



(10) **DE 10 2016 010 985 A1** 2018.03.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 010 985.8**

(22) Anmeldetag: **10.09.2016**

(43) Offenlegungstag: **15.03.2018**

(51) Int Cl.: **G01S 17/93 (2006.01)**

G01S 7/48 (2006.01)

(71) Anmelder:
Blickfeld GmbH, 80689 München, DE

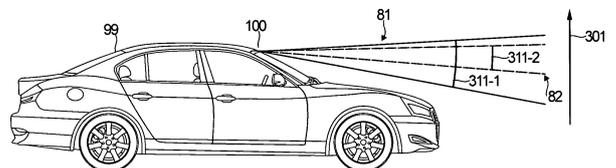
(72) Erfinder:
Petit, Florian, 81247 München, DE

(74) Vertreter:
**Kraus & Weisert Patentanwälte PartGmbH, 80539
München, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **LASER-SCANNER ZUR ABSTANDSMESSUNG BEI KRAFTFAHRZEUGEN**

(57) Zusammenfassung: Ein Betriebsmodus eines Laserscanners wird aus einer Vielzahl von Betriebsmodi in Abhängigkeit eines Fahrtzustands eines Fahrzeugs ausgewählt.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Verschiedene Ausführungsformen betreffen einen Laserscanner. Insbesondere betreffen verschiedene Ausführungsformen das Ansteuern des Laserscanners in Abhängigkeit eines Fahrtzustands eines Fahrzeugs, beispielsweise eines Personenkraftfahrzeugs.

HINTERGRUND

[0002] Die Abstandsmessung von Objekten ist in verschiedenen Technologiefeldern erstrebenswert. Zum Beispiel kann es im Zusammenhang mit Anwendungen des autonomen Fahrens erstrebenswert sein, Objekte im Umfeld von Fahrzeugen zu erkennen und insbesondere einen Abstand zu den Objekten zu ermitteln.

[0003] Eine Technik zur Abstandsmessung von Objekten ist die sogenannte LIDAR-Technologie (engl. Light detection and ranging; manchmal auch LADAR). Dabei wird gepulstes Laserlicht von einem Emitter ausgesendet. Die Objekte im Umfeld reflektieren das Laserlicht. Diese Reflexionen können anschließend gemessen werden. Durch Bestimmung der Laufzeit des Laserlichts kann ein Abstand zu den Objekten bestimmt werden.

[0004] Um die Objekte im Umfeld orts aufgelöst zu erkennen, kann es möglich sein, das Laserlicht zu scannen. Je nach Abstrahlwinkel des Laserlichts können dadurch unterschiedliche Objekte im Umfeld erkannt werden.

[0005] In manchen Anwendungsfällen werden LIDAR-Techniken in Fahrzeugen, beispielsweise Personenkraftfahrzeugen, eingesetzt. Damit können zum Beispiel Techniken des autonomen Fahrens implementiert werden. Im Allgemeinen sind verschiedene Fahrerassistenzfunktionalitäten basierend auf LIDAR-Daten mit Abstands- bzw. Tiefeninformation denkbar.

[0006] Jedoch weisen herkömmliche Laserscanner bestimmte Einschränkungen und Nachteile auf. Zum Beispiel ist es oftmals möglich, dass der Betriebsmodus des Laserscanners beispielsweise aufgrund der Hardwaregeometrie des Laserscanners fest vorgegeben ist. Je nach Fahrtzustand des Fahrzeugs kann es dann zu Ungenauigkeiten bei der Abstandsmessung von Objekten im Umfeld kommen.

ZUSAMMENFASSUNG

[0007] Deshalb besteht ein Bedarf für verbesserte Techniken zur Abstandsmessung von Objekten basierend auf Laserlicht. Insbesondere besteht ein Be-

darf für solche Techniken, die zumindest einige der oben genannten Einschränkungen und Nachteile lindern oder beheben.

[0008] Diese Aufgabe wird von den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Die abhängigen Patentansprüche definieren Ausführungsformen.

[0009] In einem Beispiel umfasst eine Vorrichtung einen Laserscanner. Der Laserscanner weist eine Laserlichtquelle auf. Der Laserscanner ist eingerichtet, um Laserlicht aus der Laserlichtquelle entlang einer ersten Scanachse zu scannen. Die Vorrichtung umfasst auch eine Schnittstelle, die eingerichtet ist, um Steuerdaten zu empfangen. Die Steuerdaten sind indikativ für einen Fahrtzustand des Fahrzeugs. Die Vorrichtung umfasst auch mindestens eine Recheneinheit. Die mindestens eine Recheneinheit ist eingerichtet, um den Laserscanner anzusteuern, um in Abhängigkeit des Fahrtzustands des Fahrzeugs einen aktiven Betriebsmodus aus einer Vielzahl von Betriebsmodi auszuwählen. Die mindestens eine Recheneinheit ist weiterhin eingerichtet, um basierend auf dem Laserlicht eine Abstandsmessung von Objekten im Umfeld der Vorrichtung durchzuführen.

[0010] In einem Beispiel umfasst ein Verfahren das Scannen von Laserlicht mittels eines Laserscanners entlang einer ersten Scanachse. Das Verfahren umfasst auch das Empfangen von Steuerdaten. Die Steuerdaten sind indikativ für einen Fahrtzustand eines Fahrzeugs. Das Verfahren umfasst auch das Ansteuern des Laserscanners, um in Abhängigkeit des Fahrtzustands des Fahrzeugs einen aktiven Betriebsmodus aus einer Vielzahl von Betriebsmodi auszuwählen. Das Verfahren umfasst weiterhin das Durchführen einer Abstandsmessung von Objekten im Umfeld basierend auf dem Laserlicht.

[0011] In einem Beispiel umfasst ein Fahrzeug eine Vorrichtung mit einem Laserscanner. Der Laserscanner weist eine Laserlichtquelle auf. Der Laserscanner ist eingerichtet, um Laserlicht aus der Laserlichtquelle entlang einer ersten Scanachse zu scannen. Die Vorrichtung umfasst auch eine Schnittstelle, die eingerichtet ist, um Steuerdaten zu empfangen. Die Steuerdaten sind indikativ für einen Fahrtzustand des Fahrzeugs. Die Vorrichtung umfasst auch mindestens eine Recheneinheit. Die mindestens eine Recheneinheit ist eingerichtet, um den Laserscanner anzusteuern, um in Abhängigkeit des Fahrtzustands des Fahrzeugs einen aktiven Betriebsmodus aus einer Vielzahl von Betriebsmodi auszuwählen. Die mindestens eine Recheneinheit ist weiterhin eingerichtet, um basierend auf dem Laserlicht eine Abstandsmessung von Objekten im Umfeld der Vorrichtung durchzuführen.

[0012] Die oben dargelegten Merkmale und Merkmale, die nachfolgend beschrieben werden, können

nicht nur in den entsprechenden explizit dargelegten Kombinationen verwendet werden, sondern auch in weiteren Kombinationen oder isoliert, ohne den Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0013] Fig. 1 illustriert schematisch eine Vorrichtung gemäß verschiedener Ausführungsformen mit einem Laserscanner und einer Schnittstelle, die eingerichtet ist um Steuerdaten zu empfangen, die indikativ für einen Fahrtzustand eines Fahrzeugs sind.

[0014] Fig. 2 illustriert schematisch den Laserscanner gemäß verschiedener Ausführungsformen.

[0015] Fig. 3 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß verschiedener Ausführungsformen.

[0016] Fig. 4 illustriert schematisch die Steuerdaten gemäß verschiedener Ausführungsformen.

[0017] Fig. 5 illustriert schematisch den Fahrtzustand des Fahrzeugs gemäß verschiedener Ausführungsformen.

[0018] Fig. 6 ist eine schematische Seitenansicht eines Fahrzeugs mit einer Vorrichtung mit einem Laserscanner gemäß verschiedener Ausführungsformen, wobei **Fig. 6** eine vertikale Scanachse illustriert.

[0019] Fig. 7 ist eine schematische Aufsicht eines Fahrzeugs mit einer Vorrichtung mit einem Laserscanner gemäß verschiedener Ausführungsformen, wobei **Fig. 7** eine horizontale Scanachse illustriert.

[0020] Fig. 8 illustriert einen durch die vertikale Scanachse und die horizontale Scanachse definierten Scanbereich gemäß verschiedener Ausführungsformen, dessen Abmessung in Abhängigkeit eines Betriebszustands des Laserscanners variiert.

[0021] Fig. 9 illustriert einen durch die vertikale Scanachse und die horizontale Scanachse definierten Scanbereich gemäß verschiedener Ausführungsformen, dessen Abmessung in Abhängigkeit eines Betriebszustands des Laserscanners variiert.

[0022] Fig. 10 illustriert einen durch die vertikale Scanachse und die horizontale Scanachse definierten Scanbereich gemäß verschiedener Ausführungsformen, dessen Ausrichtung in Abhängigkeit eines Betriebszustands des Laserscanners variiert.

[0023] Fig. 11 illustriert einen durch die vertikale Scanachse und die horizontale Scanachse definierten Scanbereich gemäß verschiedener Ausführungsformen, dessen Abmessung in Abhängigkeit eines Betriebszustands des Laserscanners variiert.

[0024] Fig. 12 illustriert schematisch eine Scanpunktdichte entlang der vertikalen Scanachse gemäß verschiedener Ausführungsformen, wobei die Scanpunktdichte in Abhängigkeit eines Betriebszustands des Laserscanners variiert.

[0025] Fig. 13 illustriert schematisch eine Scanpunktdichte entlang der vertikalen Scanachse gemäß verschiedener Ausführungsformen, wobei die Scanpunktdichte in Abhängigkeit eines Betriebszustands des Laserscanners variiert.

[0026] Fig. 14 illustriert schematisch eine Pulsfolge des Laserlichts gemäß verschiedener Ausführungsformen, wobei die Pulsenergie der Pulse der Pulsfolge und die Wiederholrate der Pulse der Pulsfolge in Abhängigkeit eines Betriebszustands des Laserscanners variiert.

[0027] Fig. 15 illustriert schematisch eine Faser, die eine Umlenkeinheit des Laserscanners gemäß verschiedener Ausführungsformen implementiert.

[0028] Fig. 16 illustriert schematisch eine Transversalmoden der Faser gemäß **Fig. 15**.

[0029] Fig. 17 illustriert schematisch eine Torsionsmoden der Faser gemäß **Fig. 15**.

[0030] Fig. 18 illustriert schematisch einen Spiegel, der mit einem beweglichen Ende der Faser gemäß **Fig. 15** verbunden ist.

[0031] Fig. 19 illustriert schematisch einen Spiegel, der mit einem beweglichen Ende der Faser gemäß **Fig. 15** verbunden ist.

[0032] Fig. 20 illustriert schematisch eine Überlagerungsfigur, die durch resonanter Anregung zweier Freiheitsgrade der Bewegung der Faser gemäß **Fig. 15** erhalten wird.

[0033] Fig. 21 illustriert schematisch die Änderung der Scanamplitude während eines Scanvorgangs für einen Freiheitsgrad der Bewegung der Faser gemäß **Fig. 15**.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0034] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

[0035] Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Be-

zunahme auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder ähnliche Elemente. Die Figuren sind schematische Repräsentationen verschiedener Ausführungsformen der Erfindung. In den Figuren dargestellte Elemente sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu dargestellt. Vielmehr sind die verschiedenen in den Figuren dargestellten Elemente derart wiedergegeben, dass ihre Funktion und genereller Zweck dem Fachmann verständlich wird. In den Figuren dargestellte Verbindungen und Kopplungen zwischen funktionellen Einheiten und Elementen können auch als indirekte Verbindung oder Kopplung implementiert werden. Eine Verbindung oder Kopplung kann drahtgebunden oder drahtlos implementiert sein. Funktionale Einheiten können als Hardware, Software oder eine Kombination aus Hardware und Software implementiert werden.

[0036] Nachfolgend werden verschiedene Techniken zum Scannen von Laserlicht beschrieben. Die nachfolgend beschriebenen Techniken können zum Beispiel das eindimensionale oder zweidimensionale Scannen von Laserlicht ermöglichen. Das Scannen kann wiederholtes Aussenden des Laserlichts unter unterschiedlichen Abstrahlwinkeln bezeichnen. Das wiederholt Umsetzen eines bestimmten Abstrahlwinkels kann eine Wiederholrate des Scannens bestimmen. Die Menge der Abstrahlwinkel kann einen Scanbereich bzw. einen Bildbereich definieren. Das Scannen kann das wiederholte Abtasten von unterschiedlichen Scanpunkten in der Umgebung mittels des Laserlichts bezeichnen. Für jeden Scanpunkt können bestimmte Daten ermittelt werden.

[0037] Zum Beispiel kann kohärentes oder inkohärentes Laserlicht verwendet werden. Es wäre möglich, polarisiertes oder unpolarisiertes Laserlicht zu verwenden. Beispielsweise wäre es möglich, dass das Laserlicht gepulst verwendet wird. Zum Beispiel können kurze Laserpulse mit Pulsdauern im Bereich von Femtosekunden oder Pikosekunden oder Nanosekunden verwendet werden. Beispielsweise kann eine Pulsdauer im Bereich von 0,5–3 Nanosekunden liegen. Das Laserlicht kann eine Wellenlänge im Bereich von 700–1800 nm aufweisen.

[0038] In verschiedenen Beispielen ist der Scanbereich eindimensional definiert. Dies kann beispielsweise bedeuten, dass der Laserscanner das Laserlicht mittels einer Umlenkeinheit nur entlang einer einzigen Scanachse scannt. In anderen Beispielen ist der Scanbereich zweidimensional definiert. Dies kann beispielsweise bedeuten, dass der Laserscanner das Laserlicht mittels der Umlenkeinheit entlang einer ersten Scanachse und entlang einer zweiten Scanachse scannt. Die erste Scanachse und die zweite Scanachse sind dabei verschieden voneinander. Beispielsweise könnten die erste und zweite Scanachse orthogonal zueinander orientiert sein.

[0039] In manchen Beispielen kann ein zweidimensionaler Scanbereich durch eine einzige Umlenkeinheit mit zwei oder mehr Freiheitsgraden der Bewegung implementiert werden. Dies kann bedeuten, dass eine erste Bewegung der Umlenkeinheit gemäß der ersten Scanachse und eine zweite Bewegung der Umlenkeinheit gemäß der zweiten Scanachse beispielsweise durch einen Aktuator bewirkt wird, wobei die erste Bewegung und die zweite Bewegung örtlich und zeitlich überlagert sind.

[0040] In anderen Beispielen kann der zweidimensionale Scanbereich durch mehr als eine einzige Umlenkeinheit implementiert werden. Dann wäre es zum Beispiel möglich, dass für zwei Umlenkeinheiten jeweils ein einziger Freiheitsgrad der Bewegung angeregt wird. Das Laserlicht kann zunächst von einer ersten Umlenkeinheit abgelenkt werden und dann von einer zweiten Umlenkeinheit abgelenkt werden. Die beiden Umlenkeinheiten können also im Strahlengang hintereinander angeordnet sein. Dies bedeutet, dass die Bewegungen der beiden Umlenkeinheiten nicht örtlich überlagert sind. Zum Beispiel kann ein entsprechender Laserscanner zwei beabstandet voneinander angeordnete Spiegel oder Prismen aufweisen, die jeweils individuell verstellt werden können.

