



(10) **DE 10 2018 216 632 A1** 2020.04.02

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 216 632.3**

(22) Anmeldetag: **27.09.2018**

(43) Offenlegungstag: **02.04.2020**

(51) Int Cl.: **G01S 7/491** (2006.01)
G01S 17/32 (2006.01)

(71) Anmelder:

Carl Zeiss AG, 73447 Oberkochen, DE

(72) Erfinder:

Davydenko, Vladimir, 76332 Bad Herrenalb, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US **2016 / 0 299 228** **A1**
WO **2009/ 064 934** **A2**

COLDREN, Larry A. [u.a.]: Tunable semiconductor lasers: A tutorial. In: IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology (J-LT), Bd. 22, 2004, H. 1, S. 193-202. - ISSN 1558-2213 (E); 0733-8724 (P). DOI: 10.1109/JLT.2003.822207. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1266694> [abgerufen am 2018-10-08].

GODA, K. ; MAHJOUBFAR, A. ; WANG, C. ; FARD, A. ; ADAM, J. ; GOSSETT, D.R. ; AYAZI, A. ; SOLIER, E. ; MALIK, O. ; CHEN, E. ; LIU, Y. ; BROWN, R. ; SARKOSH, N. ; DI CARLO, D. ; JALALI, B.: Hybrid Dispersion Laser Scanner. In: Nature Scientific Reports, Bd. 2, 08.06.2012, 445. DOI: 10.1038/srep00445. <https://www.nature.com/articles/srep00445> [abgerufen am 09.07.2019]

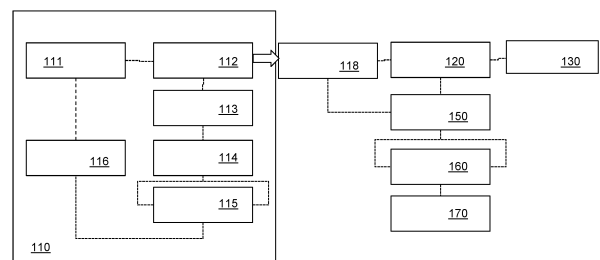
VAN ACOLEYEN, Karel ; BOGAERTS, Wim ; BAETS, Roel: Two-dimensional dispersive off-chip beam scanner fabricated on silicon-on-insulator. In: IEEE Photonics Technology Letters, Bd. 23, 2011, H. 17, S. 1270-1272. - ISSN 1941-0174 (E); 1041-1135 (P). DOI: 10.1109/LPT.2011.2159785. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5887390> [abgerufen am 2018-10-08].

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur scannenden Abstandsermittlung eines Objekts**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur scannenden Abstandsermittlung eines Objekts, mit einer Lichtquellen-Einheit (110) zum Aussenden einer Mehrzahl von optischen Signalen mit jeweils zeitlich variierender Frequenz, wobei die Lichtquellen-Einheit (110) ein Laser-Array (111) aus einer Mehrzahl von Lasern aufweist, einer Auswerteeinrichtung zur Ermittlung eines Abstandes des Objekts auf Basis von aus den optischen Signalen jeweils hervorgegangenen, an dem Objekt reflektierten Messsignalen und nicht an dem Objekt reflektierten Referenzsignalen, und einer dispersiven Scan-Einrichtung (130), welche eine frequenzselektive Ablenkung der zu dem Objekt gelenkten Messsignale bewirkt.



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****Gebiet der Erfindung**

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur scannenden Abstandsermittlung eines Objekts. Die Vorrichtung kann zur Ermittlung von Abständen sowohl bewegter als auch unbewegter Objekte und insbesondere zur Ermittlung der Topographie bzw. Form eines räumlich ausgedehnten dreidimensionalen Objekts verwendet werden.

Stand der Technik

[0002] Zur optischen Abstandsmessung von Objekten ist u.a. ein auch als LIDAR bezeichnetes Messprinzip bekannt, bei welchem ein in seiner Frequenz zeitlich verändertes optisches Signal zu dem betreffenden Objekt hin ausgestrahlt und nach an dem Objekt erfolgter Rückreflexion ausgewertet wird.

[0003] Fig. 5a zeigt lediglich in schematischer Darstellung einen für sich bekannten prinzipiellen Aufbau, in welchem ein von einer Lichtquelle 510 ausgesandtes Signal 511 mit zeitlich veränderter Frequenz (auch als „Chirp“ bezeichnet) in zwei Teilsignale aufgespalten wird, wobei diese Aufspaltung z.B. über einen nicht dargestellten Strahlteiler (z.B. einen teildurchlässigen Spiegel oder einen faseroptischen Splitter) erfolgt. Die beiden Teilsignale werden über einen Signalkoppler 550 gekoppelt und an einem Detektor 560 einander überlagert, wobei das erste Teilsignal als Referenzsignal 522 ohne Reflexion an dem mit „540“ bezeichneten Objekt zum Signalkoppler 550 und zum Detektor 560 gelangt. Das zweite am Signalkoppler 550 bzw. am Detektor 560 eintreffende Teilsignal verläuft hingegen als Messsignal 521 über einen optischen Zirkulator 520 und einen Scanner 530 zum Objekt 540, wird von diesem zurückreflektiert und gelangt somit im Vergleich zum Referenzsignal 522 mit einer Zeitverzögerung und entsprechend veränderter Frequenz zum Signalkoppler 550 und zum Detektor 560.

[0004] Über eine (nicht dargestellte) Auswerteeinrichtung wird das vom Detektor 560 gelieferte Detektorsignal relativ zur Messvorrichtung bzw. der Lichtquelle 510 ausgewertet, wobei die zu einem bestimmten Zeitpunkt erfasste, im Diagramm von Fig. 5b dargestellte Differenzfrequenz 531 zwischen Messsignal 521 und Referenzsignal 522 charakteristisch für den Abstand des Objekts 540 von der Messvorrichtung bzw. der Lichtquelle 510 ist. Gemäß Fig. 5b kann dabei zum Erhalt zusätzlicher Information hinsichtlich der Relativgeschwindigkeit zwischen dem Objekt 540 und der Messvorrichtung bzw. der Lichtquelle 510 der zeitabhängige Frequenzverlauf des von der Lichtquelle 510 ausgesandten Signals 511 auch so

beschaffen sein, dass zwei Abschnitte vorliegen, in denen die zeitliche Ableitung der von der Lichtquelle 510 erzeugten Frequenz zueinander entgegengesetzt ist.

