts 68b erreicht hat, um sodann mit einem weiteren Schnitt der Bahnabschnitt 68b vollständig zu schneiden und somit ein weiteres Bahnsegment 61b zu erzeugen.

[0070] Nachdem der Bahnabschnitt 68b vollständig geschnitten ist, wird der Laserstrahl L wiederum ausgeschaltet, bis der Laserstrahl L die nächste Durchtrittsöffnung 11 entsprechend dem Ende des nächsten Bahnabschnitts 68c erreicht hat. Diese Position ist in **Fig. 14E** gezeigt. In dieser Position wird das Segment 61a von der Schneidtrommel 10 auf die weitere Schneidtrommel 38 übergeben. Diese Übergabe ist in **Fig. 14F** abgeschlossen, in der auch der Schnitt des Bahnabschnitts 68c abgeschlossen und das Segment 61c erzeugt ist.

[0071] Nach dem Schneiden des Segments 61c ist der erste Schneidvorgang abgeschnitten und der Laserstrahl L wird durch Schwenkung des Strahlumlenkungselements 16 in die in **Fig. 14A** gezeigte Ausgangsposition zurückgeschwenkt. Der Zustand nach Abschluss der Schwenkbewegung ist in **Fig. 14G** gezeigt. In diesem Zeitpunkt beginnt der Laserstrahl L das Schneiden des Bahnabschnitts 68j und der Laserstrahl L' vollendet das Schneiden des Bahnabschnitts 68d. Anschließend vollendet der Laserstrahl L das Schneiden des Bahnabschnitts 68j und schneidet weiterhin die Bahnabschnitte 68k und 68l, der Laserstrahl L' schneidet weiterhin die Bahnabschnitte 68e, 68f und 68g. Danach ist der zweite Schneidvorgang beendet und die Laserstrahlen L, L' schwenken erneut in die in **Fig. 14A**, **Fig. 14G** gezeigte Ausgangsposition zurück.

[0072] In der Ausführungsform gemäß den **Fig. 14A-14G** werden wie beschrieben mehrere aufeinanderfolgende Schnitte auf jeder Schneidtrommel 10, 38 durchgeführt. Der Schwenkantrieb der Laserschneideinrichtung bleibt nach jedem Schnitt stehen und wartet einen Takt, bis die Laserschneideinrichtung

wieder anfängt zu schneiden. Hierbei können beispielhaft vier (allgemein m) Schnitte in Folge auf der Schneidtrommel 10 durchgeführt werden. Nach den vier (m) Schnitten kann die Schwenkeinheit auf ihren Startpunkt zurückschwenken. Die nachgeordnete Schneidtrommel 38 macht die nächsten vier (m) Schnitte, sodass die Schneidtrommeln 10, 38 immer im Wechsel arbeiten.

[0073] Das Schneiden und/oder das Zurückschwenken der Laserstrahlen L, L' kann synchron wie in **Fig. 14A-14G**, oder zeitlich versetzt erfolgen.

[0074] In der Ausführungsform gemäß den **Fig. 14A-14G** beträgt der Arbeitsbereich der Laserstrahlen L, L' beispielsweise jeweils 90° (vgl. **Fig. 14A** und **Fig. 14F**). Andere Arbeitsbereiche sind möglich. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist der Arbeitsbereich der Laserstrahlen größer als 180° , vorzugsweise mindestens 225° , weiter vorzugsweise mindestens 270° . In diesem Fall müssen die Laserstrahlen L, L' nicht zeitaufwändig zurückschwenken, sondern können um die vollen 360° umlaufend ausgebildet sein, was zu einer erhöhten Produktionsgeschwindigkeit beiträgt.

[0075] Hier werden also so viele Schnitte auf einer Schneidtrommel 10, 38 ausgeführt, dass der Laserendpunkt (vgl. **Fig. 14F**) deutlich mehr als 180° vom Laserstartpunkt (vgl. **Fig. 14A**) entfernt liegt, beispielhaft 270° . Der Schwenk erfolgt nun nicht mehr entgegen der Drehrichtung der Schneidtrommel, sondern mit der Drehrichtung (Vorwärtsschwenk). Durch den reduzierten Schwenk kann ein großer Zeitgewinn erzielt werden. Auch hierfür sind mindestens zwei Schneidtrommeln erforderlich, wobei auf einer Schneidtrommel beispielsweise zehn Schnitte durchgeführt werden, um die 270° zu erreichen.

[0076] In der Ausführungsform gemäß den **Fig. 14A-14G** sind zwei Schneidtrommeln 10, 38 vorgesehen. Die Zahl der Schneidtrommeln ist nicht auf zwei beschränkt, es können auch mehr als zwei Schneidtrommeln mit jeweils einer Laserschneideinrichtung vorgesehen sein.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2016041713 A1 [0003]
- DE 102017216213 A1 [0004]
- WO 2020192845 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Vorrichtung (12) zum Schneiden oder Perforieren einer Materialbahn für die Energiezellen produzierende Industrie, umfassend eine Schneidtrommel (10), auf der eine Materialbahn (60) in einer Transportrichtung (T) transportiert wird, und eine Laserschneideinrichtung (13) zum Schneiden der Materialbahn (60) quer zu der Transportrichtung (T) zur Erzeugung einzelner Segmente (61) mittels eines Laserstrahls (L), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laserschneideinrichtung (13) so angeordnet und eingerichtet ist, dass der Laserstrahl (L) aus einem Trommelinneren (67) der Schneidtrommel (10) heraus auf einen Trommelmantel (14) der Schneidtrommel (10) gerichtet ist, wobei der Trommelmantel (14) mindestens eine Durchtrittsöffnung (11) aufweist, so dass der aus dem Trommelinneren (67) durch die mindestens eine Durchtrittsöffnung (11) nach außen tretende Laserstrahl (L) auf die zu schneidende Materialbahn (60) trifft.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laserschneideinrichtung (13) so angeordnet und eingerichtet ist, dass der Laserstrahl (L) von der Rotationsachse (R) der Schneidtrommel ausgehend auf die Materialbahn (60) trifft.

3. Vorrichtung nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 oder nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Teil (16; 24; 29; 30) der Laserschneideinrichtung (13) parallel zu der Rotationsachse (R) der Schneidtrommel (10) linear verschiebbar gelagert ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung einen Linearantrieb (17) und/oder eine Linearachse (32) zum linearen Verschieben des verschiebbaren Teils (16; 24; 29; 30) während des Schnitts aufweist.

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Teil (16; 24; 30; 33; 35) der Laserschneideinrichtung (13) um die Rotationsachse (R) der Schneidtrommel (10), oder um eine dazu parallele Dreh- oder Schwenkachse (D), dreh- oder schwenkbar gelagert ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung einen Dreh- oder Schwenkantrieb (20) zum Drehen oder Schwenken des dreh- oder schwenkbaren Teils (16; 24; 29; 30; 33; 35) während des Schnitts aufweist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der verschiebbare und/oder dreh- oder schwenkbare Teil (16;

24; 29; 30; 33; 35) der Laserschneideinrichtung (13) mindestens ein Strahlumlenkelement (16; 16A, 16B) umfasst.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der verschiebbare und/oder dreh- oder schwenkbare Teil der Laserschneideinrichtung (13) ein nichtschwenkbares, einachsrig schwenkbares oder zweiachsrig schwenkbares Spiegelelement (29; 35) umfasst.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der verschiebbare und/oder dreh- oder schwenkbare Teil der Laserschneideinrichtung (13) ein Polygonspiegelelement (30) und/oder eine Polygonspiegelwalze (33) umfasst.

10. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (12) eine Absaugeinrichtung (18) aufweist, die zum Absaugen durch das Laserschneiden erzeugter Partikel aus dem Trommelinneren (67) angeordnet und eingerichtet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Teil der Absaugeinrichtung (18) mit dem Laserstrahl (L) oder mit einem beweglichen Teil der Laserschneideinrichtung (13) verschiebbar und/oder dreh- oder schwenkbar gelagert ist.

12. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die die Vorrichtung (12) eine Drucklufteinrichtung (37) zum Wegblasen von der Laserschneideinrichtung erzeugter Partikel, insbesondere mittels einer Querluftströmung senkrecht zum Laserstrahl, aufweist.

13. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass außen über der Schneidtrommel (10) eine Absaugvorrichtung (36) zum Absaugen durch das Laserschneiden erzeugter Partikel angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Durchtrittsöffnung (11) in dem Trommelmantel (14) zur Schneidstaubabsaugung und/oder gegebenenfalls als Prozessgaszufuhr dient.

15. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Durchtrittsöffnung (11) ein sich quer über die Breite der Schneidtrommel (10) erstreckender Spalt in dem Trommelmantel (14) ist.

16. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der

Trommelmantel (14) eine Mehrzahl von Durchtrittsöffnungen (11) aufweist, die jeweils den gleichen Winkelabstand voneinander aufweisen.

17. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (12) mindestens eine weitere Schneidtrommel (38) und mindestens eine weitere Laserschneideinrichtung (39) aufweist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Schneidtrommel (38) eines oder mehrere Merkmale der Schneidtrommel (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 16 und/oder die weitere Laserschneideinrichtung (39) eines oder mehrere Merkmale der Laserschneideinrichtung (13) nach einem der Ansprüche 1 bis 16 aufweist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Teil (16') der weiteren Laserschneideinrichtung (39) um die Rotationsachse (R') der weiteren Schneidtrommel (38), oder um eine dazu parallele Dreh- oder Schwenkachse (D'), dreh- oder schwenkbar, vorzugsweise um volle 360° drehbar, gelagert ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schneidtrommeln (10, 38) und/oder mindestens ein Teil (16, 16') der Laserschneideinrichtungen (13, 39) zur Schwenkung oder Rotation mit nicht-konstanter Rotationsgeschwindigkeit, insbesondere mit periodischen Brems- und Beschleunigungsvorgängen, eingerichtet sind.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