[0041] In verschiedenen Beispielen ist es möglich, dass der Laserscanner unterschiedliche Freiheitsgrade der Bewegung zum Scannen des Laserlichts resonant betreibt. Ein solcher Laserscanner wird manchmal auch als resonanter Laserscanner bezeichnet. Insbesondere kann ein resonanter Laserscanner verschieden sein von einem Laserscanner, der zumindest einen Freiheitsgrad der Bewegung schrittweise (engl. stepped) betreibt. In manchen Beispielen wäre es zum Beispiel möglich, dass eine erste Bewegung – die einer ersten Scanachse entspricht – und eine zweite Bewegung – die einer zweiten Scanachse entspricht, die verschieden von der ersten Scanachse ist – jeweils resonant bewirkt werden.

[0042] In verschiedenen Beispielen wird zum Scannen des Laserlichts ein bewegliches Ende einer Faser als Umlenkeinheit verwendet. Beispielsweise können Lichtfasern verwendet werden, die auch als Glasfasern bezeichnet werden. Dabei ist es aber nicht erforderlich, dass die Fasern aus Glas hergestellt sind. Die Fasern können zum Beispiel aus Kunststoff, Glas oder einem anderen Material hergestellt sein. Beispielsweise können die Fasern aus Quarzglas hergestellt sein. Beispielsweise können die Fasern ein 70 GPa Elastizitäts-Modul aufweisen oder ein Elastizitäts-Modul im Bereich von 40 GPa–80 GPa, vorzugsweise im Bereich 60–75 GPa. Beispielsweise können die Fasern bis zu 4% Materialdehnung ermöglichen. In manchen Beispielen weisen die Fasern einen Kern auf, in welchem das eingesperrte Laserlicht propagiert und durch Totalreflektion an den Rändern eingeschlossen ist (Lichtwellen-

leiter). Die Faser muss aber keinen Kern aufweisen. In verschiedenen Beispielen können sogenannte Einmoden-Lichtfasern (engl. single mode fibers) oder Mehrmoden-Lichtfasern (engl. multimode fibers) verwendet werden. Die verschiedenen hierin beschriebenen Fasern können zum Beispiel einen kreisförmigen Querschnitt aufweisen. Es wäre zum Beispiel möglich, dass die verschiedenen hierin beschriebenen Fasern einen Durchmesser aufweisen, der nicht kleiner als $50\ \mu\text{m}$ ist, optional nicht $< 150\ \mu\text{m}$ ist, weiter optional nicht $< 500\ \mu\text{m}$ ist, weiter optional nicht $< 1\ \text{mm}$ ist. Der Durchmesser kann aber auch $< 1\ \text{mm}$ sein, optional $< 500\ \mu\text{m}$, weiter optional kleiner $150\ \mu\text{m}$. Zum Beispiel können die verschiedenen hierin beschriebenen Fasern verbiegbare bzw. krümmbar ausgestaltet sein, d. h. flexibel. Dazu kann das Material der hierin beschriebenen Fasern eine gewisse Elastizität aufweisen.

[0043] Beispielsweise könnte das bewegliche Ende der Faser in einer oder zwei Dimensionen bewegt werden. Beispielsweise wäre es möglich, dass das bewegliche Ende der Faser gegenüber einer Fixierstelle der Faser verkippt wird; dies resultiert in einer Krümmung der Faser. Dies kann einem ersten Freiheitsgrad der Bewegung entsprechen. Alternativ oder zusätzlich wäre es möglich, dass das bewegliche Ende der Faser entlang der Faserachse verdreht wird (Torsion). Dies kann einem zweiten Freiheitsgrad der Bewegung entsprechen. In den verschiedenen hierin beschriebenen Beispielen ist es jeweils möglich, eine Torsion des beweglichen Endes der Faser alternativ oder zusätzlich zu einer Krümmung des beweglichen Endes der Faser zu implementieren. In anderen Beispielen könnten auch andere Freiheitsgrade der Bewegung implementiert werden. Durch das Bewegen des beweglichen Endes der Faser kann erreicht werden, dass Laserlicht unter verschiedenen Winkeln abgestrahlt wird. Dadurch kann ein Umfeld mit dem Laserlicht gescannt werden. Je nach Amplitude der Bewegung des beweglichen Endes können unterschiedlich große Scanbereiche implementiert werden.

[0044] In verschiedenen Beispielen kann am beweglichen Ende der Faser mindestens ein optisches Element angebracht sein, beispielsweise ein Spiegel, ein Prisma und/oder eine Linse, wie etwa eine Linse mit Gradientenindex (GRIN-Linse). Mittels des optischen Elements ist es möglich, dass Laserlicht aus der Laserlichtquelle umzulenken. Beispielsweise könnte der Spiegel durch einen Wafer, etwa einen Silizium-Wafer, oder ein Glassubstrat implementiert sein. Beispielsweise könnte der Spiegel eine Dicke im Bereich von $0,05\ \mu\text{m}$ – $0,1\ \text{mm}$ aufweisen. Beispielsweise könnte der Spiegel eine Dicke von $25\ \mu\text{m}$ oder $50\ \mu\text{m}$ aufweisen. Beispielsweise könnte der Spiegel eine Dicke im Bereich von $25\ \mu\text{m}$ bis $75\ \mu\text{m}$ aufweisen. Beispielsweise könnte der Spiegel quadratisch, rechteckförmig, elliptisch oder kreisförmig ausgebil-

det sein. Beispielsweise könnte der Spiegel einen Durchmesser im Bereich von $3\ \text{mm}$ bis $6\ \text{mm}$ aufweisen.

[0045] In verschiedenen Beispielen können LIDAR-Techniken angewendet werden. Die LIDAR-Techniken können dazu genutzt werden, um eine orts aufgelöste Abstandsmessung von Objekten im Umfeld durchzuführen. Zum Beispiel kann die LIDAR-Technik Laufzeitmessungen des gepulsten Laserlichts zwischen dem beweglichen Ende der Faser, dem Objekt und einem Detektor umfassen. Alternativ oder zusätzlich könnten auch Techniken der strukturierten Beleuchtung verwendet werden.

[0046] In verschiedenen Beispielen kann die LIDAR-Technik im Zusammenhang mit einer Fahrerassistenzfunktionalität für ein Kraftfahrzeug implementiert werden. Eine den Laserscanner beinhaltende Vorrichtung kann deshalb im Kraftfahrzeug angeordnet sein. Beispielsweise könnte ein tiefenaufgelöstes LIDAR-Bild erstellt werden und an ein Fahrerassistenzsystem des Kraftfahrzeugs übergeben werden. Damit können zum Beispiel Techniken des unterstützten Fahrens oder des autonomen Fahrens implementiert werden.

[0047] Verschiedenen hierin beschriebenen Beispielen liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es erstrebenswert sein kann, den Betriebsmodus des Laserscanners in Abhängigkeit eines Fahrtzustands des Fahrzeugs auszuwählen. Der Fahrtzustand kann z. B. einen IST-Wert einer während einer Fahrt veränderlichen Eigenschaft des Fahrzeugs bzw. eines Umfelds des Fahrzeugs beschreiben. Typischerweise können sich nämlich die anzustrebenden Betriebsparameter des Laserscanners je nach Fahrtzustand des Fahrzeugs signifikant unterscheiden. Beispielsweise kann es bei der schnellen Fahrt auf einer Autobahn erstrebenswert sein, einen kleinen und nach vorne gerichteten und hochaufgelösten Scanbereich zu implementieren, um auch weit entfernte Objekte zuverlässig zu erkennen. Hingegen kann es bei der schnellen Fahrt auf einer Autobahn nicht erforderlich sein, eine besonders hohe Auflösung links und rechts von der Begrenzung der Autobahn zu erzielen. Bei der langsamen Fahrt auf einer innerstädtischen Straße kann es jedoch erstrebenswert sein, einen besonders großen Scanbereich zu implementieren, um auch links und rechts vom Kraftfahrzeug positionierte Objekte zu erkennen. Bei der langsamen Fahrt auf einer innerstädtischen Straße kann es entbehrlich sein, besonders weit entfernte Objekte – zum Beispiel weiter als 100 oder $150\ \text{m}$ entfernt – zu erkennen.

[0048] Obwohl verschiedene Beispiele hierin in Bezug auf Kraftfahrzeuge und insbesondere PKWs beschrieben werden, können entsprechende Techniken jedoch auch auf andere Fahrzeuge angewendet werden. Beispiele umfassen etwa fliegende Drohnen,

Roboter, Lastkraftfahrzeuge, Schiffe, Züge, Flugzeuge, Boote, Segelboote, etc.

[0049] Fig. 1 illustriert Aspekte in Bezug auf eine Vorrichtung **100**. Die Vorrichtung **100** umfasst einen Laserscanner **101**. Der Laserscanner **101** ist eingerichtet, um Laserlicht aus einer Laserlichtquelle in einer Umgebung der Vorrichtung **100** abzustrahlen. Dabei ist der Laserscanner **101** eingerichtet, um das Laserlicht zumindest entlang einer Scanachse zu scannen. In manchen Beispielen ist der Laserscanner **101** eingerichtet, um das Laserlicht entlang einer ersten und einer zweiten Scanachse zu scannen.

[0050] Die Vorrichtung **100** umfasst auch eine Recheneinheit **102**. Beispiele für eine Recheneinheit **102** umfassen einen Analogschaltkreis, eine digitale Schaltung, einen Mikroprozessor, einen FPGA und/oder einen ASIC. Die Recheneinheit **102** kann Logik implementieren. In manchen Beispielen kann die Vorrichtung **100** auch mehr als eine Recheneinheit umfassen, die die Logik verteilt implementieren.

[0051] Beispielsweise kann die Recheneinheit **102** den Laserscanner **101** ansteuern. Die Recheneinheit **102** kann beispielsweise einen oder mehrere Betriebsparameter des Laserscanner **101** einstellen. In den verschiedenen hierin beschriebenen Beispielen kann die Recheneinheit **102** unterschiedliche Betriebsmodi des Laserscanner **101** aktivieren. Ein Betriebsmodus kann dabei durch einen Satz von Betriebsparametern des Laserscanners **101** definiert sein.

[0052] Beispiele für Betriebsparameter umfassen: die Abmessung des Scanbereichs; die Ausrichtung des Scanbereichs, die zum Beispiel durch die Anordnung eines Zentrums des Scanbereichs definiert sein kann; die Scanpunktdichte, d. h. der Abstand zwischen benachbarten Abstandsmessungen; die Wiederholrate (manchmal auch als Bildwiederholrate bezeichnet) eines Scanvorgangs, der den Scanbereich definiert; die Pulsenergie von Pulsen des Laserlichts; die Wiederholrate von Pulsen des Laserlichts; ein Tastgrad (engl. duty cycle) von Pulsen des Laserlichts; eine Detektor-Blendenöffnung; etc..

[0053] Z. B. könnte innerorts bzw. bei geringen Geschwindigkeiten eine geringere Blendenöffnung des Detektors gewählt werden. Dadurch kann zwar die Reichweite der Abstandsmessung reduziert werden, da weniger sekundäres Laserlicht gesammelt werden kann. Andererseits kann jedoch eine besonders große Reichweite der Abstandsmessung innerorts bzw. bei geringen Geschwindigkeiten nicht erforderlich sein. Gleichzeitig kann durch die geringere Blendenöffnung erreicht werden, dass Störeinflüsse beispielsweise durch andere Laserscanner, reduziert werden können, da sekundäres Laserlicht besonders ortsselektiv gesammelt werden kann. Eine variable

Blendenöffnung kann z. B. durch ein LCD-Matrix implementiert werden oder eine mechanisch verstellbare Blende.

[0054] Dabei kann die Recheneinheit **102** eingerichtet sein, um den jeweils aktiven Betriebsmodus in Abhängigkeit des Fahrtzustands des Fahrzeugs (in Fig. 1 nicht dargestellt), mit welchem die Vorrichtung **100** zusammenwirkt, zu bestimmen. Dazu ist die Recheneinheit **102** mit einer Schnittstelle **103** gekoppelt. Die Schnittstelle **103** erlaubt es, Steuerdaten zu empfangen, die indikativ für den Fahrtzustand des Fahrzeugs sind.

[0055] Zum Beispiel kann die Schnittstelle **103** eine Bus-Schnittstelle für einen Controller Area Network(CAN)-Bus oder einen Media Oriented Systems Transport(MOST)-BUS oder einen FlexRay-Bus implementieren. Z. B. kann die Schnittstelle **103** einen Steckkontakt implementieren.

[0056] In verschiedenen Beispielen können unterschiedliche Fahrtzustände des Fahrzeugs von der Recheneinheit **102** bei der Auswahl des aktiven Betriebsmodus des Laserscanner **101** berücksichtigt werden. Beispiele für solche Fahrtzustände umfassen: ein Straßentyp, wie zum Beispiel Autobahn, innerstädtische Straße, Landstraße, Staatsstraße; die Geschwindigkeit des Fahrzeugs, beispielsweise in Kilometer pro Stunde; ein Gierwinkel des Fahrzeugs; ein Rollwinkel des Fahrzeugs; ein Nickwinkel des Fahrzeugs; und/oder ein Höhenprofil einer Straße, beispielsweise ein Neigungsniveau der Straße.

[0057] Durch das Berücksichtigen des Fahrtzustands des Fahrzeugs bei der Auswahl des aktiven Betriebsmodus des Laserscanners kann erreicht werden, dass die Abstandsmessung der Objekte im Umfeld situationsangepasst und flexibel durchgeführt werden kann. Dadurch kann im Allgemeinen eine größere Genauigkeit für die Abstandsmessung der Objekte im Umfeld erzielt werden. Beispielsweise kann erreicht werden, dass die Abstandsmessung an die jeweiligen Erfordernisse des Fahrtzustands angepasst wird und dadurch LIDAR-Daten bereitgestellt werden, die für eine entsprechende Fahrerassistenzfunktionalität von besonderer Relevanz sind bzw. einen großen Informationsgehalt aufweisen.

[0058] Die Recheneinheit **102** ist weiterhin eingerichtet, um eine Abstandsmessung durchzuführen. Dazu kann die Recheneinheit Rohdaten vom Laserscanner **101** empfangen. Diese Rohdaten können beispielsweise eine Laufzeit von Pulsen des Laserlichts zwischen Senden und Empfangen beschreiben. Diese Rohdaten können weiterhin einen assoziierten Abstrahlwinkel des Laserlichts beschreiben. Basierend darauf kann die Recheneinheit **102** ein LIDAR-Bild erzeugen, das beispielsweise einer Punktwolke mit Tiefeninformation entspricht. Optio-

nal wäre es möglich, dass die Recheneinheit **102** z. B. eine Objekterkennung basierend auf dem LIDAR-Bild durchführt. Dann kann die Recheneinheit **102** das LIDAR-Bild ausgeben. Die Recheneinheit **102** kann wiederholt neue LIDAR-Bilder erzeugen, z. B. mit einer der Scanfrequenz entsprechenden Bildwiederholrate. Die Scanfrequenz kann z. B. im Bereich **20** – **100** Hz liegen.

[0059] Fig. 2 illustriert Aspekte in Bezug auf den Laserscanner **101**. Insbesondere illustriert Fig. 2 einen Laserscanner **101** gemäß verschiedener Beispiele in größerem Detail.