[0005] In der Praxis besteht ein Bedarf, auch bei in größeren Abständen befindlichen (ggf. auch bewegten) Objekten, bei welchen es sich z.B. um Fahrzeuge im Straßenverkehr handeln kann, eine möglichst genaue und zuverlässige Abstandsmessung zu realisieren. Dabei ist es im Hinblick auf eine möglichst hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Vorrichtung zur Abstandsermittlung wünschenswert, beim Abscannen des jeweiligen Objekts den Einsatz beweglicher Komponenten wie Scan- bzw. Ablenkspiegel zu vermeiden oder zu minimieren.

[0006] Grundsätzlich ist im Stand der Technik die Realisierung optischer Scanner auf Basis von Dispersionelementen bekannt, wobei insbesondere durch Kombination eines AWG (= „array waveguide grating“= Wellenleiterstruktur-Array) mit einem zusätzlichen Gitter auch eine zweidimensionale Strahlablenkung durchführbar ist.

[0007] Zur Realisierung eines auf dem vorstehend genannten Prinzip des dispersiven Scanprozesses in einem LIDAR-System zwecks Vermeidung des Einsatzes beweglicher Komponenten ist ein möglichst großer Durchstimmbereich der verwendeten Lichtquelle von z.B. größenordnungsmäßig (4-12) THz wünschenswert. Ein hierbei in der Praxis auftretendes Problem ist, dass aufgrund der guten Kohärenzeigenschaften prinzipiell als Lichtquelle in einem LIDAR-System besonders geeignete DFB-Laser (DFB-Laser= „distributed feedback laser“= Laser mit verteilter Rückkopplung) nur einen verhältnismäßig stark begrenzten Durchstimmbereich (von größenordnungsmäßig 500GHz) aufweisen, so dass die Realisierung eines für Anwendungen z.B. im Straßenverkehr hinreichend schnellen Abtastprozesses eine anspruchsvolle Herausforderung darstellt.

[0008] Zum Stand der Technik wird lediglich beispielhaft auf US 2016/0299228 A1 sowie die Publikationen K. Van Acoleyen et al.: „Two-Dimensional Dispersive Off-Chip Beam Scanner Fabricated on Silicon-On-Insulator“, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 23, No. 17, September 1, 2011, 1270-1272, DiLazaro et al.: „Large-volume, low cost, high-precision FMCW tomography using stitched DFBs“, Optics Express, Vol. 26, No. 3, 5 Feb 2018, 2891-2904 und Coldren et al.: „Tunable Semiconductor Lasers: A Tutorial“, Journal of Lightwave Technology, Vol. 22, No. 1, January 2004, 193-202, verwiesen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Vor dem obigen Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung

zur scannenden Abstandsermittlung eines Objekts bereitzustellen, welche auch für ein in vergleichsweise großer Entfernung (z.B. von mehreren 100m) befindliches Objekt eine möglichst genaue und zuverlässige Abstandsmessung ermöglicht.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst.

[0011] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur scannenden Abstandsermittlung eines Objekts weist auf:

- eine Lichtquellen-Einheit zum Aussenden einer Mehrzahl von optischen Signalen mit jeweils zeitlich variierender Frequenz, wobei die Lichtquellen-Einheit ein Laser-Array aus einer Mehrzahl von Lasern aufweist,
- eine Auswerteeinrichtung zur Ermittlung eines Abstandes des Objekts auf Basis von aus den optischen Signalen jeweils hervorgegangenen, an dem Objekt reflektierten Messsignalen und nicht an dem Objekt reflektierten Referenzsignalen, und
- eine dispersive Scan-Einrichtung, welche eine frequenzselektive Ablenkung der zu dem Objekt gelenkten Messsignale bewirkt.

[0012] In Ausführungsformen der Erfindung sind die Laser des Laser-Arrays DFB-Laser („distributed feedback laser“= Laser mit verteilter Rückkopplung), WGMR-Laser (WGMR = „whispering gallery mode resonator“) oder oberflächenemittierende Laser (VCSEL= „vertical-cavity surface-emitting laser“).

[0013] In Ausführungsformen der Erfindung unterscheiden sich die Laser des Laser-Arrays hinsichtlich der Mittenfrequenzen im zeitabhängigen Frequenzverlauf des jeweils erzeugten optischen Signals voneinander. Insbesondere können die Laser des Laser-Arrays hinsichtlich der Mittenfrequenzen im zeitabhängigen Frequenzverlauf einen dem jeweiligen Durchstimmbereich entsprechenden Frequenzversatz aufweisen.

[0014] Der Erfindung liegt insbesondere das Konzept zugrunde, in einem LIDAR-System ein Laser-Array (insbesondere DFB-Laser-Array, WGMR-Laser-Array oder auch VCSEL-Laser-Array) als Lichtquelle in Verbindung mit einer dispersiven Scan-Einrichtung, welche eine frequenzselektive Ablenkung der jeweiligen Messsignale zu dem hinsichtlich seines Abstandes zu vermessenden Objekt bewirkt, einzusetzen. Durch geeigneten Versatz der Mittenfrequenzen der einzelnen Laser innerhalb des Laser-Arrays (wobei dieser Versatz insbesondere im Wesentlichen dem Durchstimmbereich der einzelnen Laser entsprechen kann) kann im Ergebnis ein entsprechend großer Durchstimmbereich (entsprechend z.B. einem Frequenzgang von größenordnungsmäßig 10

THz oder mehr) und somit ein effektiver Scanprozess realisiert werden, wobei zugleich die (etwa relativ zu VCSEL-Lasern) hohe Kohärenz der DFB-Laser genutzt werden kann.

[0015] Die Laser innerhalb des erfindungsgemäß eingesetzten Laser-Arrays können in Ausführungsformen der Erfindung sequentiell betrieben werden, wobei jeweils nur einer der Laser innerhalb des Laser-Arrays aktiv ist und der jeweils nächste Laser erst eingeschaltet wird, wenn der vorangehende Laser an der Begrenzung seines Durchstimmbereichs angelangt ist.

[0016] In weiteren Ausführungsformen der Erfindung können die Laser des Laser-Arrays auch simultan betrieben werden mit der Folge, dass die jeweiligen Messsignale sämtlicher Laser gleichzeitig ausgesandt werden. Dabei kann über ein weiteres dispersives Element eine räumliche Aufteilung der vom Objekt reflektierten Messsignale in Abhängigkeit vom jeweiligen Frequenzbereich erfolgen. Des Weiteren kann die Detektoranordnung eine Mehrzahl von unabhängig voneinander betreibbaren Detektorelementen aufweisen, welche wiederum unterschiedlichen Winkelbereichen in der Winkelverteilung der zu dem Objekt gelenkten Messsignale zugeordnet sind.