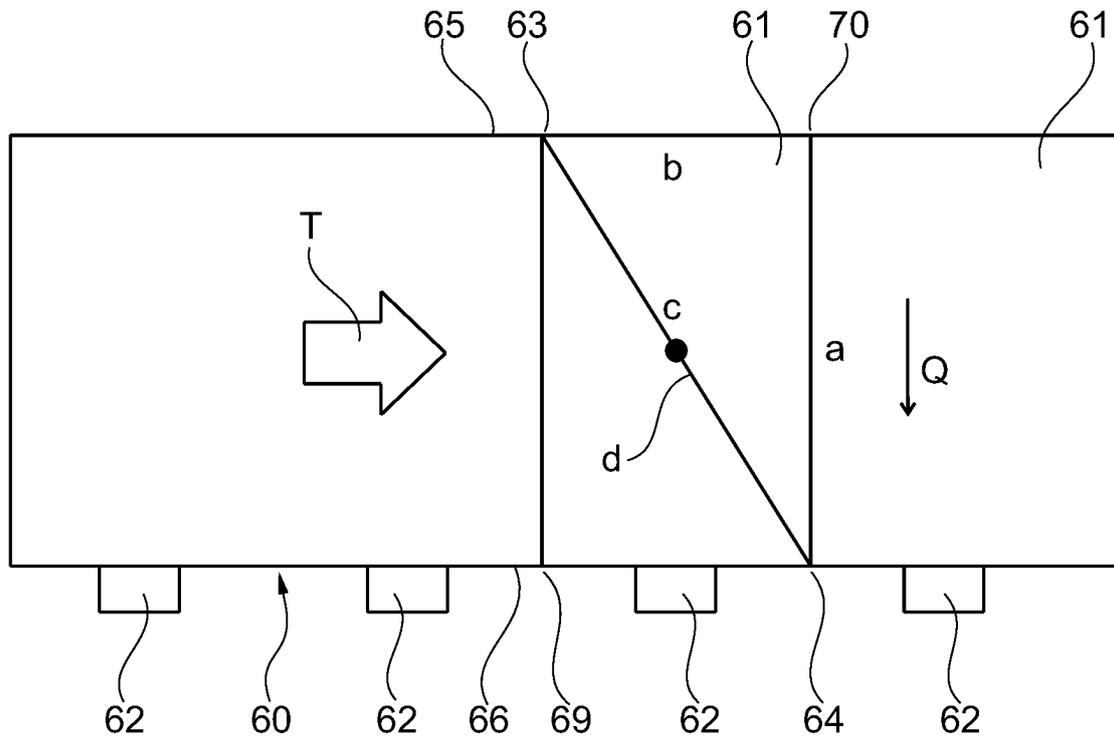


Fig. 1

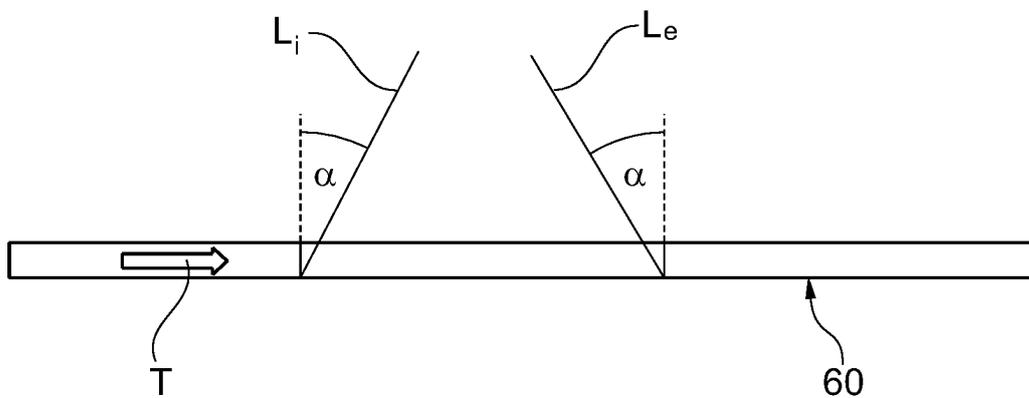
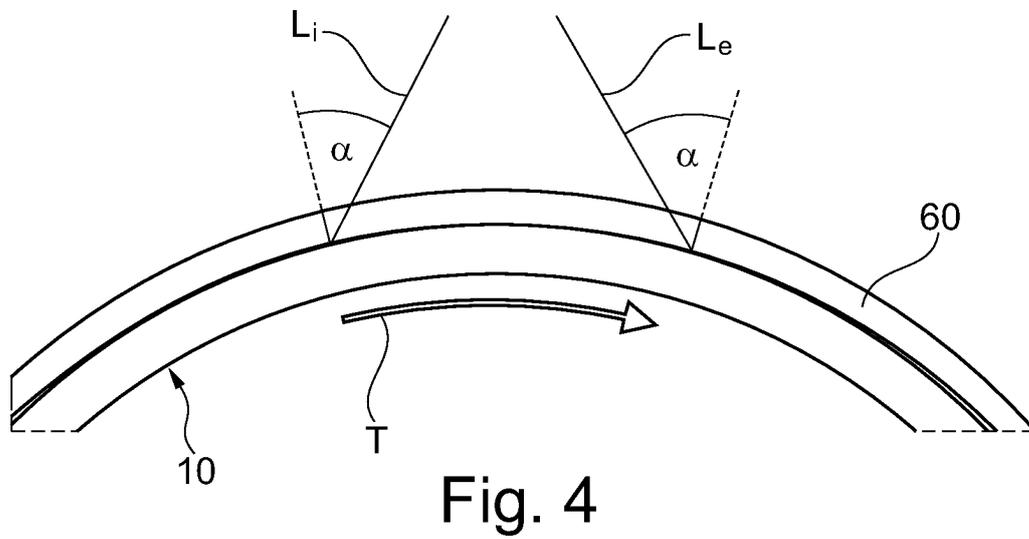
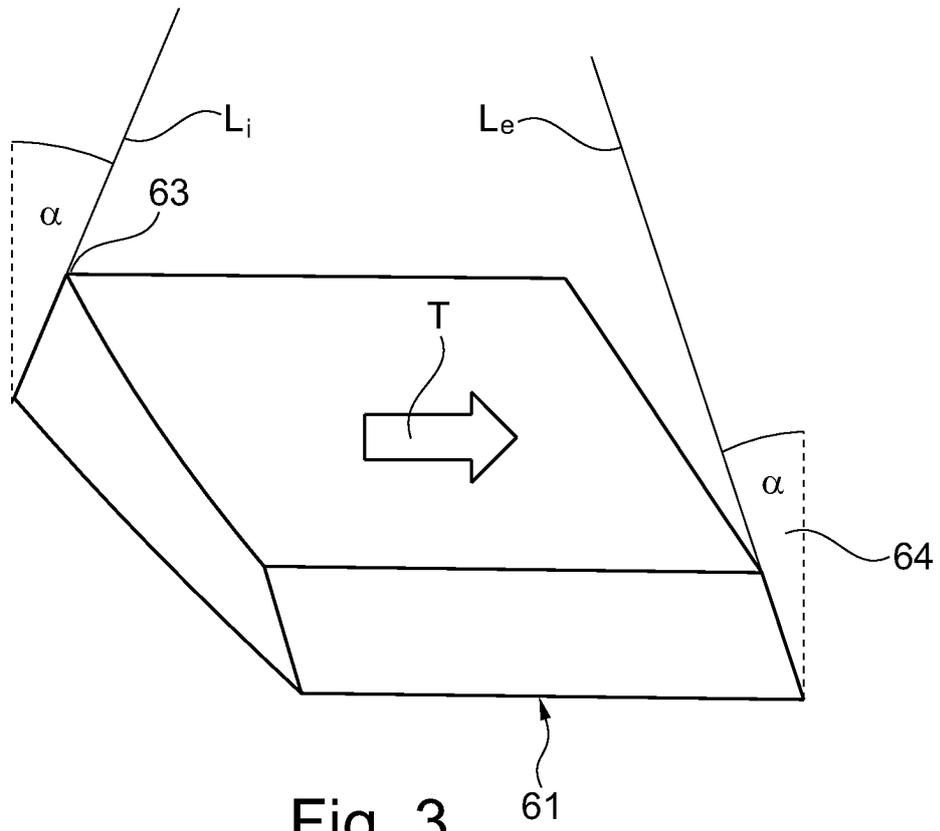