[0060] In dem Beispiel der Fig. 2 umfasst der Laserscanner **101** eine Laserlichtquelle **111**. Beispielsweise kann die Laserlichtquelle **111** ein Diodenlaser sein. In manchen Beispielen kann die Laserlichtquelle **111** ein Oberflächenemitter (engl. vertical-cavity surface-emitting laser; VCSEL) sein. Die Laserlichtquelle **111** sendet Laserlicht **191** aus, welches durch die Umlenkeinheit **112** um einen bestimmten Ablenkwinkel umgelenkt wird. In manchen Beispielen kann eine Kollimatoroptik für das Laserlicht **191** im Strahlengang zwischen der Laserlichtquelle **111** und der Umlenkeinheit **112** angeordnet sein. In anderen Beispielen könnte, alternativ oder zusätzlich, die Kollimatoroptik für das Laserlicht **191** auch im Strahlengang hinter der Umlenkeinheit **112** angeordnet sein.

[0061] Die Umlenkeinheit könnte z. B. einen Spiegel oder ein Prisma umfassen. Beispielsweise könnte die Umlenkeinheit ein rotierendes Mehrfacetten-Prisma umfassen.

[0062] Der Laserscanner **101** kann eine oder mehrere Scanachsen implementieren (in Fig. 2 ist nur eine Scanachse dargestellt, nämlich in der Zeichenebene). Durch das Bereitstellen von mehreren Scanachsen kann ein zweidimensionaler Scanbereich implementiert werden.

[0063] Ein zweidimensionaler Scanbereich kann es ermöglichen, die Abstandsmessung der Objekte im Umfeld mit großem Informationsgehalt durchzuführen. Typischerweise kann derart neben einer horizontalen Scanachse auch eine vertikale Scanachse – in Bezug auf ein globales Koordinatensystem, in welchem das Kraftfahrzeug angeordnet ist – implementiert werden. Insbesondere im Vergleich zu Referenzimplementierungen, die eine vertikale Auflösung nicht durch Scannen, sondern vielmehr durch ein Array von mehreren Laserlichtquellen, die gegeneinander versetzt sind und unter unterschiedlichen Winkeln auf eine Umlenkeinheit Laserlicht emittieren, kann derart ein weniger komplexes System mit weniger Bauteilen und/oder eine höhere vertikale Auflösung erreicht werden. Außerdem kann es in verschiedenen Beispielen möglich sein, entsprechende Betriebsparameter des Laserscanners **101**, die mit der vertikalen

Scanachse assoziiert sind, flexibel zum Beispiel in Abhängigkeit des Fahrtzustands des Fahrzeugs anzupassen. Dies ist oftmals bei einer festen Verbauung eines Arrays von Laserlichtquellen nicht oder nur eingeschränkt möglich.

[0064] Zum Scannen des Laserlichts **191** weist die Umlenkeinheit **112** mindestens einen Freiheitsgrad der Bewegung auf. Jeder Freiheitsgrad der Bewegung kann eine entsprechende Scanachse definieren. Die entsprechende Bewegung kann durch einen Aktuator **114** betätigt bzw. angeregt werden.

[0065] Um mehrere Scanachsen zu implementieren, wäre es in manchen Beispielen möglich, dass mehr als eine Umlenkeinheit vorhanden ist (in Fig. 2 nicht dargestellt). Dann kann das Laserlicht **191** sequenziell die verschiedenen Umlenkeinheiten durchlaufen. Jede Umlenkeinheit kann einen entsprechenden zugeordneten Freiheitsgrad der Bewegung aufweisen, der einer zugehörigen Scanachse entspricht. Manchmal wird eine solche Anordnung als Scannersystem bezeichnet.

[0066] Um mehrere Scanachsen zu implementieren, wäre es in weiteren Beispielen möglich, dass die einzelne Umlenkeinheit **112** mehr als einen einzigen Freiheitsgrad der Bewegung aufweist. Zum Beispiel könnte die Umlenkeinheit **112** mindestens zwei Freiheitsgrade der Bewegung aufweisen. Entsprechende Bewegungen können durch den Aktuator **114** angeregt werden. Z. B. kann der Aktuator **114** die entsprechenden Bewegungen individuell, aber zeitparallel oder gekoppelt anregen. Dann wäre es möglich, durch Bewirken der Bewegungen in zeitlicher und örtlicher Überlagerung zwei oder mehr Scanachsen zu implementieren.

[0067] Durch das Überlagern der ersten Bewegung und der zweiten Bewegung im Ortsraum und im Zeitraum kann eine besonders hohe Integration des Laserscanners **101** erreicht werden.

[0068] Dadurch kann der Laserscanner **101** mit geringem Bauraum implementiert werden. Dies ermöglicht eine flexible Positionierung des Laserscanners **101** im Kraftfahrzeug. Außerdem kann erreicht werden, dass der Laserscanner **101** vergleichsweise wenig Bauteile aufweist und damit robust und kostengünstig hergestellt werden kann.

[0069] Beispielsweise könnte ein erster Freiheitsgrad der Bewegung der Rotation eines Spiegels entsprechen und ein zweiter Freiheitsgrad der Bewegung einer Verkippung des Spiegels entsprechen. Beispielsweise könnte ein erster Freiheitsgrad der Rotation eines Mehrfacetten-Prismas entsprechen und ein zweiter Freiheitsgrad der Verkippung des Mehrfacetten-Prismas entsprechen. Beispielsweise könnte ein erster Freiheitsgrad der Transversalmo-

de einer Faser entsprechen und ein zweiter Freiheitsgrad der Bewegung der Torsionsmode der Faser entsprechen. Die Faser könnte ein entsprechendes bewegliches Ende aufweisen. Beispielsweise könnte ein erster Freiheitsgrad der Bewegung einer ersten Transversalmode einer Faser entsprechen und ein zweiter Freiheitsgrad der Bewegung einer zweiten Transversalmode der Faser entsprechen, die z. B. orthogonal zur ersten Transversalmode ist.

[0070] In manchen Beispielen ist es möglich, dass sowohl die erste Bewegung gemäß einem ersten Freiheitsgrad der Bewegung, der einer ersten Scanachse entspricht, als auch die zweite Bewegung gemäß einem zweiten Freiheitsgrad der Bewegung, der einer zweiten Scanachse entspricht, resonant bewirkt wird. In anderen Beispielen ist es möglich, dass zumindest eine der ersten Bewegung und der zweiten Bewegung nicht resonant bewirkt wird, sondern vielmehr diskret bzw. gestuft bewirkt wird.

[0071] Wenn sowohl die erste Bewegung, als auch die zweite Bewegung resonant bewirkt werden, kann eine sogenannte Überlagerungs-Figur, manchmal auch Lissajous-Figur, für das Scannen entlang der ersten Scanachse und der zweiten Scanachse erhalten werden. Wenn sowohl die erste Bewegung, als auch die zweite Bewegung resonant bewirkt werden, kann ein besonders robustes und einfaches System für den Laserscanner umgesetzt werden. Beispielsweise kann der Aktuator einfach implementiert werden.

[0072] Der Aktuator **114** ist typischerweise elektrisch betreibbar. Der Aktuator **114** könnte magnetische Komponenten und/oder piezoelektrische Komponenten umfassen. Beispielsweise könnte der Aktuator eine Rotationsmagnetfeldquelle umfassen, die eingerichtet ist, um ein als Funktion der Zeit rotierendes magnetisches Feld zu erzeugen. Der Aktuator **114** könnte zum Beispiel Biegepiezokomponenten umfassen.

[0073] In manchen Beispielen könnte anstatt einer Umlenkeinheit **112** auch ein auf einem Substrat – etwa Silizium – integriert gefertigtes Array aus mehreren Emittierstrukturen – beispielsweise Lichtwellenleitern – verwendet werden, wobei die mehreren Emittierstrukturen Laserlicht in einer bestimmten Phasenbeziehung aussenden. Durch Variieren der Phasenbeziehung des Laserlichts, welches durch die verschiedenen Emittierstrukturen ausgesendet wird, kann dann ein bestimmter Abstrahlwinkel durch konstruktive und destruktive Interferenz eingestellt werden. Solche Anordnungen werden auch manchmal als optisches Array mit Phasenbeziehung (engl. optical phased array, OPA) bezeichnet. Siehe M. J. R. Heck „Highly integrated optical phased arrays: photonic integrated circuits for optical beam shaping and beam steering“ in Nanophotonics (2016).

[0074] Der Laserscanner **101** umfasst auch einen Detektor **113**. Beispielsweise kann der Detektor **113** durch eine Fotodiode implementiert sein. Beispielsweise kann der Detektor **113** durch ein Fotodioden-Array implementiert sein. Beispielsweise kann der Detektor **113** ein oder mehrere Einzelphotonen-Lawinendioden (engl. single photon avalanche diode, SPAD) aufweisen.

[0075] Der Detektor **113** ist eingerichtet, um von Objekten (in **Fig. 2** nicht dargestellt) im Umfeld der Anordnung **100** reflektiertes sekundäres Laserlicht **192** zu detektieren. Basierend auf einer Laufzeitmessung zwischen dem Aussenden eines Pulses des primären Laserlichts **191** durch die Laserlichtquelle **111** und dem Detektieren des Pulses durch den Detektor **113** kann dann eine Abstandsmessung der Objekte durchgeführt werden. Solche Techniken könnten beispielsweise auch kombiniert werden oder ersetzt werden mit strukturierter Beleuchtung, bei der anstatt von Pulsen des Laserlichts **191** kontinuierliches Laserlicht verwendet werden kann.

[0076] In dem Beispiel der **Fig. 2** weist der Detektor **113** eine eigene Blende **113A** auf. In anderen Beispielen wäre es möglich, dass der Detektor **113** dieselbe Blende verwendet, die auch für das Abstrahlen des primären Laserlichts **191** verwendet wird. Dann kann eine besonders hohe Sensitivität erzielt werden.

[0077] Optional könnte der Laserscanner **101** auch eine Positioniervorrichtung aufweisen (in **Fig. 2** nicht dargestellt). Die Positioniervorrichtung kann eingerichtet sein, um ein Signal auszugeben, das indikativ für den Abstrahlwinkel ist, mit welchem das Laserlicht abgestrahlt wird. Dazu wäre es zum Beispiel möglich, dass die Positioniervorrichtung eine Zustandsmessung des Aktuators **114** und/oder der Umlenkeinheit **112** vornimmt. Die Positioniervorrichtung könnte beispielsweise auch direkt das primäre Laserlicht **191** messen. Die Positioniervorrichtung kann im Allgemeinen den Abstrahlwinkel optisch messen, z. B. basierend auf dem primären Laserlicht **191** und/oder Licht einer Leuchtdiode. Beispielsweise könnte die Positioniervorrichtung einen positionssensitiven Detektor (engl. position sensitive device, PSD) aufweisen, der z. B. eine PIN-Diode, ein CCD-Array oder ein CMOS-Array aufweist. Dann könnte das primäre Laserlicht **191** und/oder Licht aus einer Leuchtdiode über die Umlenkeinheit **112** auf den PSD gerichtet werden, sodass der Abstrahlwinkel mittels des PSD gemessen werden kann. Alternativ oder zusätzlich könnte die Positioniervorrichtung auch ein Faser-Bragg-Gitter aufweisen, das zum Beispiel innerhalb der Faser, die die Umlenkeinheit **112** ausbildet, angeordnet ist: durch eine Krümmung und/oder Torsion der Faser kann sich die Länge des Faser-Bragg-Gitters ändern und dadurch die Reflektivität für Licht einer bestimmten Wellenlänge verändert werden. Dadurch kann der Bewegungszustand der Faser ge-

messen werden. Daraus lässt sich auf den Abstrahlwinkel zurück schließen.

[0078] Fig. 3 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß verschiedener Beispiele. Beispielsweise könnte das Verfahren gemäß Fig. 3 durch eine Vorrichtung **100**, wie sie voranstehend in Bezug auf die Fig. 1 und Fig. 2 beschrieben wurde, implementiert werden.

[0079] Zunächst erfolgt in Block **5001** das Empfangen von Steuerdaten. Die Steuerdaten sind indikativ für einen Fahrtzustand eines Fahrzeugs. Beispielsweise könnten die Steuerdaten über eine Bus-Datenverbindung wie beispielsweise einen CAN-Bus oder einen MOST-Bus oder einen FlexRay-Bus empfangen werden. Beispielsweise könnten die Steuerdaten über eine paketierte Datenverbindung empfangen werden. Es wäre aber auch möglich, dass die Steuerdaten als analoges Signal codiert sind.

[0080] Dann erfolgt in Block **5002** das Auswählen eines aktiven Betriebsmodus eines Laserscanners in Abhängigkeit des Fahrtzustands, wie er von den Steuerdaten in Block **5001** indiziert wird.

[0081] Dabei kann zum Beispiel mittels einer Nachschlagetabelle oder anderweitig eine bestimmte Zuordnung zwischen einem oder mehreren Fahrtzuständen des Fahrzeugs und dem jeweils aktivierten Betriebsmodus des Laserscanners implementiert werden. Zum Beispiel können bestimmte logische Verknüpfungen zwischen verschiedenen Fahrtzuständen des Fahrzeugs berücksichtigt werden.

[0082] Dann kann optional das Scannen von Laserlicht – beispielsweise gepulstem Laserlicht – entlang einer ersten Scanachse und optional entlang einer zweiten Scanachse in Übereinstimmung mit dem aktivierten Betriebsmodus des Laserscanners erfolgen.

[0083] Dann kann optional eine Abstandsmessung von Objekten im Umfeld durchgeführt werden. Dazu könnten z. B. Laufzeitmessungen von Pulsen des Laserlichts berücksichtigt werden. Es könnten aber auch Techniken der strukturierten Beleuchtung verwendet werden.

[0084] Fig. 4 illustriert Aspekte in Bezug auf Steuerdaten **104**, welche indikativ für einen Fahrtzustand eines Fahrzeugs sind. In dem Beispiel der Fig. 4 sind die Steuerdaten **104** digital codiert. In dem Beispiel der Fig. 4 sind die Steuerdaten **104** als Datenpakete **200** implementiert. Ein solches Datenpaket **200** umfasst Kopfdaten **201** (engl. header) und umfasst weiterhin Nutzdaten (engl. payload data). Die Nutzdaten sind indikativ für den Fahrtzustand **202** des Fahrzeugs.

[0085] Fig. 5 illustriert Aspekte in Bezug auf den Fahrtzustand **202** des Fahrzeugs. In dem Beispiel der Fig. 5 ist der Fahrtzustand **202** des Fahrzeugs durch drei Kriterien klassifiziert. In anderen Beispielen könnten auch weniger oder mehr Kriterien zur Klassifikation des Fahrtzustands verwendet werden. Beispielsweise könnte auch nur ein einziges Kriterium verwendet werden.

[0086] In dem Beispiel der Fig. 5 ist der Fahrtzustand **202** zunächst durch einen Straßentyp, auf welchem sich das Fahrzeug gegenwärtig bewegt, klassifiziert. Beispielsweise könnte der Straßentyp aus Kartendaten einer Navigationsdatenbank, etwa im Zusammenhang mit einem Satellitennavigationssystem, ermittelt werden. Der Straßentyp könnte zum Beispiel verschiedene Straßenklassen beschreiben, wie Autobahn (vergleiche Fig. 5), Staatsstraße, Straße innerhalb eines Ortes, Landesstraße, Bundesstraße, etc.