[0017] Die erfindungsgemäß zur frequenzselektiven Ablenkung der zu dem Objekt gelenkten Messsignale eingesetzte dispersive Scan-Einrichtung ist in Ausführungsformen der Erfindung als zweidimensionale dispersive Scan-Einrichtung ausgestaltet und kann hierzu insbesondere ein AWG in Kombination mit einem Beugungsgitter aufweisen. Hierbei kann während des dispersiven Scanvorgangs das in der dispersiven Scan-Einrichtung vorhandene AWG in höherer Ordnung arbeiten und eine vergleichsweise schnelle Ablenkung in einer ersten Raumrichtung bewirken, wohingegen das in niedriger Ordnung betriebene (Auskoppel-) Gitter eine vergleichsweise langsame Ablenkung in der hierzu senkrechten Raumrichtung bewirkt.

[0018] Gemäß einer Ausführungsform weist das Laser-Array einen resultierenden Durchstimmbereich von wenigstens 1GHz, insbesondere von wenigstens 4GHz, weiter insbesondere wenigstens 10GHz, auf.

[0019] Gemäß einer Ausführungsform sind die Laser des Laser-Arrays jeweils zum Erhalt zusätzlicher Information hinsichtlich der Relativgeschwindigkeit zwischen dem Objekt und der Messvorrichtung bzw. der Lichtquellen-Einheit zur Erzeugung optischer Signale mit einem zeitabhängigen Frequenzverlauf mit zwei Abschnitten, in denen die zeitliche Ableitung der Frequenz zueinander entgegengesetzt ist, ausgelegt.

[0020] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind der Beschreibung sowie den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0021] Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den beigefügten Abbildungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Figurenliste

[0022] Es zeigen:

Fig. 1a-1b schematische Darstellungen zur Erläuterung des Aufbaus einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer ersten Ausführungsform;

Fig. 2a-2c Diagramme zur Erläuterung der Funktionsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung von **Fig. 1**;

Fig. 3-4 Diagramme zur Erläuterung weiterer Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

Fig. 5a-5b schematische Darstellung zur Erläuterung von Aufbau und Wirkungsweise einer herkömmlichen Vorrichtung zur Abstandsermittlung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0023] Im Weiteren werden Aufbau und Funktionsweise einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer beispielhaften Ausführungsform unter Bezugnahme auf die schematische Darstellung in **Fig. 1a-1b** beschrieben.

[0024] Gemäß **Fig. 1a** wird im Unterschied zu dem bereits anhand von **Fig. 4a-4b** beschriebenen, herkömmlichen Konzept als Lichtquellen-Einheit **110** nicht lediglich ein einziger frequenzmodulierter FMCW-Laser (FMCW= „frequency-modulated continuous wave“) zum Aussenden eines optischen Signals mit zeitlich variierender Frequenz („chirp“), sondern ein Laser-Array **111** aus einer Mehrzahl von Lasern verwendet. Bei den Lasern kann es sich um DFB-Laser oder auch um WGMR-Laser oder VCSEL-Laser handeln.

[0025] Hinsichtlich der prinzipiellen Funktionsweise eines DFB-Laser-Arrays aus einer Mehrzahl von DFB-Lasern wird auf DiLazaro et al.: „Large-volume, low cost, high-precision FMCW tomography using stitched DFBs“, Optics Express, Vol. 26, No. 3, 5 Feb 2018, 2891-2904, sowie Coldren et al.: „Tunable Semiconductor Lasers: A Tutorial“, Journal of Lightwave Technology, Vol. 22, No. 1, January 2004, 193-202, verwiesen.

[0026] Der Einsatz dieses Laser-Arrays **111** wird erfindungsgemäß mit dem Einsatz einer dispersiven Scaneinrichtung **130**, deren Wirkungsweise in **Fig. 1b** veranschaulicht ist, kombiniert.

[0027] Gemäß **Fig. 1a** ist das erfindungsgemäß eingesetzte Laser-Array **111** Bestandteil einer Lichtquellen-Einheit **110**, welche im Ergebnis optische Signale mit jeweils zeitlich variierender Frequenz gemäß dem in **Fig. 2a** angedeuteten Frequenzgang erzeugt. Hierbei ist - ohne dass die Erfindung hierauf beschränkt wäre - ein sequentieller Betrieb der einzelnen Laser des Laser-Arrays **111** realisiert. Hierzu weist die Lichtquellen-Einheit **110** eine Phasenregelschleife zur Regelung der optischen Phase (engl.: OPLL= „optical phase locked loop“) auf, welche gemäß **Fig. 1a** einen Splitter **112**, ein als Frequenzdiskriminator dienendes Mach-Zehnder-Interferometer **113** mit nachgeschaltetem Wellenlängenmultiplexer (WDM= „wavelength division multiplexer“= Wellenlängenunterteilungs-Multiplexer) **114**, welcher z.B. als AWG ausgestaltet sein kann, sowie ein Detektor-Array **115** aufweist, wobei das gegebenenfalls verstärkte Ausgangssignal des Detektor-Arrays **115** den Eingang für eine Steuerungseinrichtung **116**, welche eine Stromquelle umfasst und zur Steuerung der einzelnen Laser des Laser-Arrays **111** dient, bildet.

[0028] Die einzelnen Laser des Laser-Arrays **111** sind hinsichtlich ihrer Mittenfrequenzen um etwa den Durchstimmbereich gegeneinander versetzt mit der Folge, dass bei sequentiellem Betrieb der Laser des Laser-Arrays **111** der in **Fig. 2a** dargestellte Frequenzgang erzeugt wird, wobei die Beiträge der einzelnen Laser mit „1.1“, „1.2“, „1.3“, ... bezeichnet sind.

[0029] In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann gemäß dem Diagramm von **Fig. 4** auch unter Verzicht auf eine solche sequentielle Ansteuerung ein simultaner Betrieb der Laser des Laser-Arrays **111** erfolgen, so dass die optischen Signale der Laser in diesem Falle gleichzeitig (aber ebenfalls mit gemäß **Fig. 4** zueinander versetzten Mittenfrequenzen) ausgesandt werden.