Fig. 2



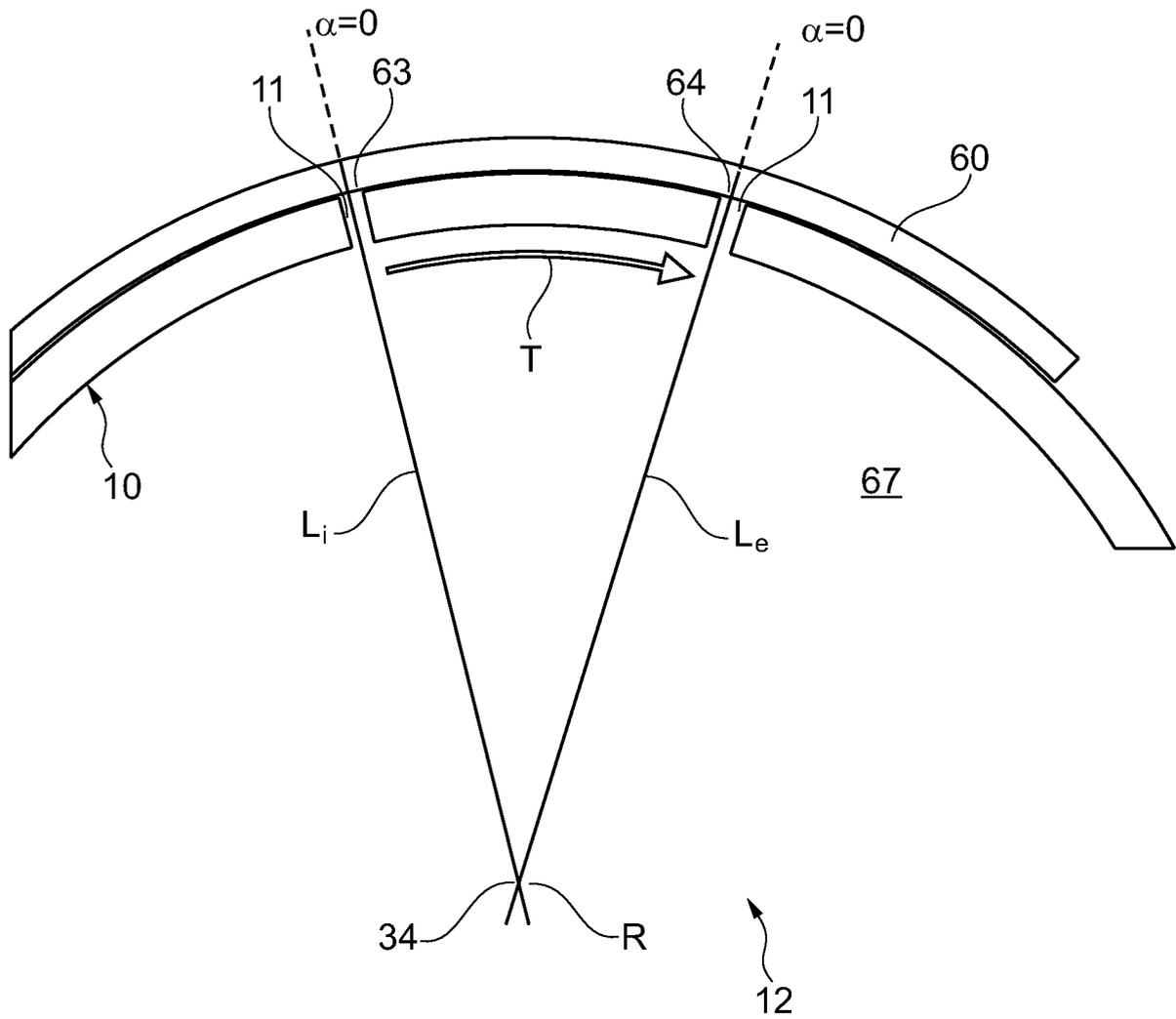
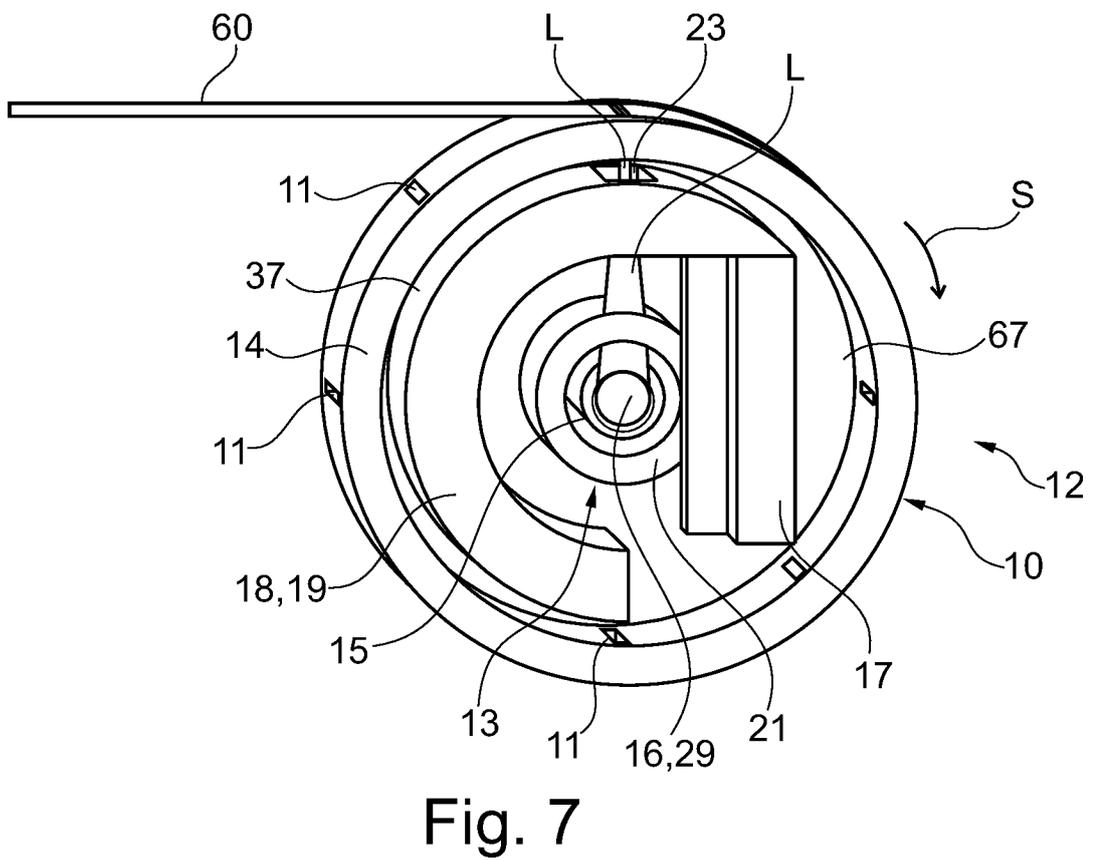
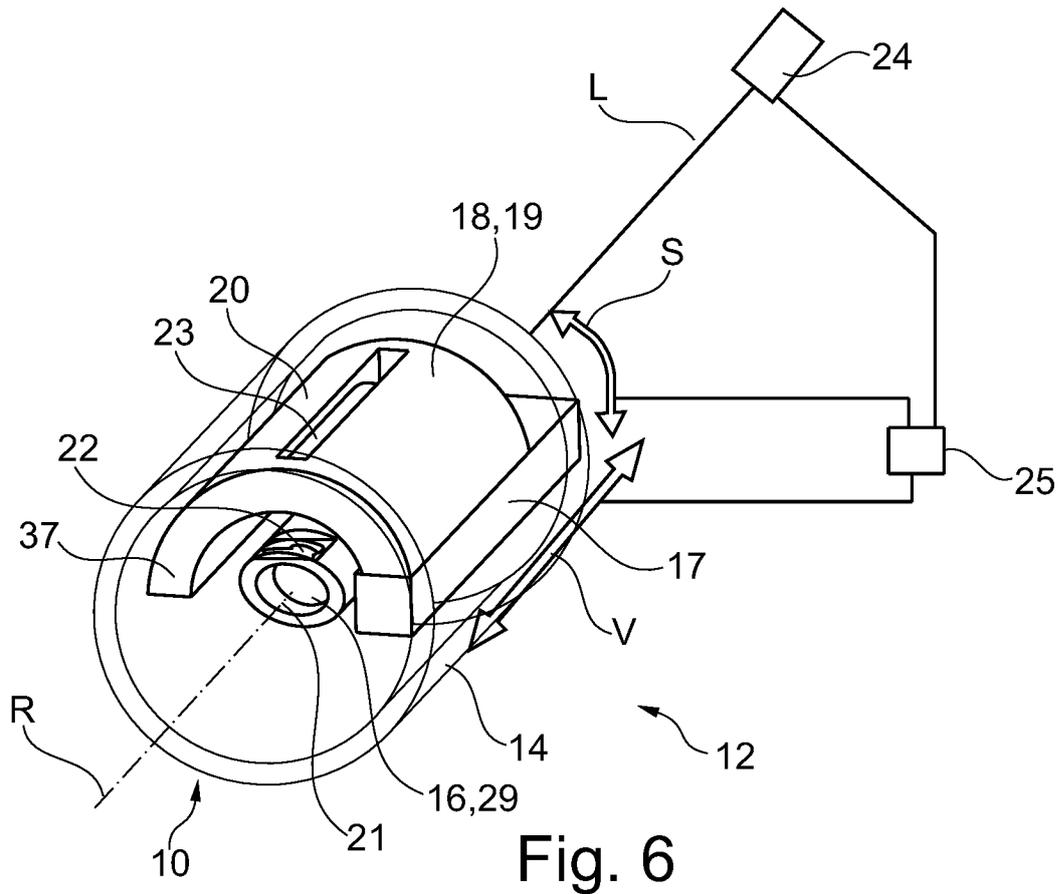