[0087] In dem Beispiel der Fig. 5 ist der Fahrtzustand **202** weiterhin durch eine Geschwindigkeit des Fahrzeugs klassifiziert. Die Geschwindigkeit kann zum Beispiel durch Auslesen eines Tachometers erhalten werden.

[0088] In dem Beispiel der Fig. 5 ist der Fahrtzustand **202** weiterhin durch eine Gierrate des Fahrzeugs klassifiziert. Beispielsweise könnte die Gierrate durch Auslesen eines Beschleunigungssensors erhalten werden. Alternativ oder zusätzlich zur Gierrate könnte auch der Nickwinkel oder der Rollwinkel des Fahrzeugs zur Klassifikation des Fahrtzustands verwendet werden.

[0089] Der Fahrtzustand **202** kann auch durch andere Observablen beschrieben werden, als diejenigen, die in dem Beispiel der Fig. 5 dargestellt sind. Beispiele umfassen ein Höhenprofil einer Straße, beispielsweise ein Steigungswinkel der Straße.

[0090] Weitere Beispiele für den Fahrtzustand **202** umfassen eine Wettersituation, wie beispielsweise Regen, Schnee, Nacht, Sonnenschein, Trockenheit, Luftfeuchtigkeit, Umfeldhelligkeit, usf.

[0091] Solche Beispiele für den Fahrtzustand **202** können flexibel je nach Anwendungsfall miteinander kombiniert werden.

[0092] Fig. 6 illustriert Aspekte in Bezug auf eine Integration der Vorrichtung **100** in ein Kraftfahrzeug **99**. In dem Beispiel der Fig. 6 ist die Vorrichtung **100** in ein Personenkraftfahrzeug (PKW) integriert. Fig. 6 ist eine Seitenansicht des PKWs **99**. In dem Beispiel der Fig. 6 ist die Vorrichtung **100** in einem oberen, mittleren Bereich der vorderen Windschutzscheibe des PKWs **99** angebracht. In anderen Beispielen könnte die Vorrichtung **100** auch an anderen Positionen des

PKWs **99** angebracht sein, beispielsweise im Bereich einer vorderen Stoßstange, einer hinteren Stoßstange, im Bereich eines Kühlergrills, etc.

[0093] Fig. 6 illustriert weiterhin Aspekte in Bezug auf eine vertikale Scanachse **301** des Laserscanners **100**. Bei bestimmungsgemäßem Einbau der Vorrichtung **100** in den PKW **99** ist die Scanachse **301** vertikal im entsprechenden Koordinatensystem des PKWs **99** orientiert, d. h. in etwa senkrecht zur Straße.

[0094] In dem Beispiel der Fig. 6 sind zwei unterschiedliche Abmessungen **311-1**, **311-2** des Scanbereichs entlang der vertikalen Scanachse **301** dargestellt. Aus dem Beispiel der Fig. 6 ist ersichtlich, dass die Abmessung **311-1** größer ist, als die Abmessung **311-2**.

[0095] Beispielsweise wäre es möglich, dass die beiden Abmessungen **311-1**, **311-2** jeweils mit unterschiedlichen Betriebsmodi **81**, **82** des Laserscanners **101** assoziiert sind. Beispielsweise könnte die Abmessung **311-1** (durchgezogene Linie in Fig. 6) im Zusammenhang mit einem Betriebsmodus **81**, der einer Fahrt auf innerörtlichen Straßen und/oder im Zusammenhang mit geringen Geschwindigkeiten des PKWs **99** entspricht, aktiviert werden. Beispielsweise könnte die Abmessung **311-2** (gestrichelte Linie in Fig. 6) im Zusammenhang mit einem Betriebsmodus **82**, der einer Fahrt auf der Autobahn und/oder im Zusammenhang mit großen Geschwindigkeiten des PKWs **99** entspricht, aktiviert werden.

[0096] Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei der Fahrt mit großen Geschwindigkeiten bzw. auf der Autobahn typischerweise Objekte in einer größeren Entfernung zur Vorrichtung **100** detektiert werden müssen. Deshalb kann es erstrebenswert sein, die Abmessung **311-2** des Scanbereichs entlang der vertikalen Scanachse **301** vergleichsweise klein zu dimensionieren, um im Fernbereich eine große Auflösung – beispielsweise eine große Scanpunktdichte – zu erhalten und/oder das unnötige Akquirieren von LIDAR-Daten im Nahbereich zu vermeiden.

[0097] Fig. 7 illustriert Aspekte in Bezug auf eine Integration der Vorrichtung **100** in den PKW **99**. Fig. 7 ist eine Aufsicht auf den PKW **99**. Das Szenario der Fig. 7 entspricht dem Szenario der Fig. 6.

[0098] Fig. 7 illustriert weiterhin Aspekte in Bezug auf eine horizontale Scanachse **302** des Laserscanners **100**. Beim bestimmungsgemäßen Einbau der Vorrichtung **100** in den PKW **99** ist die Scanachse **302** horizontalen Koordinatensystem des PKWs **99** orientiert, d. h. in etwa parallel zur Straße.

[0099] In dem Beispiel der Fig. 7 ist die Abmessung **312-1** des Scanbereichs entlang der horizon-

talen Scanachse **302** dargestellt. Außerdem ist die Abmessung **312-2** des Scanbereichs der horizontalen Scanachse **302** dargestellt. Aus dem Beispiel der Fig. 7 ist ersichtlich, dass die Abmessung **312-1** größer ist, als die Abmessung **312-2**.

[0100] Beispielsweise wäre es möglich, dass die Abmessungen **312-1**, **312-2** mit unterschiedlichen Betriebsmodi **81**, **82** des Laserscanners **101** assoziiert sind. Beispielsweise könnte die Abmessung **312-1** im Zusammenhang mit einer Fahrt auf innere örtlichen Straßen und/oder im Zusammenhang mit einem Betriebsmodus **81**, der Geschwindigkeiten des PKWs **99** unterhalb eines Schwellenwerts entspricht, aktiviert werden. Beispielsweise könnte die Abmessung **312-2** im Zusammenhang mit einem Betriebsmodus **82**, der einer Fahrt auf der Autobahn und/oder großen Geschwindigkeiten des PKWs **99** entspricht, aktiviert werden.

[0101] Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei der Fahrt mit großen Geschwindigkeiten bzw. auf der Autobahn oftmals Objekte vor dem PKW **99** detektiert werden müssen, jedoch Objekte links und rechts des PKWs **99** nicht detektiert werden müssen. Deshalb kann es erstrebenswert sein, die Abmessung **312-2** des Scanbereichs entlang der horizontalen Scanachse **302** vergleichsweise klein zu dimensionieren, um im Fernbereich eine große Auflösung – beispielsweise eine große Scanpunktdichte – zu erhalten und/oder das unnötige Akquirieren von LIDAR-Daten im Nahbereich links und rechts vom PKW **99** zu vermeiden. Beispielsweise kann dadurch eine Scanwiederholrate erhöht werden.

[0102] Fig. 8 illustriert Aspekte in Bezug auf den Scanbereich **315**. Fig. 8 ist ein Polarplot entlang der vertikalen Scanachse **301** und der horizontalen Scanachse **302**. Das Szenario der Fig. 8 entspricht grundsätzlich den Szenarien der Fig. 6 und Fig. 7. Aus Fig. 8 ist ersichtlich, dass je nach Betriebsmodus **81**, **82** des Laserscanners **101** sowohl die Abmessung **311-1**, **311-2** entlang der vertikalen Scanachse **301** verändert werden kann, als auch die Abmessung **312-1**, **312-2** entlang der horizontalen Scanachse **302**.

[0103] Fig. 9 illustriert Aspekte in Bezug auf den Scanbereich **315**. Fig. 9 ist ein Polarplot entlang der vertikalen Scanachse **301** und der horizontalen Scanachse **302**. Das Szenario der Fig. 9 entspricht grundsätzlich den Szenarien der Fig. 6–Fig. 8. In dem Beispiel der Fig. 9 wird je nach Betriebsmodus **81**, **82** des Laserscanners **101** jedoch lediglich die Abmessung **311-1**, **311-2** des Scanbereichs **315** entlang der vertikalen Scanachse **301** angepasst; die Abmessung **312** des Scanbereichs **315** entlang der horizontalen Scanachse **302** wird nicht angepasst.

[0104] Es sind unterschiedliche Kombinationen in Bezug auf das Anpassen des Scanbereichs **315** in Abhängigkeit des Betriebsmodus **81**, **82** denkbar. Beispielsweise könnte die Abmessung des Scanbereichs **315** entlang der vertikalen Scanachse **301** angepasst werden und die Abmessung des Scanbereichs **315** entlang der horizontalen Scanachse **302** nicht angepasst werden. Es wäre auch möglich, dass die Abmessung des Scanbereichs **315** entlang der vertikalen Scanachse **301** konstant bleibt, jedoch die Abmessung des Scanbereichs **315** entlang der horizontalen Scanachse **302** angepasst wird.

[0105] In verschiedenen Beispielen wurde voranstehend beschrieben, wie die Abmessungen des Scanbereichs **315** angepasst werden können. Es wäre aber auch möglich, dass unterschiedliche Betriebsmodi **81**, **82** des Laserscanners **101** alternativ oder zusätzlich auch mit anderen Eigenschaften des Scanbereichs **315** assoziiert sind. Beispielsweise wäre es möglich, dass unterschiedliche Betriebsmodi **81**, **82** des Laserscanners **101** mit einer Scanfolge verschiedener Scanpunkte innerhalb des Scanbereichs **315** assoziiert sind (Scantrajektorie). Alternativ oder zusätzlich wäre es möglich, dass unterschiedliche Betriebsmodi **81**, **82** des Laserscanners **101** mit unterschiedlichen Ausrichtung des Scanbereichs **315** entlang einer oder mehrerer Scanachse **301**, **302** assoziiert sind.

[0106] Fig. 10 illustriert Aspekte in Bezug auf den Scanbereich **315**. Fig. 10 ist ein Polarplot entlang der vertikalen Scanachse **301** und der horizontalen Scanachse **302**. In dem Beispiel der Fig. 10 wird je nach Betriebsmodus **81**, **82** des Laserscanners **101** die Ausrichtung des Scanbereichs **315** im durch die Scanachse **301**, **302** definierten Koordinatensystem verändert. Aus Fig. 10 ist ersichtlich, dass die Abmessungen **311**, **312** des Scanbereichs **315** konstant bleiben.

[0107] In dem Beispiel der Fig. 10 wird ein Zentrum des Scanbereichs **315** je nach Betriebsmodus des Laserscanners **101** verschoben. Dies kann z. B. einem nicht-dynamischen Offset der Umlenkeinheit **112** entsprechen. Insbesondere wird in dem Beispiel der Fig. 10 das Zentrum des Scanbereichs **315** entlang der vertikalen Scanachse **302** verschoben. Beispielsweise könnte eine solche Verschiebung des Scanbereichs **315** dazu verwendet werden, um einen Gierwinkel, Rollwinkel und/oder Nickwinkel des PKWs **99** zu kompensieren.

[0108] Fig. 11 illustriert Aspekte in Bezug auf den Scanbereich **315**. Fig. 11 ist ein Polarplot entlang der vertikalen Scanachse **301** und der horizontalen Scanachse **302**. In dem Beispiel der Fig. 11 wird je nach Betriebsmodus **81**, **82** des Laserscanners **101** die Ausrichtung des Scanbereichs **315** im durch die Scanachse **301**, **302** definierten Koordinatensystem

verändert. Aus Fig. 11 ist ersichtlich, dass die Abmessungen **311**, **312** des Scanbereichs **315** konstant bleiben.

[0109] Im dem Beispiel der Fig. 11 wird ein Zentrum des Scanbereichs **315** je nach Betriebsmodus **81**, **82** des Laserscanners **101** verschoben. Insbesondere wird in dem Beispiel der Fig. 11 das Zentrum des Scanbereichs **315** entlang der horizontalen Scanachse **302** verschoben. Beispielsweise könnte eine solche Verschiebung des Scanbereichs **315** dazu verwendet werden, um einen Gierwinkel, Rollwinkel und/oder Nickwinkel des PKWs **99** zu kompensieren.

[0110] In verschiedenen Beispielen wäre es möglich, die die Implementierungen gemäß der voranstehend diskutierten Fig. 6–Fig. 11 miteinander zu kombinieren.

[0111] Fig. 12 illustriert Aspekte in Bezug auf eine Scanpunktdichte **321**. Fig. 12 illustriert die Scanpunktdichte **321** entlang der vertikalen Scanachse **301** für verschiedene Betriebsmodi **81**, **82**. In dem Beispiel der Fig. 12 ist ersichtlich, dass unterschiedliche Betriebsmodi **81**, **82** unterschiedliche Scanpunktdichte entlang der vertikalen Scanachse **301** implementieren können.

[0112] Durch die Implementierung unterschiedlicher Scanpunktdichten **321** kann erreicht werden, dass zum Beispiel für Abstandsmessungen von Objekten in großer Entfernung eine genügend große Anzahl von Scanpunkten pro Objekt erzielt werden kann.

[0113] In dem Beispiel der Fig. 12 sind die Scanpunktdichte **321** entlang der vertikalen Scanachse **301** konstant. Es wäre jedoch auch möglich, dass die Scanpunktdichte **321** entlang der vertikalen Scanachse **301** variiert. Beispielsweise wäre es möglich, dass die Variation der Scanpunktdichte **321** entlang der vertikalen Scanachse **301** für unterschiedliche Betriebsmodi unterschiedlich implementiert wird.

[0114] Fig. 13 illustriert Aspekte in Bezug auf eine Scanpunktdichte **321**. Fig. 13 illustriert die Scanpunktdichte **321** entlang der vertikalen Scanachse **301** für verschiedene Betriebsmodi **81**, **82**. In dem Beispiel der Fig. 13 ist ersichtlich, dass unterschiedliche Betriebsmodi **81**, **82** unterschiedliche Scanpunktdichten **321** entlang der vertikalen Scanachse **301** implementieren können. In dem Beispiel der Fig. 13 weist die Scanpunktdichte **321** des Betriebsmodus **82** (gestrichelte Linie) eine charakteristische Variation entlang der vertikalen Scanachse **301** auf, d. h. es werden im Allgemeinen unterschiedliche Variationen der Scanpunktdichte **321** für unterschiedliche Betriebsmodi **81**, **82** implementiert.

[0115] Beispielsweise kann ein Szenario gemäß dem Beispiel der Fig. 13 insbesondere im Zusam-

menhang mit der Differenzierung zwischen einer Fahrtsituation auf einer Autobahn bzw. bei hohen Geschwindigkeiten des PKWs **99** gegenüber einer Farbsituation auf einer innerstädtischen Straße bzw. bei niedrigen Geschwindigkeiten des PKWs **99** erstrebenswert sein. Zum Beispiel kann bei hohen Geschwindigkeiten eine hohe Scanpunktdichte **321** insbesondere in einem Zentralbereich des Scanbereichs **315** erstrebenswert sein; typischerweise entspricht der Zentralbereich großen Entfernungen der entsprechenden Objekte. Wenn jedoch die Objekte vergleichsweise nahe beim PKW **99** erwartet werden, kann eine homogene Scanpunktdichte **321** erstrebenswert sein: dies ist typischerweise im Zusammenhang mit niedrigen Geschwindigkeiten des PKWs **99** der Fall.