[0030] Unter erneuter Bezugnahme auf **Fig. 1a** werden die von der Lichtquelleneinheit **110** erzeugten optischen Signale über einen Strahlteiler **118** (z.B. einen teildurchlässigen Spiegel oder einen faseroptischen Splitter) in für sich bekannter Weise als Messsignale dienende Teilsignale sowie als Referenzsignal dienende Teilsignale aufgespalten. Die als Messsignal dienenden Teilsignale werden über einen optischen Zirkulator **120** und die disperse Scan-Einrichtung **130** auf ein hinsichtlich seines Abstandes von der Vorrichtung zu vermessendes Objekt (in **Fig. 1a** nicht dargestellt) gelenkt, wohingegen die als Referenzsignal dienenden Teilsignale analog zu **Fig. 5a-5b** für die weitere Auswertung verwendet werden.

[0031] Die dispersive Scan-Einrichtung **130** ist gemäß **Fig. 1b** als zweidimensionale Scan-Einrichtung ausgestaltet und weist zur frequenzselektiven Ablenkung in zwei zueinander senkrechten Richtungen ein AWG **131** in Kombination mit einem Beugungsgitter **132** auf. Hinsichtlich Aufbau und Funktionsweise einer als solche bekannten zweidimensionalen Scan-Einrichtung wird auf K. Van Acoleyen et al.: „Two-Dimensional Dispersive Off-Chip Beam Scanner Fabricated on Silicon-On-Insulator“, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 23, No. 17, September 1, 2011, 1270-1272 verwiesen.

[0032] Erfindungsgemäß wird in der dispersiven Scan-Einrichtung **130** die Dispersion des AWG **131** (welche durch die Ordnung definiert ist, in welcher das AWG betrieben wird) wesentlich größer gewählt als die Dispersion des Beugungsgitters **132**. Infolgedessen erfolgt während der Frequenzdurchstimmung des Laser-Arrays **111** über den gesamten Durchstimmbereich (von beispielsweise 12THz) ein mehrfaches Abscannen des Sichtfeldes (FoV= „Field of View“) über das AWG **131** entlang einer Raumrichtung, jedoch ein nur einmaliges Abscannen des Sichtfeldes über das Beugungsgitter **132** entlang der hierzu senkrechten Raumrichtung.

[0033] Das in höherer Ordnung betriebene AWG **131** bewirkt somit gemäß **Fig. 2b** einen vergleichsweise schnellen Scanvorgang im Sinne einer auf vergleichsweise kurzer Zeitskala erfolgenden frequenzselektiven Ablenkung um Winkel ϕ in einer ersten Raumrichtung, wohingegen das Beugungsgitter **132** in einem vergleichsweise langsamen Scanvorgang eine auf größerer Zeitskala erfolgende frequenzselektive Strahlablenkung in hierzu senkrechter Raumrichtung um Winkel θ bewirkt.

[0034] Nach Reflexion am Objekt verläuft der Signalweg zurück über den optischen Zirkulator **120** zu einem weiteren dispersiven Element **150** (welches als AWG ausgelegt sein kann) zur frequenzselektiven räumlichen Aufteilung des von dem Objekt reflektierten Messsignals. Aufgrund der frequenzselektiven räumlichen Aufteilung durch das weitere dispersive Element **150** werden die unterschiedlichen Frequenzbereiche, welche den unterschiedlichen Ablenkungen zum Objekt hin entsprechen, auf einer als Array ausgestalteten Detektoranordnung **160** räumlich voneinander separiert.

[0035] Der vorstehend beschriebene, mit der erfindungsgemäßen zweidimensional arbeitenden dispersiven Scan-Einrichtung **130** bewirkte zweidimensionale Scanprozess mit vergleichsweise schnellem Scan (um Winkel ϕ) in der ersten Raumrichtung und einem vergleichsweise langsamen Scan (um Winkel θ) in der zweiten Raumrichtung hat grundsätzlich ohne weitere Maßnahmen Lücken im Scanbereich, welche „nicht abgescannten“ Winkelbereichen

entsprechen, zur Folge. Diesem Umstand kann dadurch Rechnung getragen werden, dass in Ausführungsformen der Erfindung und wie im Diagramm von **Fig. 3** angedeutet durch sukzessives Verschieben der jeweiligen „Start-Wellenlänge“ bei aufeinanderfolgenden Scans bei gleichzeitiger Verschiebung der Arbeitsfrequenz des AWGs **131** der dispersiven Scan-Einrichtung **130** effektiv eine Verschiebung des Scanmusters bewirkt wird, um die vorstehend genannten Lücken bzw. nicht abgescannten Winkelbereiche aufzufüllen. Zur Ermöglichung dieser sukzessiven Wellenlängenverschiebung wird vorzugsweise der Durchstimmbereich des Laser-Arrays **111** um z.B. wenigstens 10% größer gewählt als der minimale zur Abdeckung des gewünschten Scanwinkel-Bereichs durch die dispersive Scan-Einrichtung **130** erforderliche Durchstimmbereich.

[0036] Wenn die Erfindung auch anhand spezieller Ausführungsformen beschrieben wurde, erschließen sich für den Fachmann zahlreiche Variationen und alternative Ausführungsformen, z.B. durch Kombination und/oder Austausch von Merkmalen einzelner Ausführungsformen. Dementsprechend versteht es sich für den Fachmann, dass derartige Variationen und alternative Ausführungsformen von der vorliegenden Erfindung mit umfasst sind und die Reichweite der Erfindung nur im Sinne der beigefügten Patentansprüche und deren Äquivalente beschränkt ist.

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

- US 2016/0299228 A1 [0008]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- K. Van Acoleyen et al.: „Two-Dimensional Dispersive Off-Chip Beam Scanner Fabricated on Silicon-On-Insulator“, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 23, No. 17, September 1, 2011, 1270-1272 [0008, 0031]
- DiLazaro et al.: „Large-volume, low cost, high-precision FMCW tomography using stitched DFBs“, Optics Express, Vol. 26, No. 3, 5 Feb 2018, 2891-2904 [0008]
- Coldren et al.: „Tunable Semiconductor Lasers: A Tutorial“, Journal of Lightwave Technology, Vol. 22, No. 1, January 2004, 193-202 [0008]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur scannenden Abstandsermittlung eines Objekts, mit