Fig. 5



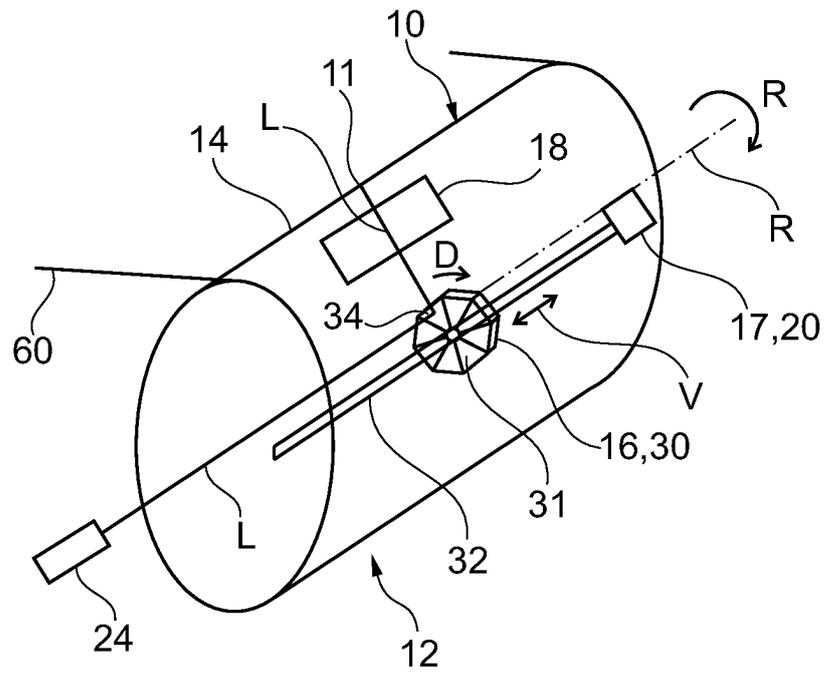


Fig. 8

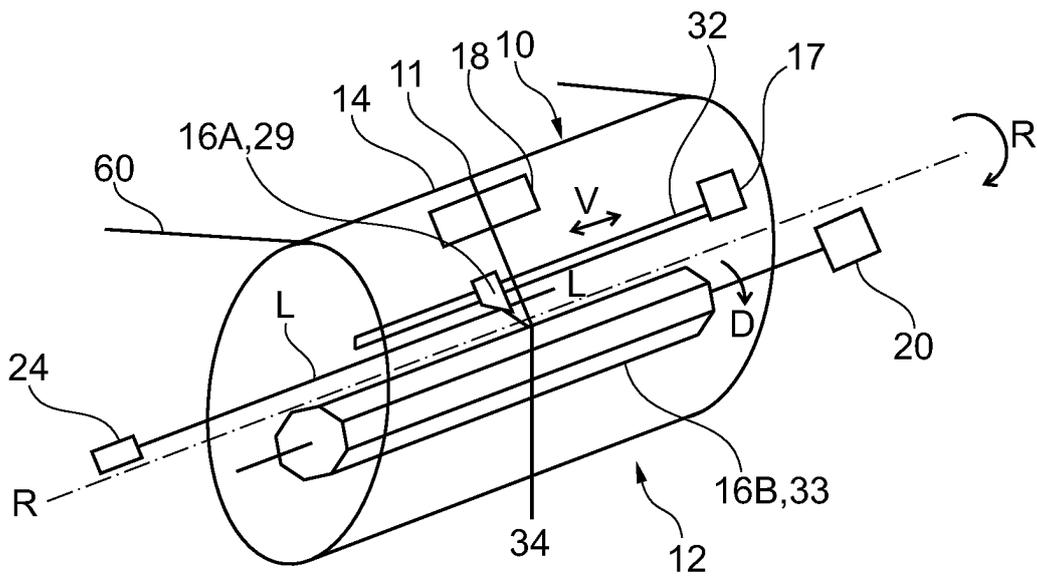


Fig. 9

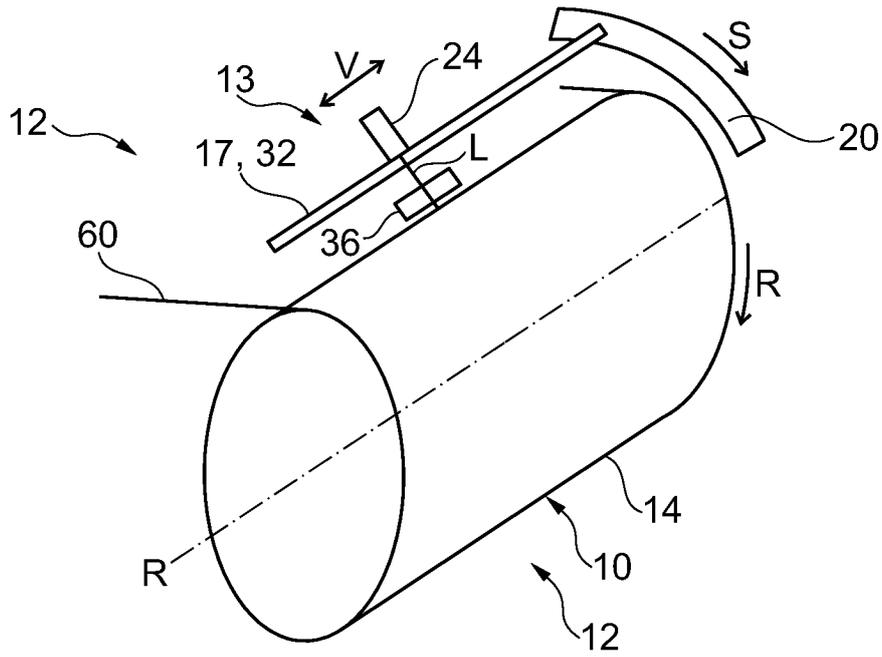