[0116] Während in Bezug auf die **Fig. 12** und **Fig. 13** voranstehend Beispiele der Scanpunktdichte **321** entlang der vertikalen Scanachse **301** diskutiert wurden, kann es alternativ oder zusätzlich möglich sein, die Scanpunktdichte entlang weiterer Scanachse, beispielsweise der horizontalen Scanachse **302**, für unterschiedliche Betriebsmodi **81**, **82** unterschiedlich zu implementieren.

[0117] Unterschiedliche Scanpunktdichten können beispielsweise unterschiedlichen Abständen benachbarter Scanzeilen entsprechen. Die Scanpunktdichte kann beispielsweise einen Abstand benachbarter Abstrahlwinkel für gepulstes Laserlicht **191** beschreiben. Die Scanpunktdichte kann z. B. eine Winkelauflösung des Scannens beschreiben.

[0118] Unterschiedliche Scanpunktdichte können zum Beispiel durch unterschiedliche Schrittweiten einer gestuften Bewegung entlang eines Freiheitsgrads der Bewegung, der mit der entsprechenden Scanachse **301**, **302** assoziiert ist, erreicht werden.

[0119] **Fig. 14** illustriert Aspekte in Bezug auf das primäre Laserlicht **191**, das von der Laserlichtquelle **111** des Laserscanners **101** ausgesendet wird. **Fig. 14** illustriert die Amplitude **330** des Laserlichts **191** als Funktion der Zeit.

[0120] In **Fig. 14** ist eine Pulsfolge des Laserlichts **191** für einen Betriebsmodus **81** (durchgezogene Linie) und einen Betriebsmodus **82** (gestrichelte Linie) dargestellt. Aus **Fig. 14** ist ersichtlich, dass die beiden Betriebsmodi **81**, **82** unterschiedliche Pulsenergien der Pulse des Laserlichts **191** implementieren (die Pulsenergie ist proportional zur Fläche unter den Kurven in **Fig. 14**). Dies wird erreicht durch unterschiedliche Spitzenamplituden **331-1**, **331-2**, sowie durch unterschiedliche Pulsdauern **332-1**, **332-2**. In anderen Beispielen wäre es auch möglich, dass entweder die Spitzenamplitude oder die Pulsdauer in Abhängigkeit des Betriebsmodus **81**, **82** verändert wird.

[0121] In dem Beispiel der **Fig. 14** sind die beiden Betriebsmodi **81**, **82** zusätzlich mit unterschiedlichen Wiederholungsraten **333-1**, **333-2** der Pulse des Laserlichts **191** assoziiert. Das ist optional. Beispielsweise wäre es möglich, dass ein Tastgrad der Pulsfolge in Abhängigkeit des Betriebsmodus **81**, **82** verändert wird.

[0122] Durch eine Anpassung der Pulsfolge des Laserlichts **191**, kann erreicht werden, dass zum Beispiel bei Bedarf besonders große Reichweiten für die Abstandsmessung erzielt werden können. Große Reichweiten für die Abstandsmessung können beispielsweise durch eine hohe Pulsenergie erzielt werden. Oftmals kann eine höhere Pulsenergie einhergehen mit einer geringeren Tiefenauflösung, d. h. einer geringeren Genauigkeit mit welcher der Abstand der Objekte bestimmt werden kann. Jedoch kann es bei Abstandsmessungen von vergleichsweise weit entfernten Objekten – beispielsweise in einem Abstand im Bereich von 100–400 m – entbehrlich sein, eine besonders hohe Genauigkeit bei der Bestimmung des Abstands zu erzielen.

[0123] Gleichzeitig kann erreicht werden, dass bestimmte Grenzwerte für die Augensicherheit (engl. eye safety), die beispielsweise Situationsabhängig definiert sind (z. B. striktere Grenzwerte innerorts im Vergleich zu Grenzwerten auf der Autobahn), jeweils gut ausgeschöpft werden können.

[0124] Ferner kann erreicht werden, dass der Zugriff auf das Spektrum minimiert werden kann. Dadurch können Interferenzen mit Laserscanner und anderer Fahrzeuge reduziert werden.

[0125] Dies kann insbesondere im Zusammenhang mit dem innerstädtischen Verkehr erstrebenswert sein, wo eine große Dichte von Fahrzeugen vorliegen kann.

[0126] **Fig. 15** illustriert Aspekte in Bezug auf die Vorrichtung **100**. Insbesondere illustriert **Fig. 15** Aspekte in Bezug auf den Laserscanner **101**. In dem Beispiel der **Fig. 15** umfasst der Laserscanner **101** eine Faser **701**. Die Faser **701** implementiert die Umlenkeinheit **112**. Dies bedeutet, dass die Faser **701** eingerichtet sein kann, um das Laserlicht **191** abzuulenken.

[0127] Die Faser **701** erstreckt sich entlang einer Zentralachse **702**. Die Faser **701** umfasst ein bewegliches Ende **705** mit einer Endfläche **709**.

[0128] Außerdem ist eine Fixierung **750** der Vorrichtung **100** dargestellt. Beispielsweise könnte die Fixierung **750** aus Kunststoff oder Metall gefertigt sein. Die Fixierung **750** könnte zum Beispiel Teil eines Gehäuses sein, welches das bewegliche Ende **705** der Faser **701** aufnimmt.

[0129] Die Fixierung **750** fixiert die Faser **701** an einer Fixierstelle **706**. Zum Beispiel könnte die Fixierung **750** die Faser **701** an der Fixierstelle **706** durch eine Klemmverbindung und/oder eine Lötverbindung und/oder eine Klebeverbindung fixieren. Im Bereich der Fixierstelle **706** ist die Faser **701** deshalb ortsfest bzw. starr mit der Fixierung **750** gekoppelt.

[0130] In **Fig. 15** ist weiterhin die Länge **703** der Faser **701** zwischen der Fixierstelle **706** und dem beweglichen Ende **705** dargestellt. Aus **Fig. 15** ist ersichtlich, dass das bewegliche Ende **705** gegenüber der Fixierstelle **706** beabstandet ist. Zum Beispiel könnte die Länge **703** im Bereich von 0,5 cm bis 10 cm liegen, optional im Bereich von 5 cm bis 8 cm.

[0131] Das bewegliche Ende **705** steht also frei im Raum. Durch diesen Abstand des beweglichen Endes **705** gegenüber der Fixierstelle **706** kann erreicht werden, dass die Position des beweglichen Endes **705** der Faser **701** gegenüber der Fixierstelle **706** verändert werden kann. Dabei ist es beispielsweise möglich, die Faser **701** im Bereich zwischen der Fixierstelle **706** und dem beweglichen Ende **705** zu krümmen und/oder zu verdrehen. In **Fig. 15** ist aber ein Ruhezustand der Faser **701** ohne Bewegung bzw. Auslenkung dargestellt.

[0132] **Fig. 16** illustriert Aspekte in Bezug auf die Vorrichtung **100**. Insbesondere illustriert **Fig. 16** Aspekte in Bezug auf den Laserscanner **101**. In dem Beispiel der **Fig. 16** umfasst die Umlenkeinheit **112** eine Faser **701**. Das Beispiel der **Fig. 16** entspricht dem Beispiel der **Fig. 15**. **Fig. 16** zeigt einen dynamischen Zustand der Umlenkeinheit.

[0133] In dem Beispiel der **Fig. 16** ist das Ende **705** der Faser **701** in einer Position **801** und einer Position **802** (gestrichelte Linie in **Fig. 16**) dargestellt. Diese Positionen **801**, **802** implementieren Extrempositionen der Faser **701**: zum Beispiel könnte ein Anschlag vorgesehen sein, welcher eine weitere Bewegung des Endes **705** über die Positionen **801**, **802** hinaus verhindert (in **Fig. 16** nicht dargestellt). Die Faser **701** kann sich zwischen den Positionen **801**, **802** hin- und her bewegen, zum Beispiel periodisch. In dem Beispiel der **Fig. 16** entspricht die Position **801** einer Krümmung **811**. Die Position **802** entspricht einer Krümmung **812**. Die Krümmungen **811**, **812** weisen entgegengesetzte Vorzeichen auf. Zum Bewegen der Faser **701** zwischen den Positionen **801**, **802**, kann der Aktuator **114** vorgesehen sein (in **Fig. 16** nicht dargestellt). Die Bewegung der Faser **701** zwischen den Positionen **801**, **802** entspricht einer in der Zeichenebene der **Fig. 16** definierten Transversalmoden der Faser **701**.

[0134] Es wäre alternativ oder zusätzlich möglich, eine senkrecht zur Zeichenebene der **Fig. 16** definierten Transversalmoden der Faser **701** zum Scan-

nen des Laserlichts **191** zu verwenden. Zum Beispiel wäre anstatt einer eindimensionalen Bewegung (wie in **Fig. 16** dargestellt), auch eine örtlich und zeitlich überlagerte zweidimensionale Bewegung mit einer Komponente senkrecht zur Zeichenebene der **Fig. 16** möglich. Derart kann zum Beispiel eine Überlagerungsfigur implementiert werden, indem die orthogonalen Freiheitsgrade der Bewegung entsprechend senkrecht zueinander orientierter Transversalmoden angeregt werden.

[0135] Durch das Bereitstellen der Krümmungen **811**, **812** in den Positionen **801**, **802** wird erreicht, dass das Laserlicht **191** über einen bestimmten Scanbereich **315** mit einer Abmessung **311** abgestrahlt wird. In dem Beispiel der **Fig. 16** implementiert die dargestellte Transversalmoden die vertikale Scanachse **301**. Es wäre aber auch möglich, dass die dargestellte Transversalmoden die horizontale Scanachse **302** implementiert.

[0136] **Fig. 17** illustriert Aspekte in Bezug auf die Vorrichtung **100**. Insbesondere illustriert **Fig. 17** Aspekte in Bezug auf den Laserscanner **101**. In dem Beispiel der **Fig. 17** umfasst die Umlenkeinheit **112** wiederum die Faser **701**. Das Beispiel der **Fig. 17** entspricht grundsätzlich den Beispielen der **Fig. 15** und **Fig. 16**. **Fig. 17** zeigt einen dynamischen Zustand der Umlenkeinheit **112**.

[0137] In dem Beispiel der **Fig. 17** wird das bewegliche Ende **705** der Faser **701** derart bewegt, dass sich die Faser **701** im Bereich zwischen der Fixierstelle **706** und dem beweglichen Ende **705** zwischen einer ersten Torsion **871** und einer zweiten Torsion **872** bewegt. Dies entspricht einer Verdrillung der Faser **701** entlang der Zentralachse **702**. Die Faser **701** wird also gemäß einer Torsionsmode angeregt.

[0138] Durch das Bereitstellen der Torsionen **871**, **872** wird erreicht, dass das Laserlicht **191** (in **Fig. 17** nicht dargestellt) über einen entsprechenden Scanbereich mit einer Abmessung **312** abgestrahlt werden kann.

[0139] In dem Beispiel der **Fig. 17** implementiert die dargestellte Torsionsmode die horizontale Scanachse **302**. Es wäre aber auch möglich, dass die dargestellte Torsionsmode die vertikale Scanachse **301** implementiert.

[0140] **Fig. 18** illustriert Aspekte in Bezug auf die Vorrichtung **100**. Insbesondere illustriert **Fig. 18** Aspekte in Bezug auf die Umlenkeinheit **112**. In dem Beispiel der **Fig. 18** umfasst die Umlenkeinheit **112** die Faser **701**, die beispielsweise gemäß einer oder mehrerer Transversalmoden und/oder gemäß einer oder mehrerer Torsionsmoden bewegt werden kann. In dem Beispiel der **Fig. 18** umfasst die Umlenkeinheit **112** weiterhin einen Spiegel **798**, der auf dem be-

weglichen Ende **705** der Faser **701** starr angebracht ist. Der Spiegel **798** wird in dem Beispiel der **Fig. 18** mit dem Laserlicht **191** beleuchtet, wobei das Laserlicht **191** nicht durch einen Lichtwellenleiter der Faser **701** läuft. Dadurch wird ein Ablenkwinkel **799** des Laserlichts **191** bewirkt. Der Ablenkwinkel **799** hängt dabei ab von der Krümmung **811**, **812** und/oder der Torsion **871**, **872** der Faser **701**. Beispielsweise könnte anstatt eines Spiegels **798** auch ein Prisma verwendet werden, um den Ablenkwinkel **799** zu implementieren.

[0141] **Fig. 19** illustriert Aspekte in Bezug auf die Vorrichtung **100**. Insbesondere illustriert **Fig. 19** Aspekte in Bezug auf die Umlenkeinheit **112**. In dem Beispiel der **Fig. 19** umfasst die Umlenkeinheit **112** die Faser **701**, die beispielsweise gemäß einer oder mehrerer Transversalmoden und/oder gemäß einer oder mehreren Torsionsmoden bewegt werden kann. In dem Beispiel der **Fig. 19** umfasst die Umlenkeinheit **112** weiterhin einen Spiegel **798**, der auf dem beweglichen Ende **705** der Faser **701** starr angebracht ist. Alternativ oder zusätzlich könnte auch eine Linse als optisches Element vorhanden sein, beispielsweise eine GRIN-Linse. Der Spiegel **798** wird in dem Beispiel der **Fig. 19** mit Laserlicht **191** beleuchtet, wobei das Laserlicht **191** durch einen Lichtwellenleiter der Faser **701** läuft. Dadurch wird der Ablenkwinkel **799** des Laserlichts **191** bewirkt. Der Ablenkwinkel **799** hängt dabei wiederum von der Krümmung **811**, **812** und/oder der Torsion **871**, **872** der Faser **701** ab. Beispielsweise könnte anstatt eines Spiegels **798** auch ein Prisma verwendet werden, um den Ablenkwinkel **799** zu implementieren.

[0142] **Fig. 20** illustriert Aspekte in Bezug auf das Scannen des Umfelds der Vorrichtung **100** durch Bewegen der Faser **701**. Insbesondere illustriert **Fig. 20** eine Überlagerungsfigur, die erhalten wird, wenn eine erste Bewegung der Faser entlang der Scanachse **301** mit einer während einer Zeitdauer variablen Amplitude mit einer zweiten Bewegung der Faser **702** (horizontale Achse in **Fig. 20**) überlagert wird. Das Überlagern der Bewegungen bedeutet, dass die Bewegungen zumindest teilweise zeitparallel und im Ortsraum überlagert während der Zeitdauer ausgeführt werden bzw. durch den Aktuator **114** angeregt werden.

[0143] In dem Beispiel der **Fig. 20** wird die Torsion **871**, **872** der Faser **701** – welche die Abmessung **312** des Scanbereichs **315** definiert – überlagert mit der Krümmung **811**, **812** der Faser **701**. Dies bedeutet, dass einer der beiden überlagerten Freiheitsgrade der Bewegung einer Transversalmode der Faser **701** – beispielsweise erster oder zweiter Ordnung – entspricht; sowie der andere der beiden überlagerten Freiheitsgrade der Bewegung einer Torsionsmode der Faser **701** – beispielsweise erster Ordnung – entspricht. Die horizontalen Pfeile in **Fig. 20** illustrieren

die Richtung des Abscannen der Überlagerungsfigur. Durch die Überlagerung der resonant bewirkten Transversalmoden mit der Torsionsmode lässt sich ein besonders großer Scanbereich **315** implementieren.