- einer Lichtquellen-Einheit (110) zum Aussenden einer Mehrzahl von optischen Signalen mit jeweils zeitlich variierender Frequenz, wobei die Lichtquellen-Einheit (110) ein Laser-Array (111) aus einer Mehrzahl von Lasern aufweist;
- einer Auswerteeinrichtung (170) zur Ermittlung eines Abstandes des Objekts auf Basis von aus den optischen Signalen jeweils hervorgegangenen, an dem Objekt reflektierten Messsignalen und nicht an dem Objekt reflektierten Referenzsignalen; und
- einer dispersiven Scan-Einrichtung (130), welche eine frequenzselektive Ablenkung der zu dem Objekt gelenkten Messsignale bewirkt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laser DFB-Laser, WGMR-Laser oder oberflächenemittierende Laser (VCSEL) sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laser des Laser-Arrays (111) sich hinsichtlich der Mittenfrequenzen im zeitabhängigen Frequenzverlauf des vom jeweiligen Laser erzeugten optischen Signals voneinander unterscheiden.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laser des Laser-Arrays (111) hinsichtlich der Mittenfrequenzen im zeitabhängigen Frequenzverlauf einen dem jeweiligen Durchstimmbereich der einzelnen Laser entsprechenden Frequenzversatz aufweisen.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtquellen-Einheit (110) ferner eine Steuerungseinrichtung (116) zum sequentiellen Betreiben der Laser des Laser-Arrays (111) aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Laser-Array (111) einen resultierenden Durchstimmbereich von wenigstens 1GHz, insbesondere von wenigstens 4GHz, weiter insbesondere wenigstens 10 GHz, aufweist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laser des Laser-Arrays (111) jeweils zur Erzeugung optischer Signale mit einem zeitabhängigen Frequenzverlauf mit zwei Abschnitten, in denen die zeitliche Ableitung der Frequenz zueinander entgegengesetzt ist, ausgelegt sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dispersive Scan-Einrichtung (130) ein AWG aufweist.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dispersive Scan-Einrichtung (130) zur frequenzselektiven Ablenkung in zwei zueinander senkrechten Richtungen ausgelegt ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dispersive Scan-Einrichtung (130) ein AWG (131) in Kombination mit einem Beugungsgitter (132) aufweist.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese ein dispersives Element (150) zur räumlichen Aufteilung der von dem Objekt reflektierten Messsignale in Abhängigkeit vom jeweiligen Frequenzbereich aufweist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses dispersive Element (150) ein AWG aufweist.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese eine Detektoranordnung (160) aus einer Mehrzahl von unabhängig voneinander betreibbaren Detektorelementen zur Erzeugung von Detektorsignalen aufweist, wobei diese Detektorsignale jeweils für die Differenzfrequenzen zwischen den Frequenzen der zu dem Objekt gelenkten Messsignale und den Frequenzen der jeweiligen Referenzsignale charakteristisch sind.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass voneinander verschiedene Detektorelemente dieser Detektoranordnung unterschiedlichen Winkelbereichen in der Winkelverteilung der zu dem Objekt gelenkten Messsignale zugeordnet sind.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Fig. 1a