Fig. 12

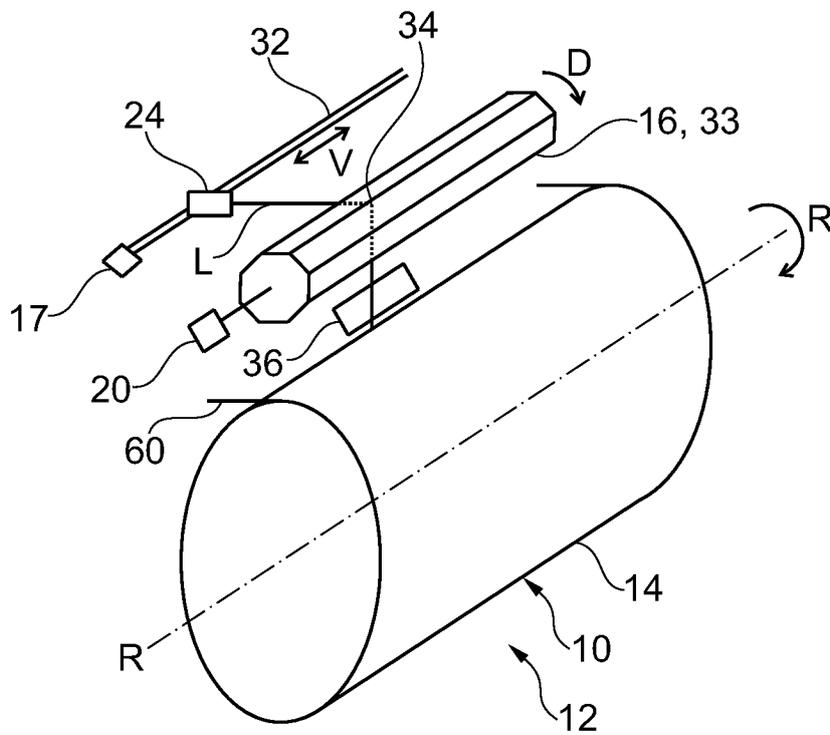
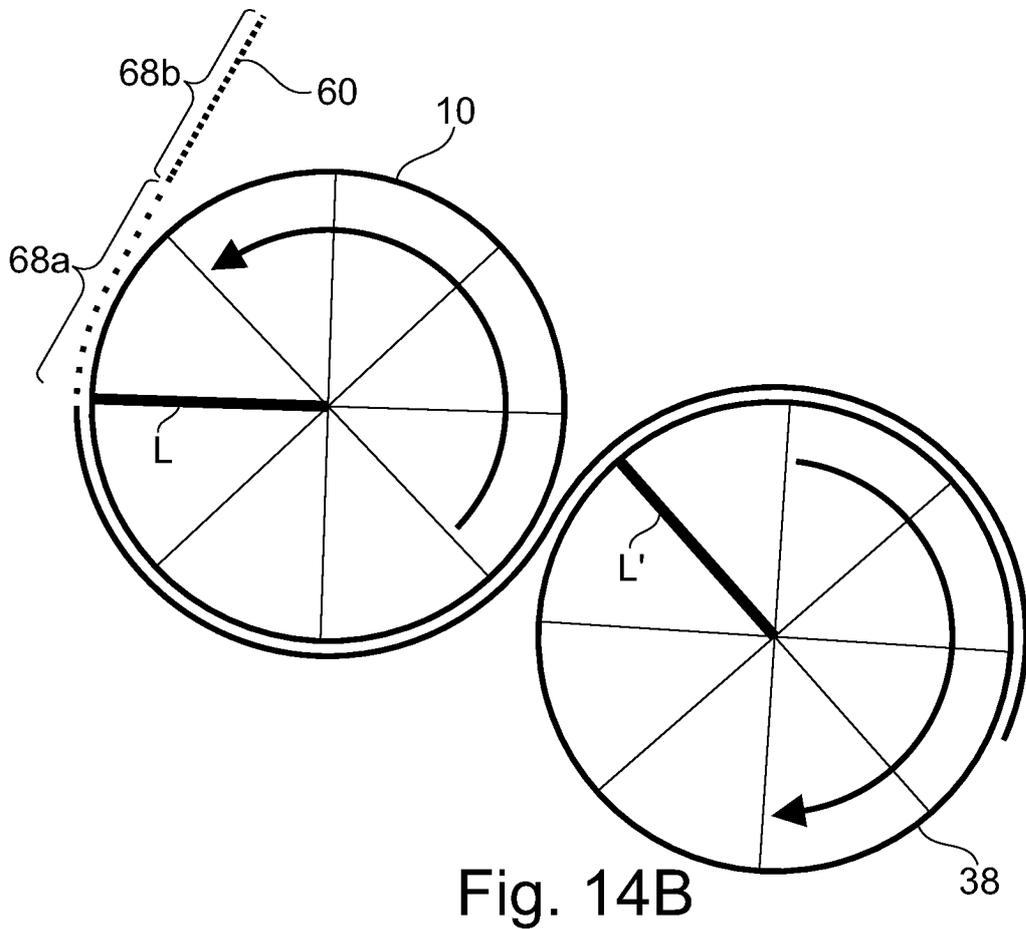
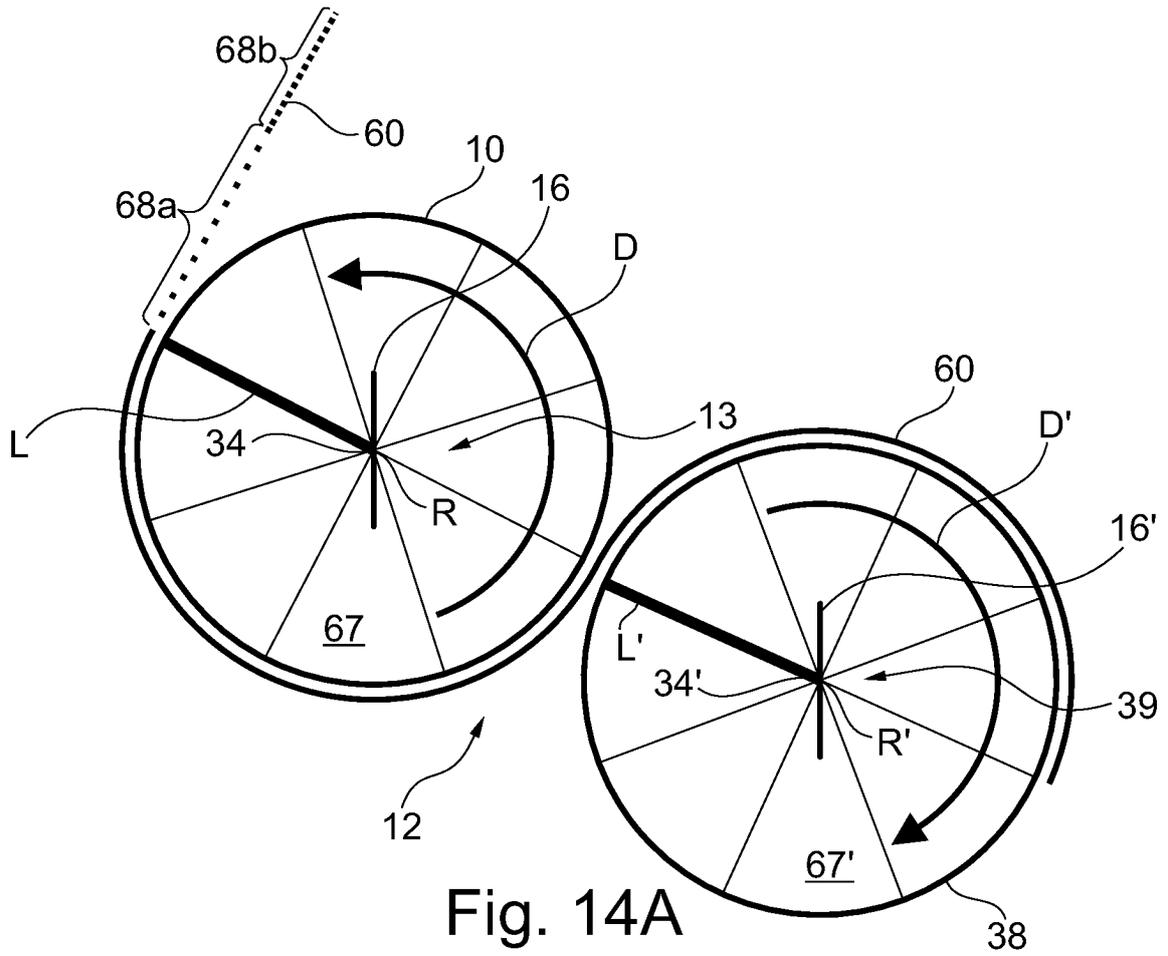