[0144] Dabei wird die Amplitude der Krümmung **811**, **812** über der Zeitdauer, die durch die Überlagerungsfigur ausgebildet wird, graduell erhöht. Dadurch weitet sich das „Auge“ der Überlagerungsfigur hin zu größeren Ablenkwinkel (in **Fig. 20** durch die vertikalen gestrichelten Pfeile illustriert). Die maximale Amplitude der Krümmung **811**, **812** entspricht dabei der Abmessung **311** des Scanbereichs **315**.

[0145] Gleichzeitig wird in dem Beispiel der **Fig. 20** die Amplitude der Torsion **871**, **872** der Faser **701** (horizontale Achse in **Fig. 20**) nicht verändert und ist deshalb konstant. Deshalb weist die Überlagerungsfigur eine feste links-rechts Ausdehnung in **Fig. 20** auf, die der Abmessung **312** des Scanbereichs **315** entspricht.

[0146] In anderen Beispielen wäre es möglich, sowohl die Amplitude der Torsion **871**, **872**, als auch die Amplitude der Krümmung **811**, **812** der Faser **701** zu verändern. In noch weiteren Beispielen wäre es möglich, lediglich die Amplitude der Torsion **871**, **872** der Faser **701** zu verändern. Es wäre aber grundsätzlich auch möglich, die Überlagerungsfiguren durch orthogonale Transversalmoden der Faser **701** zu implementieren und z. B. die Amplitude lediglich einer der Transversalmoden zu verändern.

[0147] Die verschiedenen Zweige der Überlagerungsfigur entsprechend Bildzeilen eines LIDAR-Bilds, das durch den Scanbereich **315** definiert wird. Durch wiederholtes Auslesen des Detektors können entlang der Zweige der Überlagerungsfigur Scanpunkte **351** bzw. Bildpunkte erhalten werden. Für aufeinanderfolgende LIDAR-Bilder wird die Überlagerungsfigur mit einer bestimmten Wiederholrate wiederholt umgesetzt. Die Zeitdauer, die benötigt wird, um die Überlagerungsfigur umzusetzen, entspricht deshalb einer Bildwiederholrate.

[0148] **Fig. 21** illustriert Aspekte in Bezug auf die Scanamplituden **371**, **372** der Bewegungen **811**, **812**, **871**, **872** der Faser **701** gemäß dem Beispiel der **Fig. 20**. Insbesondere illustriert **Fig. 21** einen Zeitverlauf der Scanamplituden **371**, **372**.

[0149] In **Fig. 21** ist die Zeitdauer **960** dargestellt, die zum Abtasten der Überlagerungsfigur gemäß dem Beispiel der **Fig. 20** benötigt wird. Die Zeitdauer **960** kann beispielsweise einer Wiederholrate des Scanvorgangs, der mit dem Scanbereich **315** assoziiert ist, entsprechen.

[0150] Aus **Fig. 21** ist ersichtlich, dass die Scanamplitude **371** der Bewegung, die dem Scannen entlang der Scanachse **301** entspricht, während der Zeitdauer **960** monoton und konstant vergrößert wird. Die Amplitude **371** könnte auch stufenweise vergrößert werden. Die Amplitude **371** könnte auch monoton verringert werden.

[0151] Dahingegen bleibt die Scanamplitude **372** der Bewegung, die dem Scannen entlang der Scanachse **302** entspricht, während der Zeitdauer **960** konstant. Zum Beispiel könnte durch eine Veränderung der Änderungsrate der Scanamplitude **371** eine unterschiedliche Scanpunktdichte der Scanpunkte **351** erzielt werden. Zum Beispiel könnte ein weniger schneller Anstieg der Scanamplitude **371** erreichen, dass die Scanzeilen der Überlagerungsfigur (cf. **Fig. 20**) näher beieinanderliegen und somit eine größere Scanpunktdichte erreicht wird.

[0152] Dabei ist es beispielsweise möglich, dass die Änderungsrate der Scanamplitude **371** eine Abhängigkeit vom Betriebsmodus **81**, **82** aufweist. D. h. es könnte für unterschiedliche Betriebsmodi **81**, **82** ein flacherer oder steilerer Anstieg oder Abfall der Scanamplitude **371** umgesetzt werden. Dann könnte z. B. für kleinere Bildbereiche **315** eine höhere Scanpunktdichte durch eine geringere Änderungsrate der Amplitude **371** erzielt werden. Z. B. kann derart bei hohen Geschwindigkeiten eine hohe Auflösung auch für weit entfernte Objekte erzielt werden.

[0153] Während in dem Beispiel der **Fig. 21** die Scanamplitude **371** entlang der Scanachse **301** variiert wird, wäre es in anderen Beispielen auch möglich, alternativ oder zusätzlich die Scanamplitude **372** entlang der Scanachse **302** zu verändern. Grundsätzlich ist es möglich, die Scanamplitude in Bezug auf Transversalmoden und/oder Torsionsmoden zu verändern bzw. fest zu lassen.

[0154] Selbstverständlich können die Merkmale der vorab beschriebenen Ausführungsformen und Aspekte der Erfindung miteinander kombiniert werden. Insbesondere können die Merkmale nicht nur in den beschriebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder für sich genommen verwendet werden, ohne das Gebiet der Erfindung zu verlassen.

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 Nicht-Patentliteratur

- M. J. R. Heck „Highly integrated optical phased arrays: photonic integrated circuits for optical beam shaping and beam steering” in Nanophotonics (2016) [0073]

Patentansprüche

1. Vorrichtung (100), die umfasst:
 - einen Laserscanner (101) mit einer Laserlichtquelle (111), wobei der Laserscanner (101) eingerichtet ist, um Laserlicht aus der Laserlichtquelle (111) entlang einer ersten Scanachse (301, 302) zu scannen,
 - eine Schnittstelle, die eingerichtet ist, um Steuerdaten (104, 200) zu empfangen, die indikativ für einen Fahrtzustand (202) eines Fahrzeugs (99) ist, und
 - mindestens eine Recheneinheit (102), die eingerichtet ist, um den Laserscanner (101) anzusteuern, um in Abhängigkeit des Fahrtzustands (202) des Fahrzeugs (99) einen aktiven Betriebsmodus (81, 82) aus einer Vielzahl von Betriebsmodi (81, 82) auszuwählen, wobei die mindestens eine Recheneinheit (102) weiterhin eingerichtet ist, um basierend auf dem Laserlicht eine Abstandsmessung von Objekten im Umfeld der Vorrichtung (100) durchzuführen.
2. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei der Laserscanner (101) eingerichtet ist, um das Laserlicht (191, 192) weiterhin entlang einer zweiten Scanachse (301, 302) zu scannen, die verschieden von der ersten Scanachse (301, 302) ist.
3. Vorrichtung (100) nach Anspruch 2, wobei der Laserscanner (101) weiterhin mindestens einen Aktuator (114) und eine Umlenkeinheit (112) aufweist, wobei der Aktuator (114) der eingerichtet ist, um eine erste Bewegung der Umlenkeinheit (112) gemäß der ersten Scanachse (301, 302) und eine zweite Bewegung der Umlenkeinheit (112) gemäß der zweiten Scanachse (301, 302) zu bewirken, wobei die erste Bewegung und die zweite Bewegung örtlich und zeitlich überlagert sind.
4. Vorrichtung (100) nach Anspruch 3, wobei der mindestens eine Aktuator (114) eingerichtet ist, um die erste Bewegung und/oder die zweite Bewegung resonant bewirkt.
5. Vorrichtung (100) nach Anspruch 3 oder 4, wobei die Umlenkeinheit (112) eine Faser (701) und ein mit einem beweglichen Ende (705) der Faser (701) verbundenes optisches Element (798) aufweist.
6. Vorrichtung (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die erste Scanachse (301, 302) vertikal in Bezug auf das Fahrzeug ausgerichtet ist.
7. Vorrichtung (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Vielzahl von Betriebsmodi (81, 82) Scanbereiche (315) mit unterschiedlichen Abmessungen und/oder Ausrichtungen entlang der ersten Scanachse (301, 302) implementieren.

8. Vorrichtung (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Vielzahl von Betriebsmodi (81, 82) unterschiedliche Scanpunktdichten (321) entlang der ersten Scanachse (301, 302) implementieren.

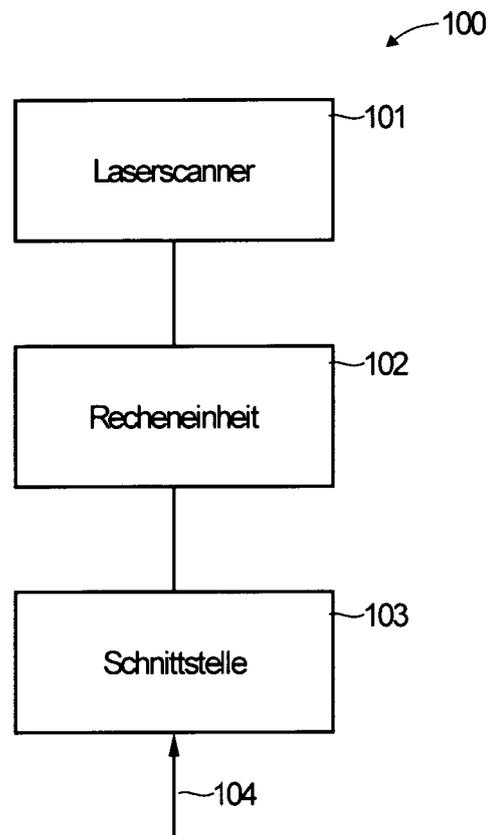
9. Vorrichtung (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei der Laserscanner (101) weiterhin mindestens einen Aktuator (114) aufweist, der eingerichtet ist, um eine erste Bewegung der Umlenkeinheit gemäß der ersten Scanachse (301, 302) mit einer Änderung der Scanamplitude während eines Scanvorgangs, der einem Scanbereich entspricht, zu bewirken, wobei die Vielzahl von Betriebsmodi (81, 82) unterschiedliche Änderungsraten der Scanamplitude der ersten Bewegung implementieren.

10. Vorrichtung (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Vielzahl von Betriebsmodi (81, 82) unterschiedliche Pulsenergien von Pulsen des Laserlichts (191, 192) und/oder unterschiedliche Wiederholraten der Pulse des Laserlichts (191, 192) implementieren.