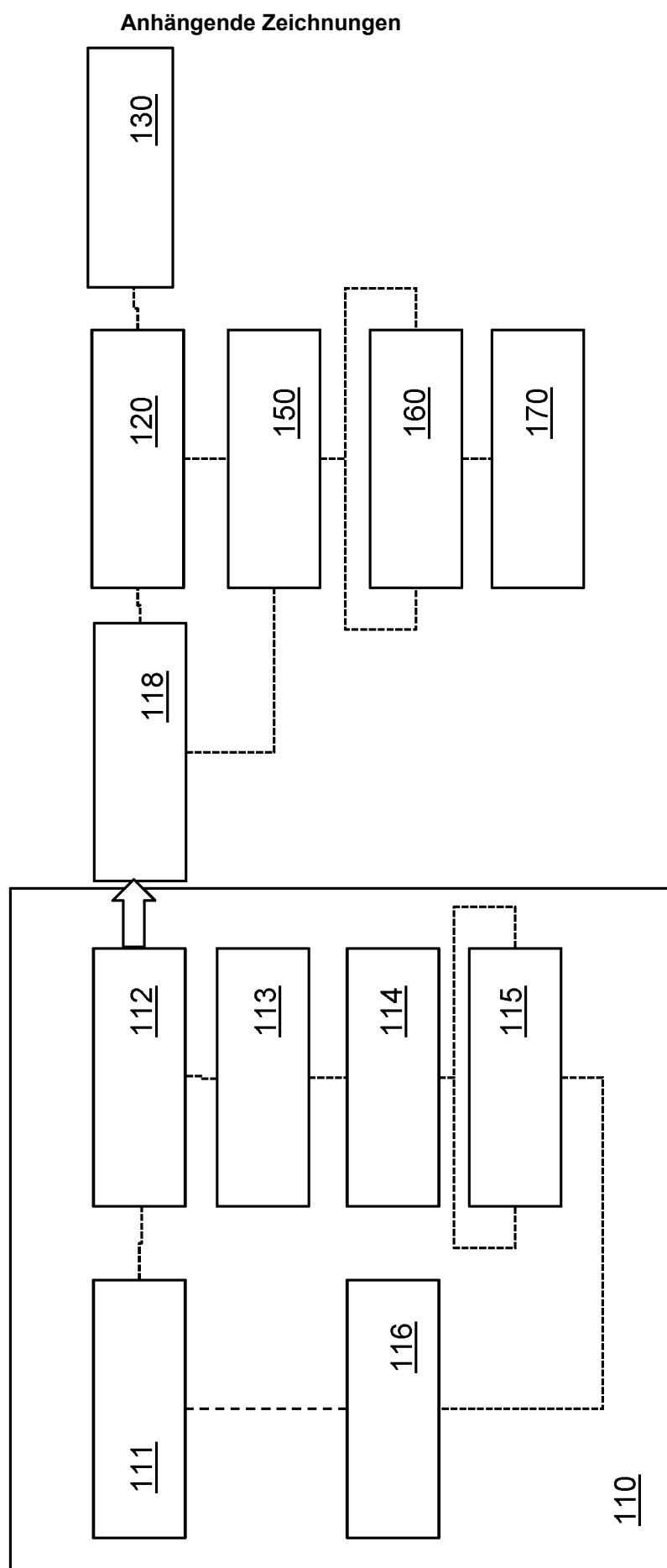


Fig. 1b

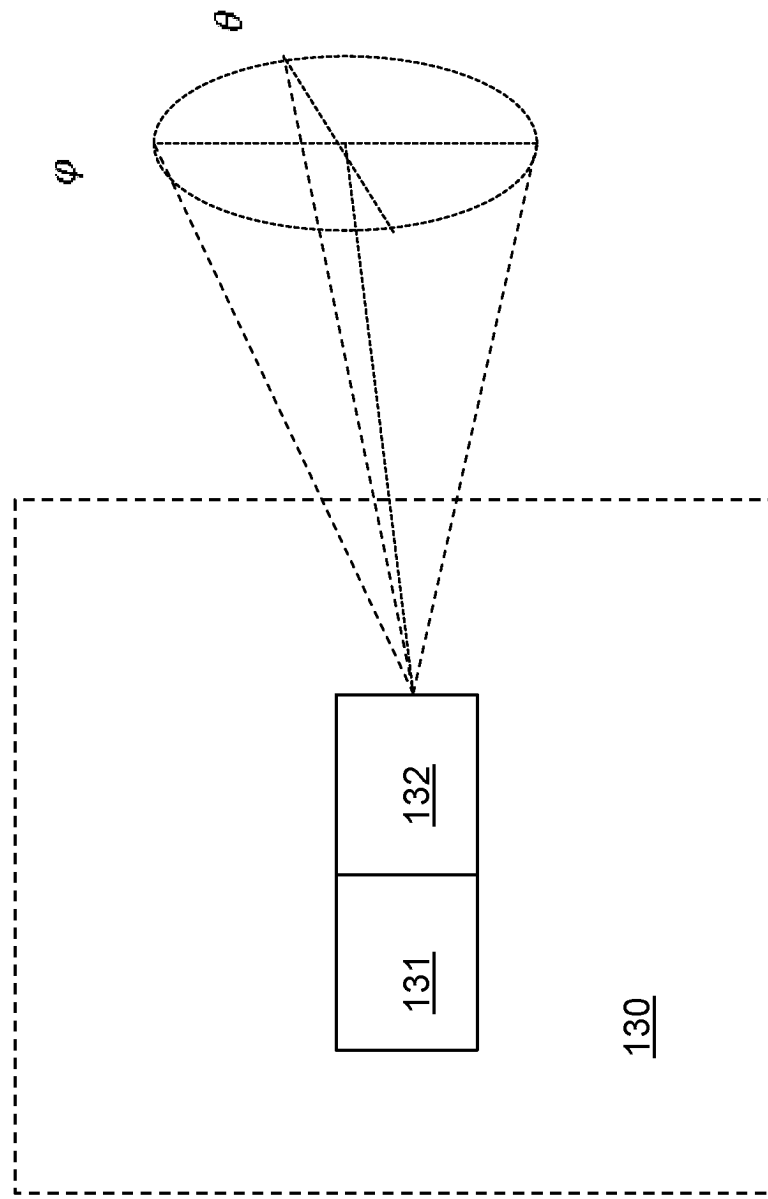


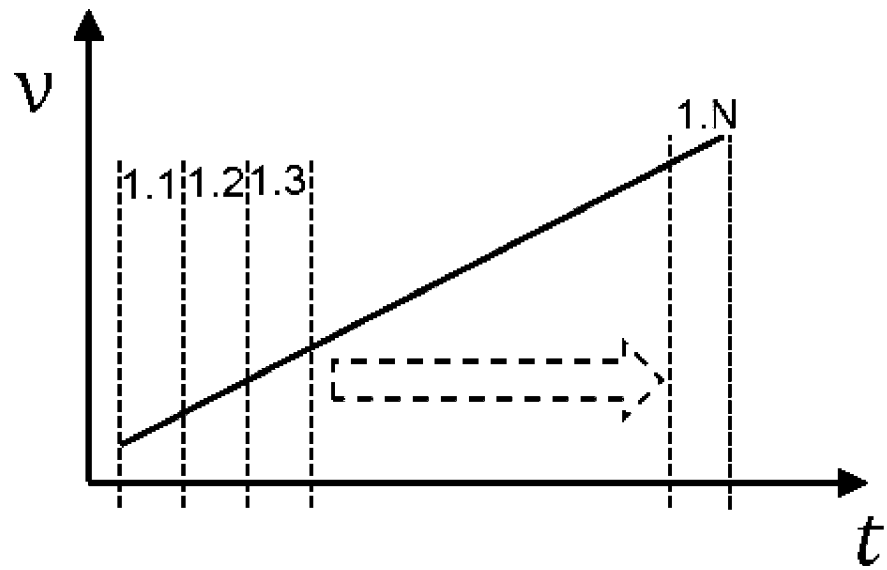