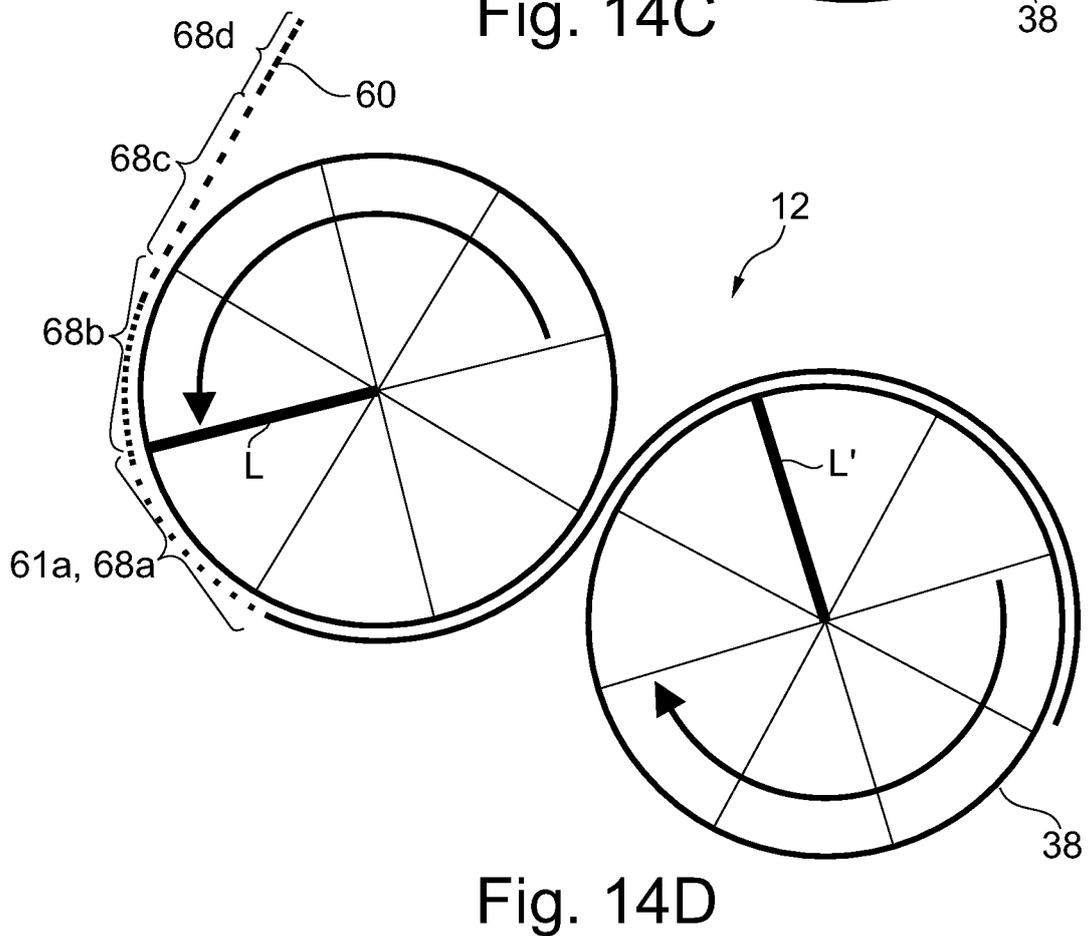
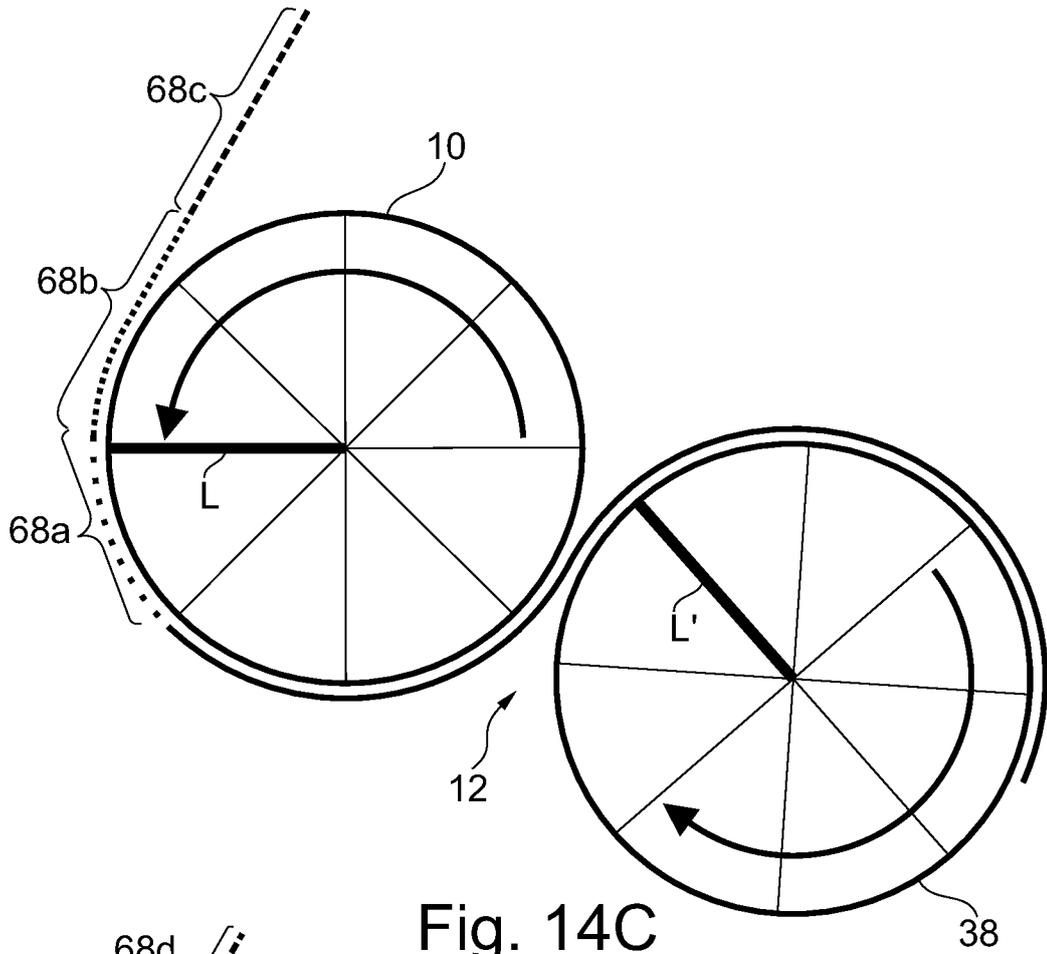
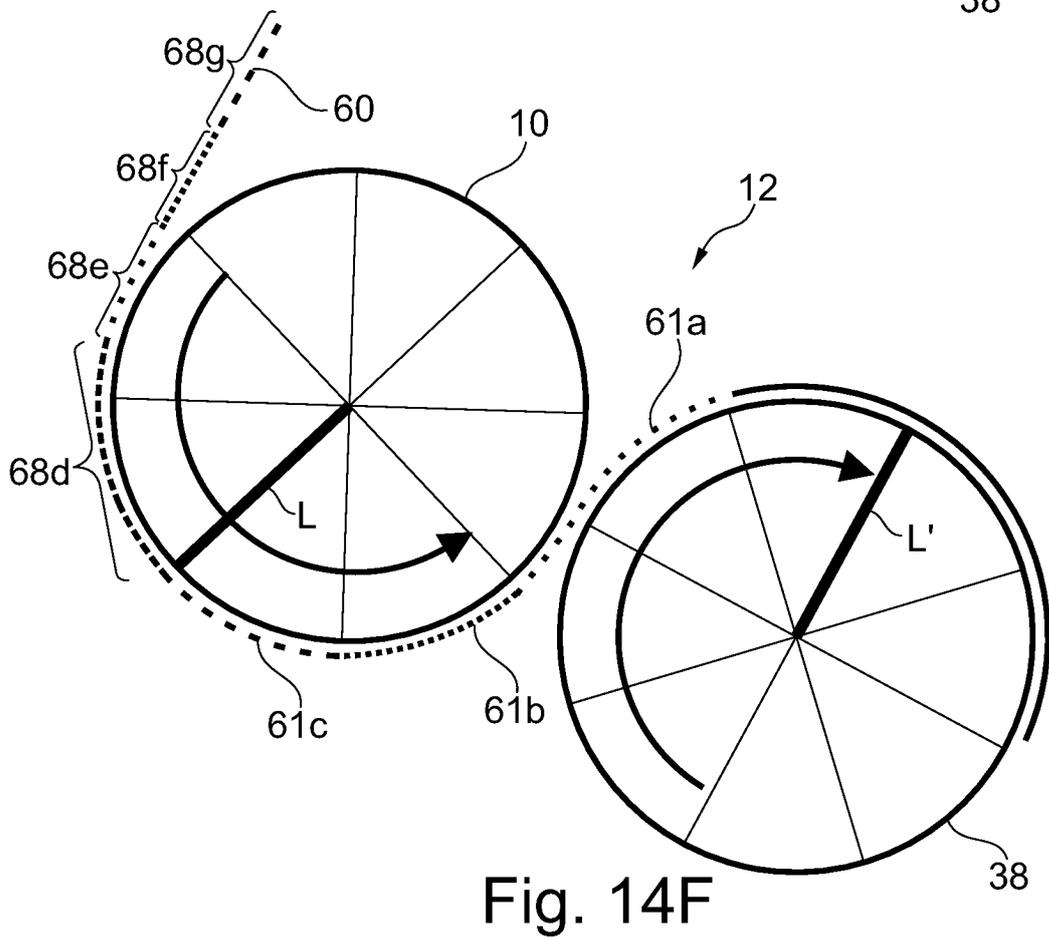
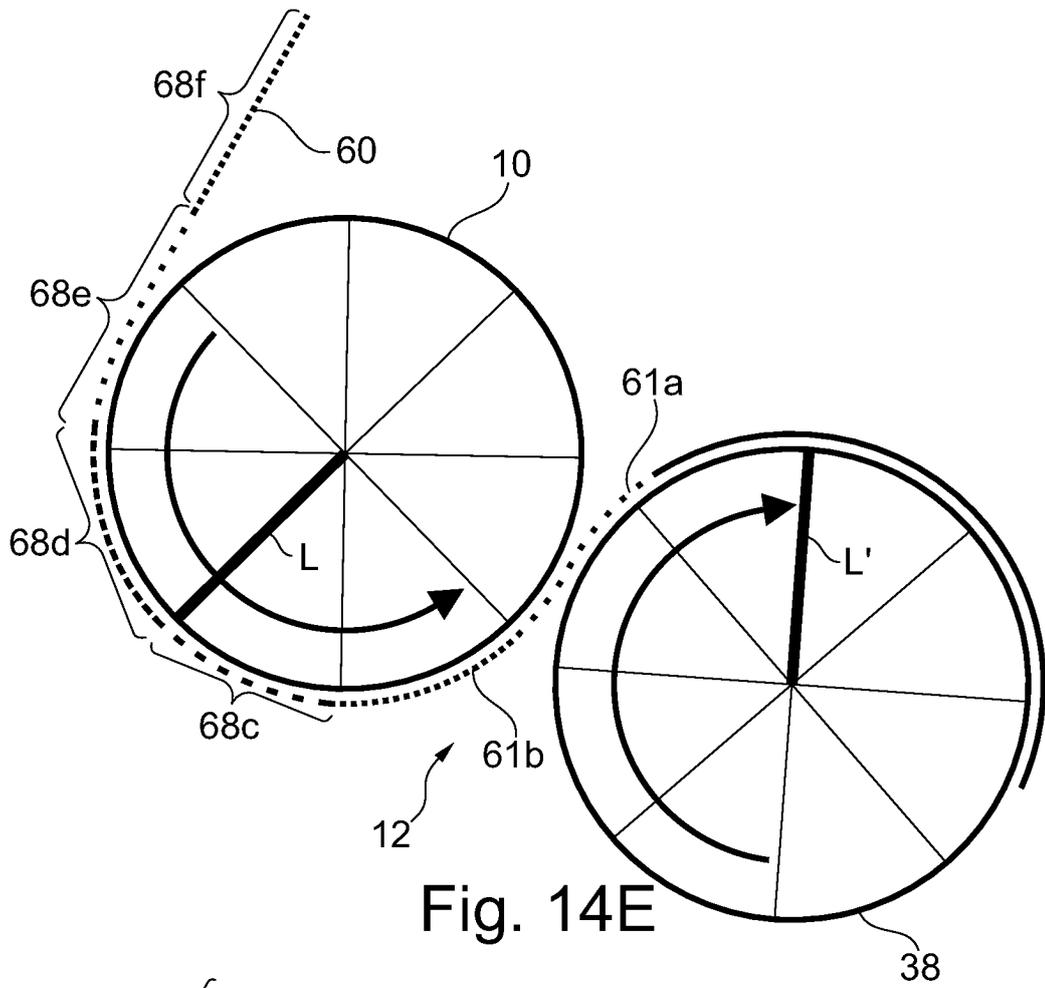