Es folgen 19 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1



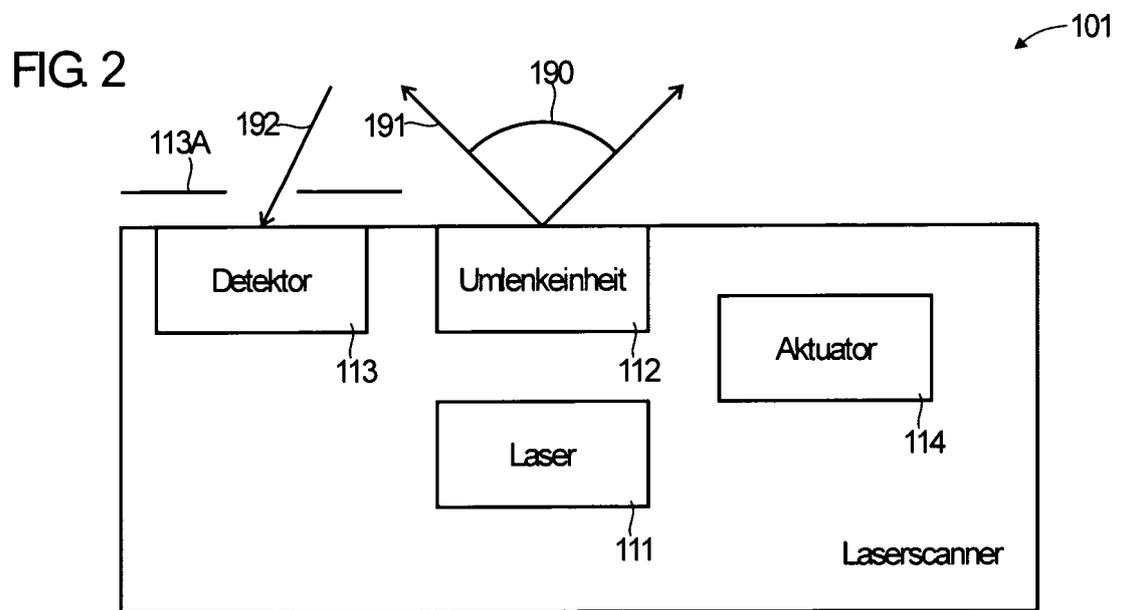


FIG. 3

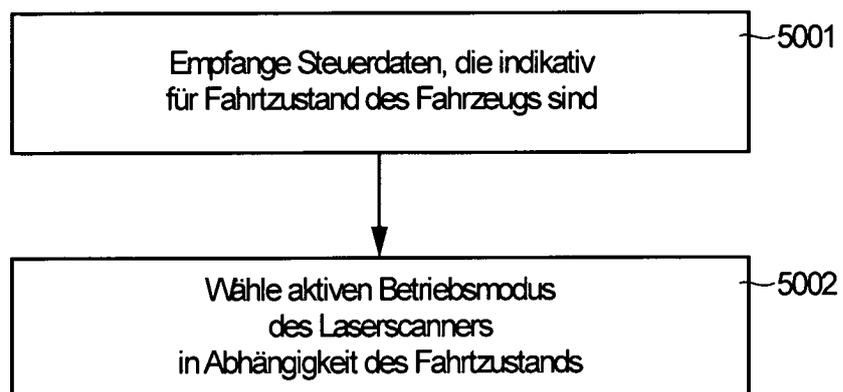


FIG. 4

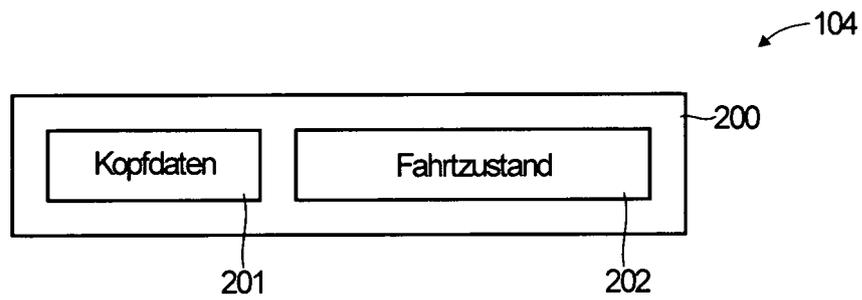


FIG. 5

202

Straßentyp: Autobahn

Geschwindigkeit: 140 km/h

Gierrate: 0,02 rad/s

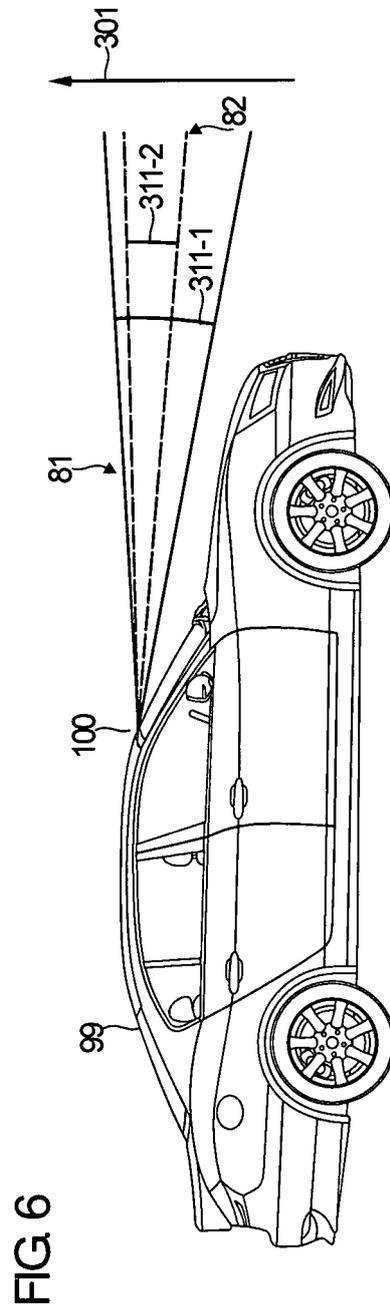
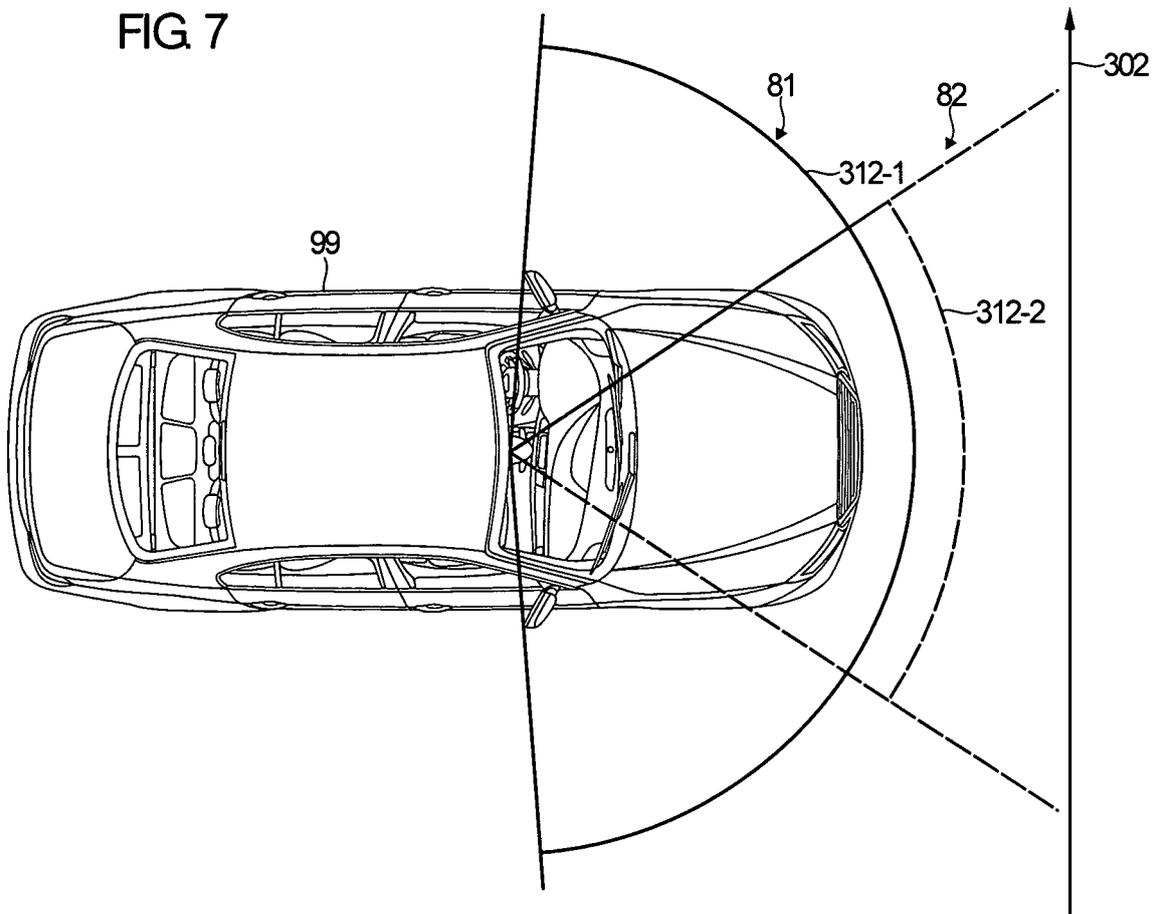
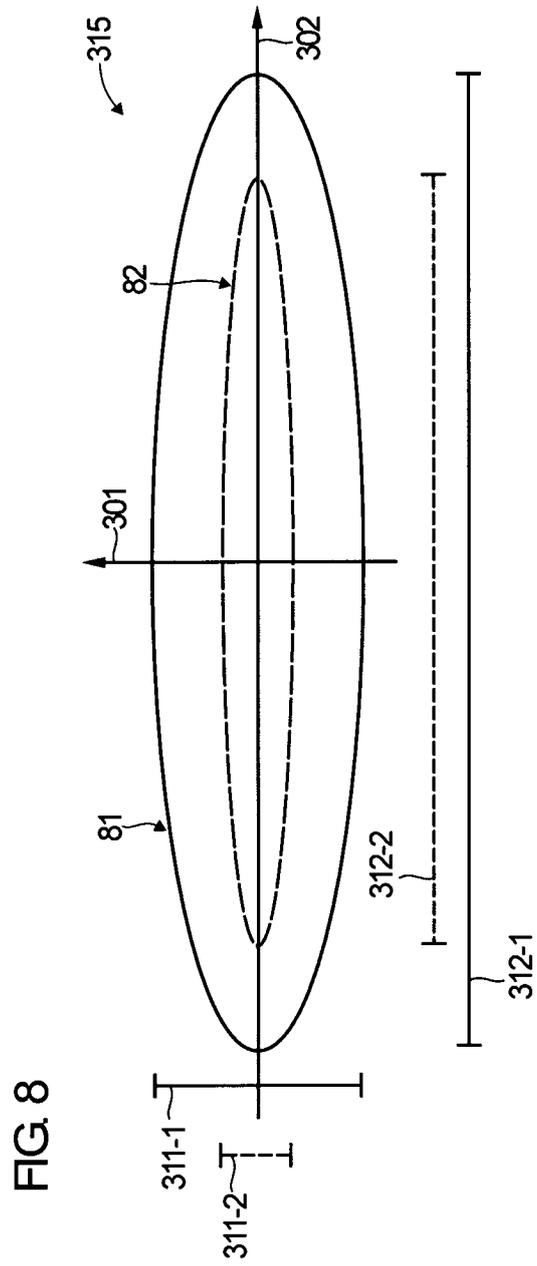
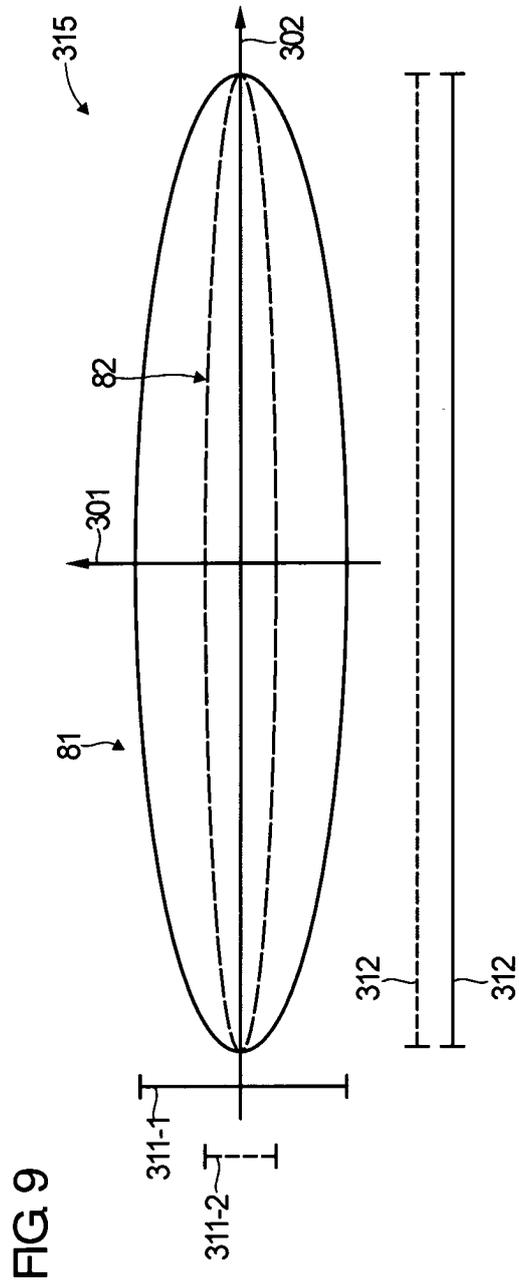