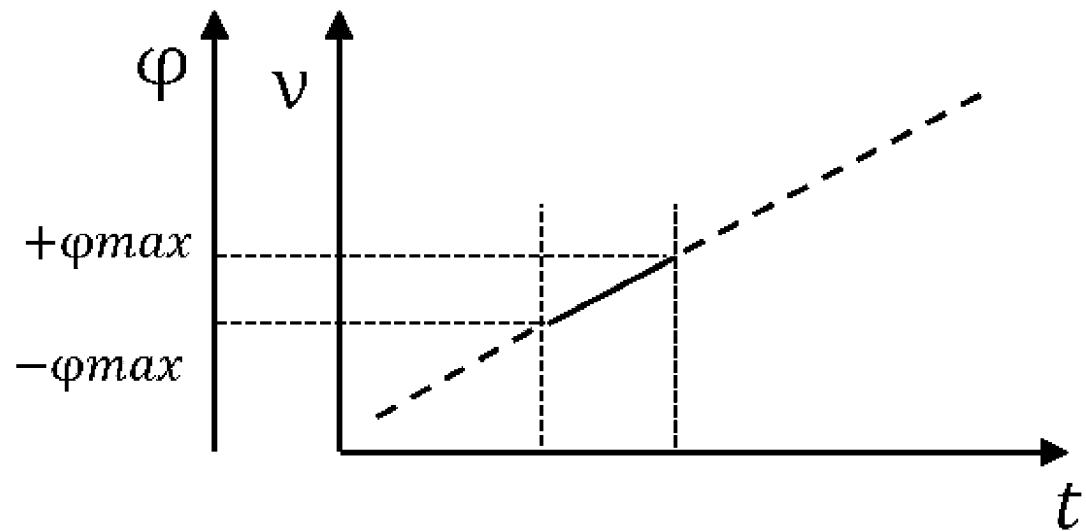
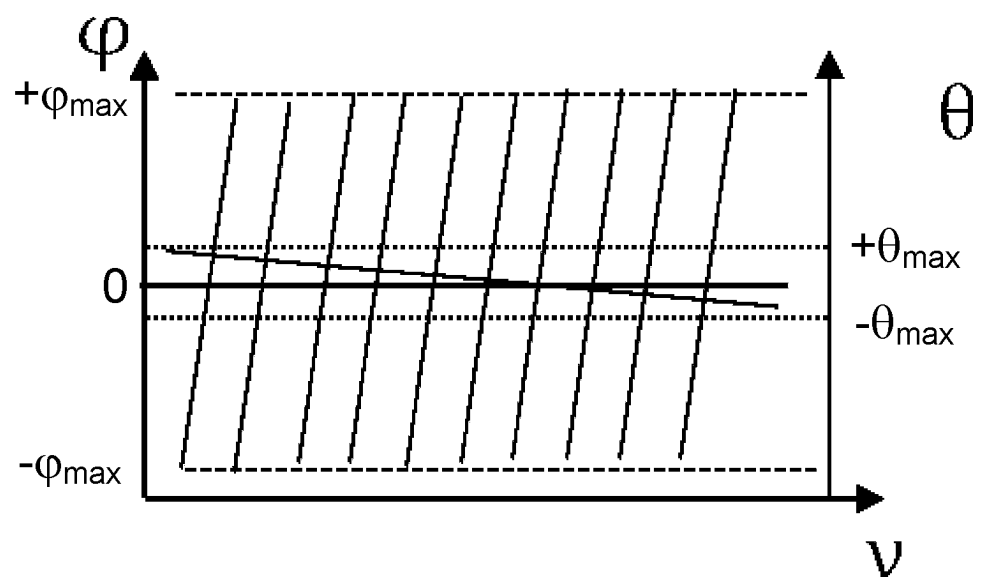
Fig. 2**a)****b)****c)**