Fig. 13







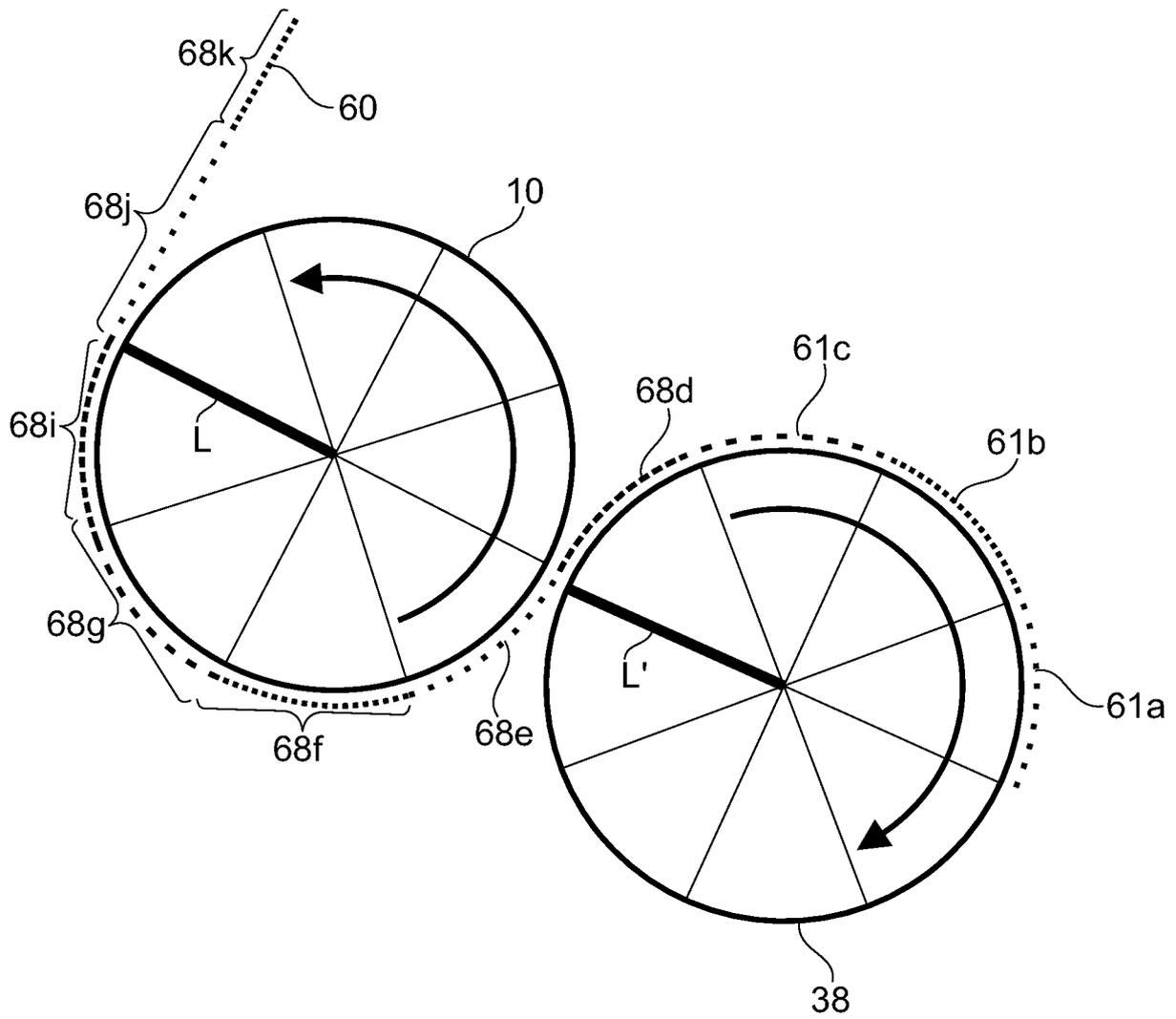


Fig. 14G