FIG. 7







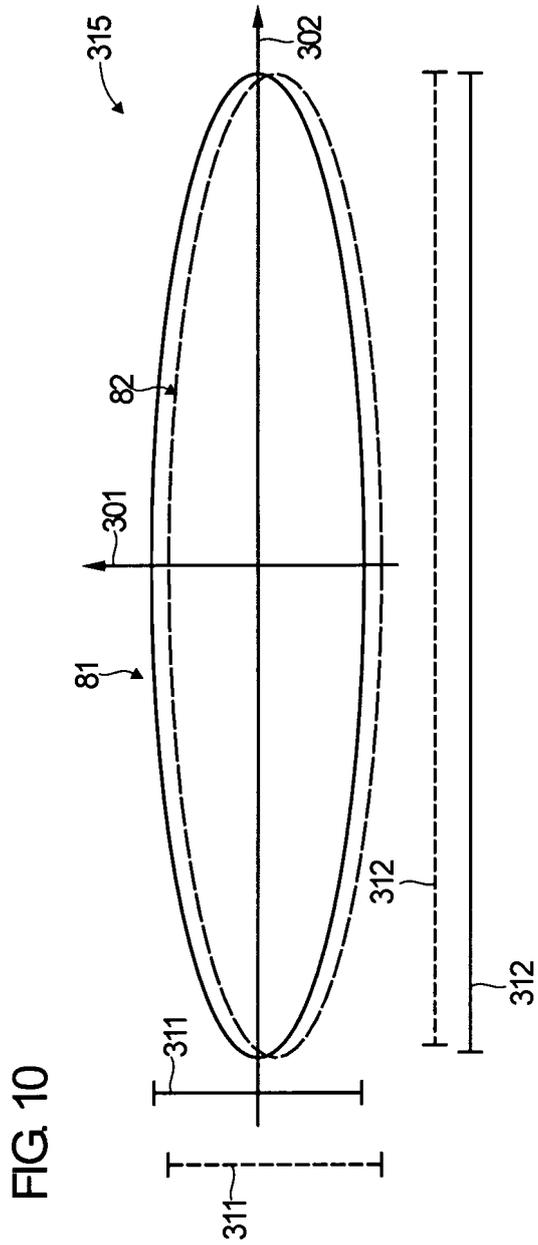


FIG 11

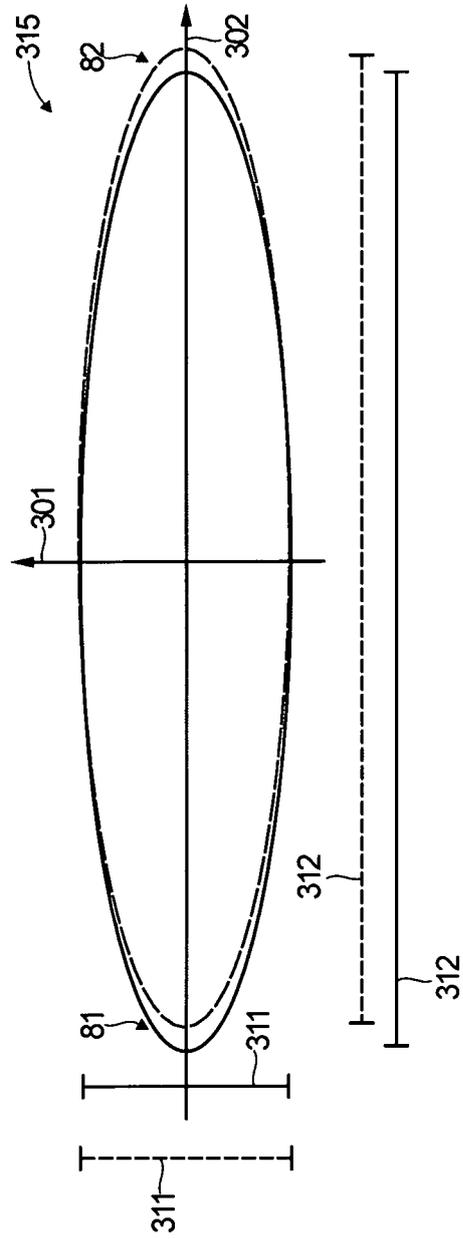


FIG. 12

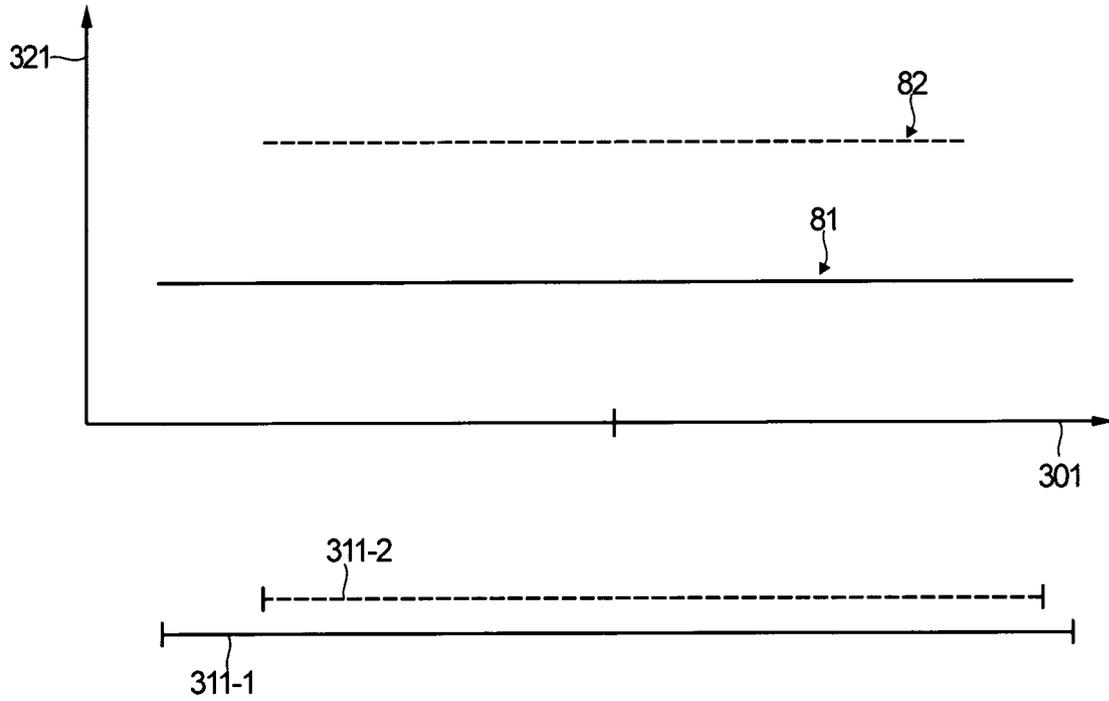


FIG. 13

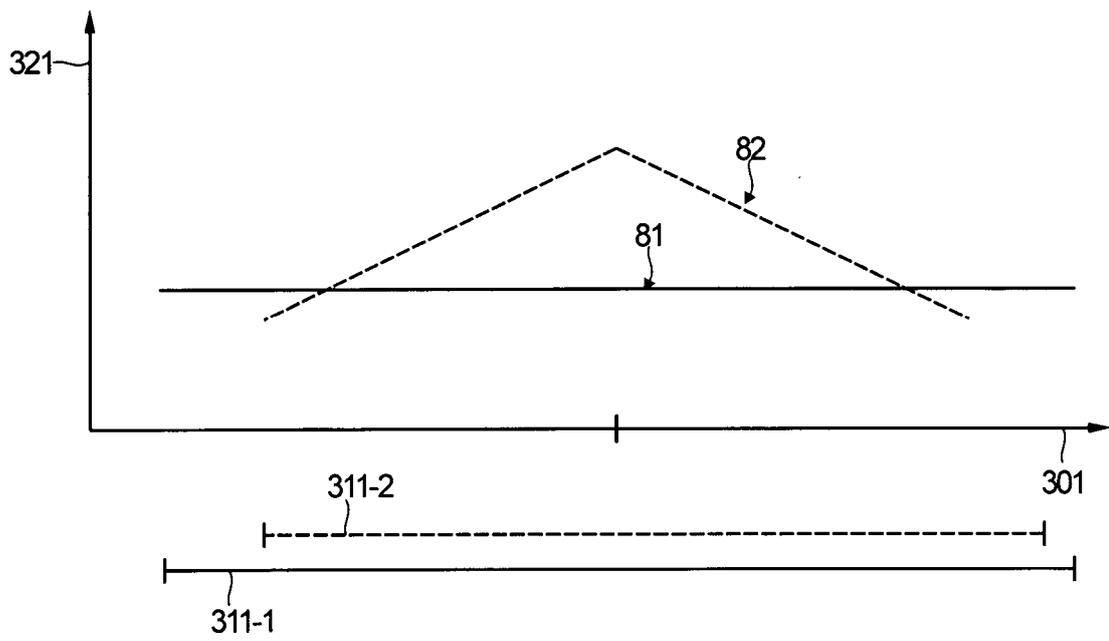


FIG. 14

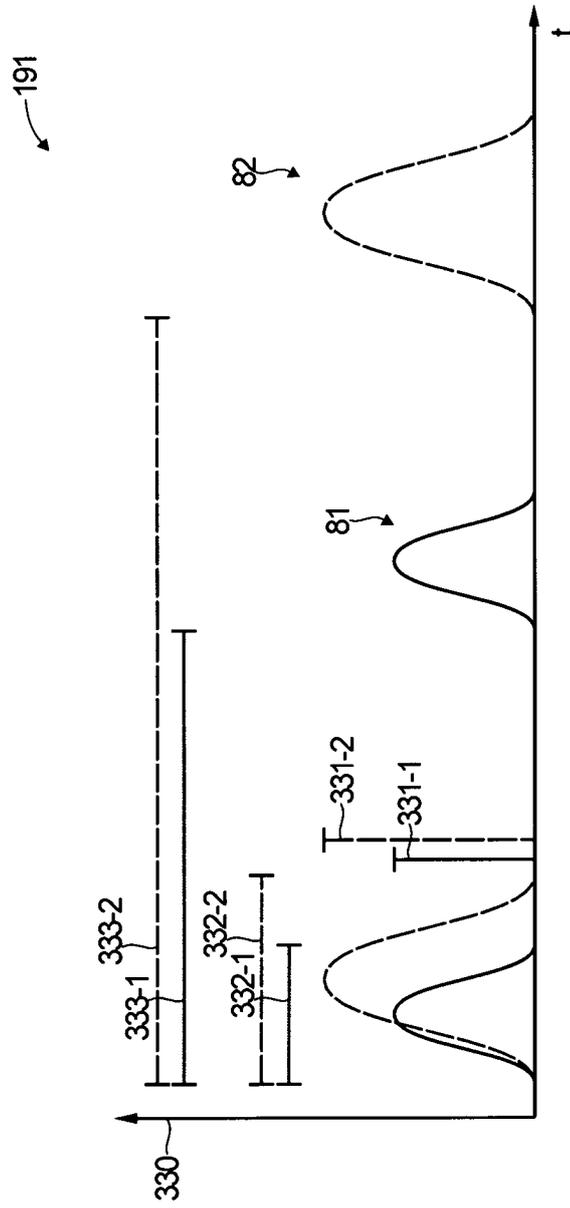


FIG. 15

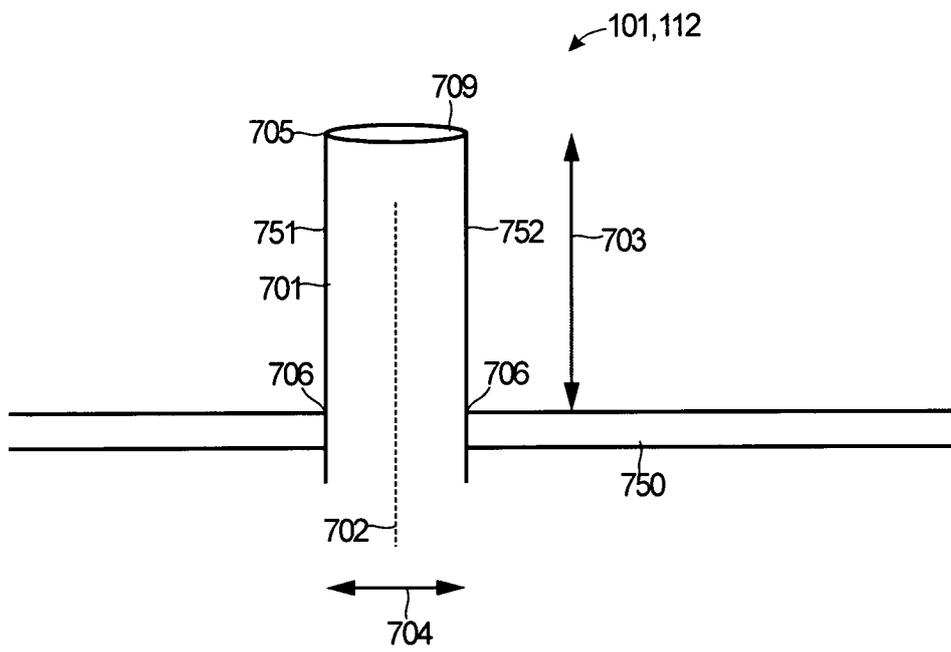


FIG. 16

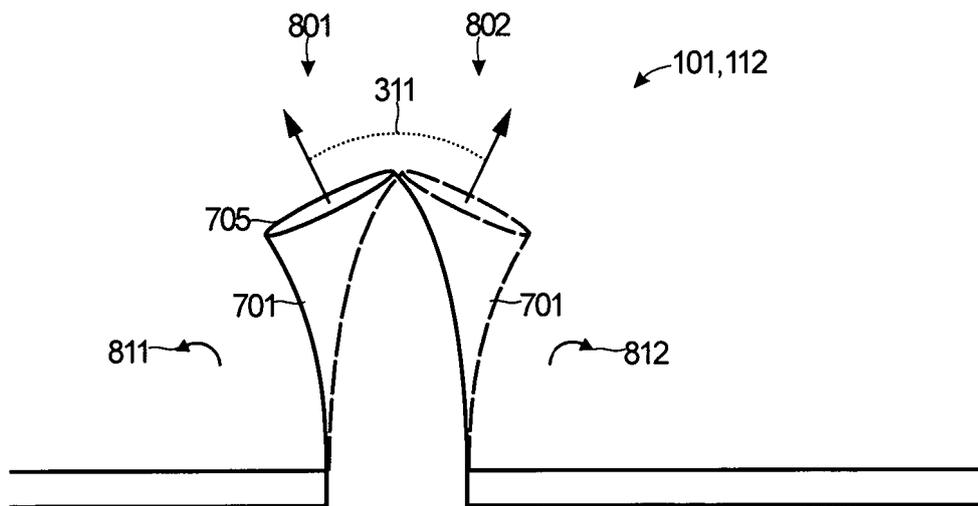


FIG. 17

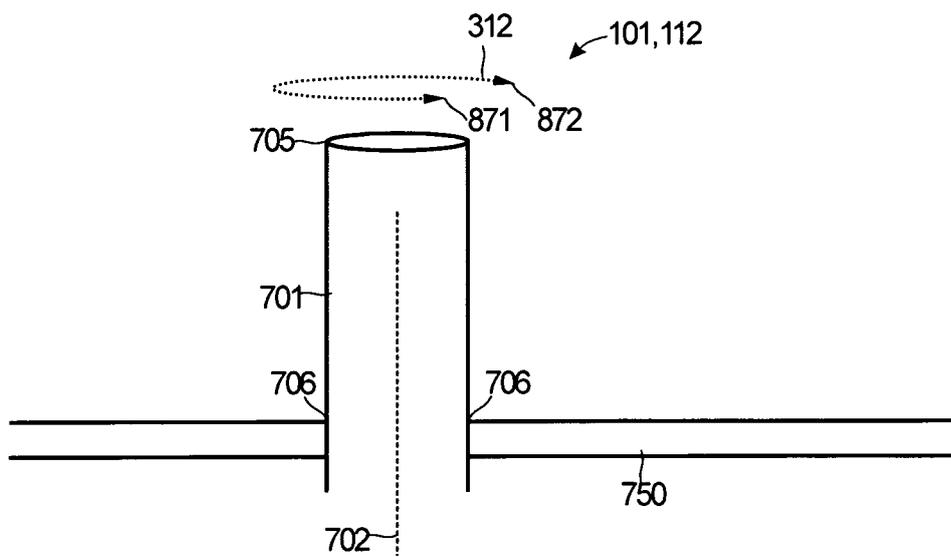


FIG. 18

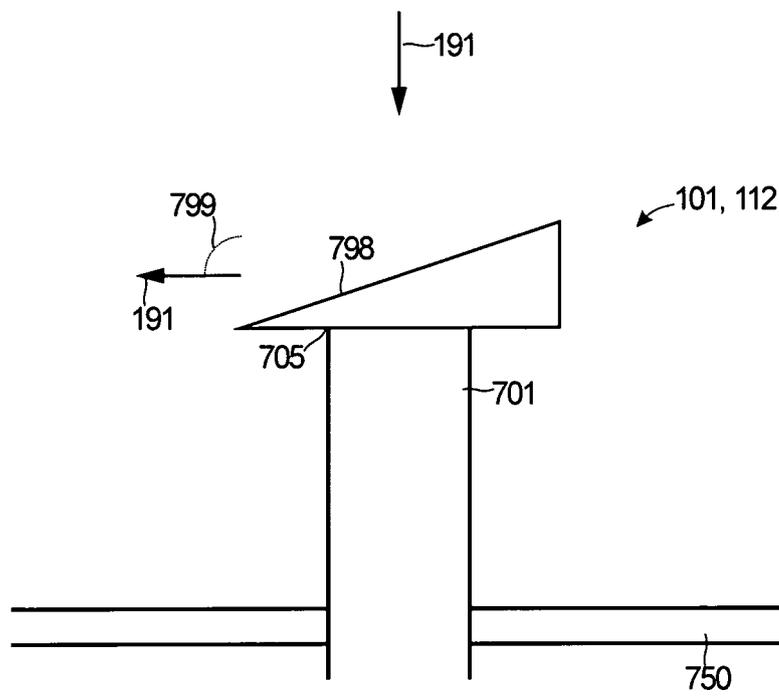


FIG. 19

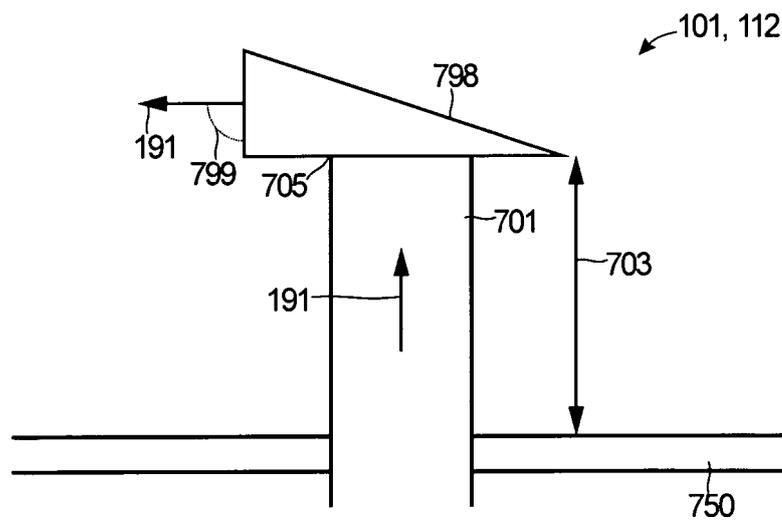


FIG. 20

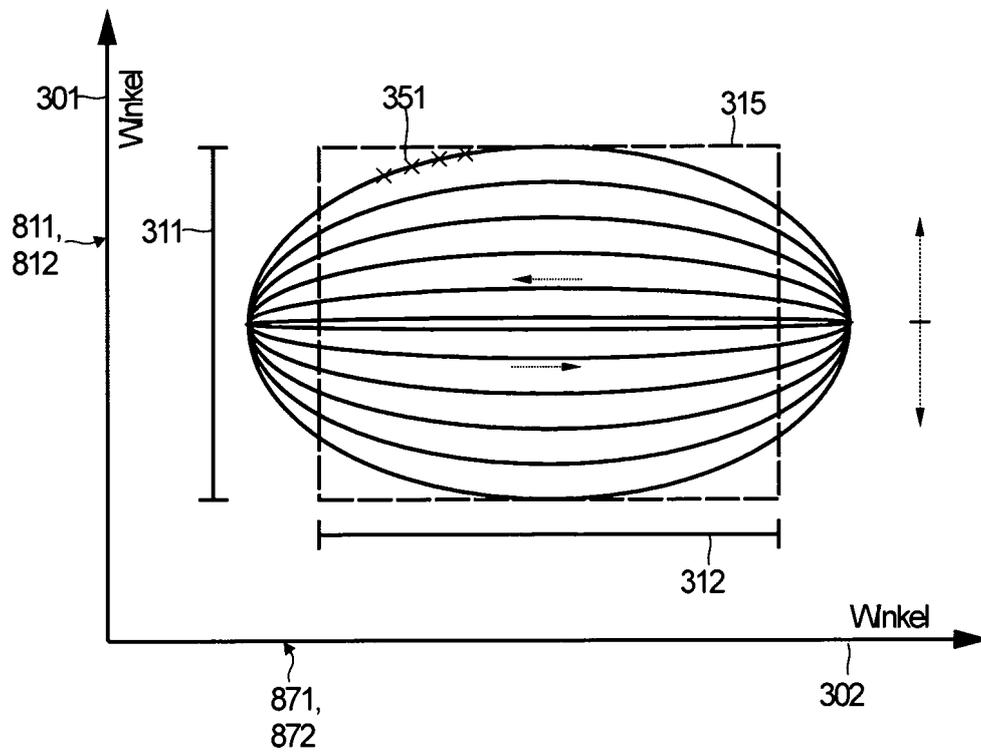


FIG. 21