Fig. 3

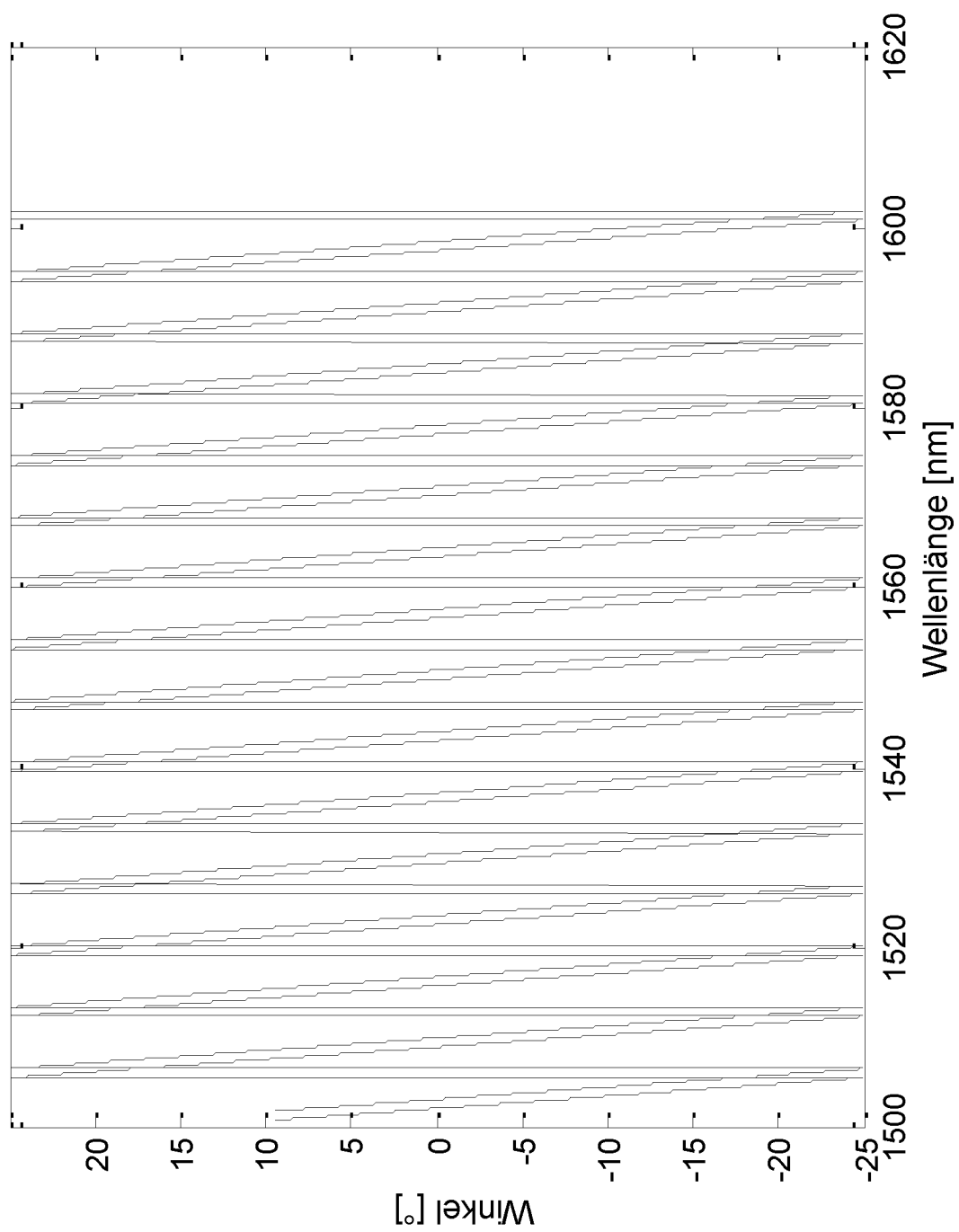


Fig. 4

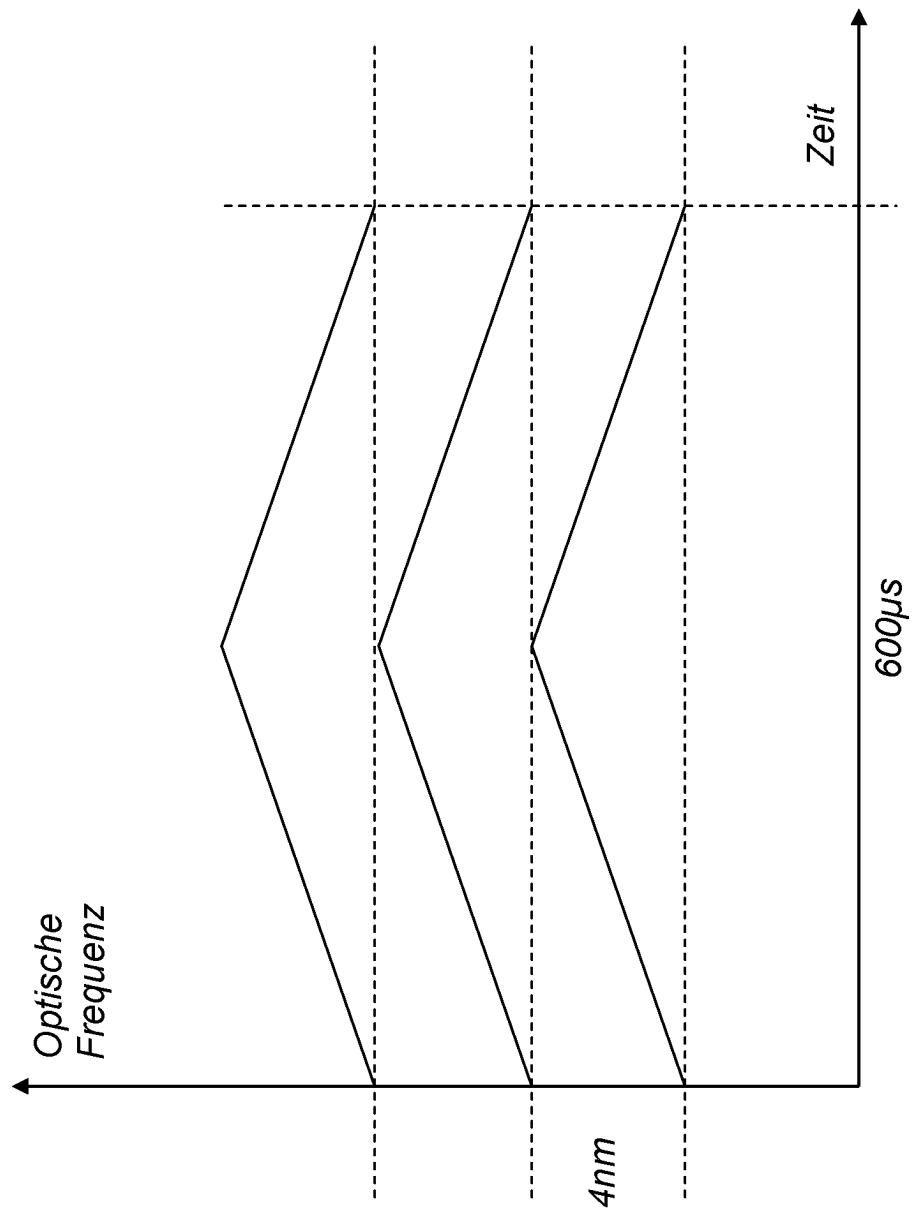


Fig. 5a

Stand der Technik

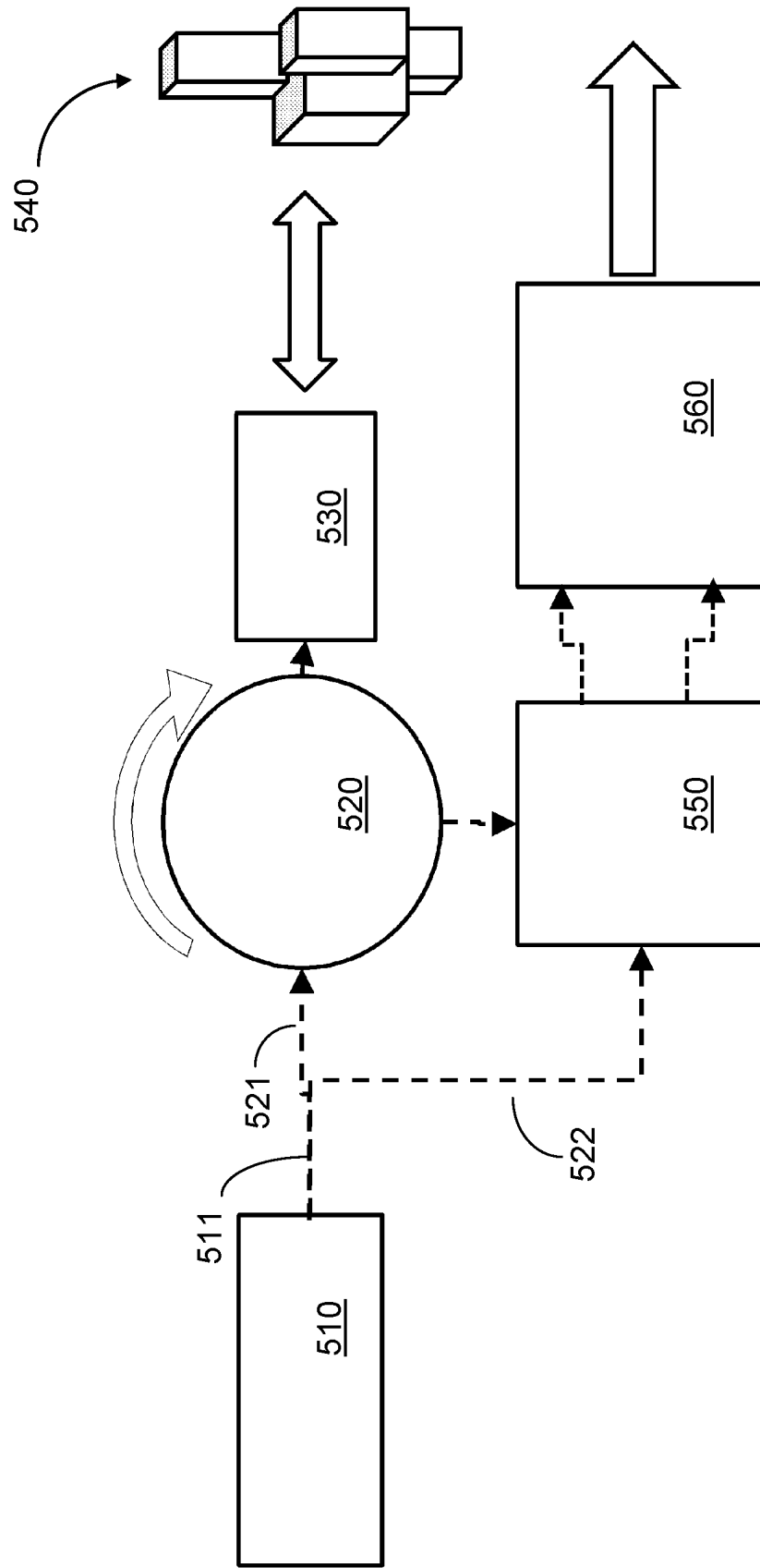


Fig. 5b

Stand der Technik

