



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 114 723.9**
(22) Anmeldetag: **01.06.2019**
(43) Offenlegungstag: **06.02.2020**

(51) Int Cl.: **G01S 7/36 (2006.01)**
G01S 7/295 (2006.01)
G01S 13/32 (2006.01)
G01S 7/40 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
16/052922 **02.08.2018** **US**

(74) Vertreter:
LKGLOBAL | Lorenz & Kopf PartG mbB
Patentanwälte, 80333 München, DE

(71) Anmelder:
GM Global Technology Operations LLC, Detroit,
Mich., US

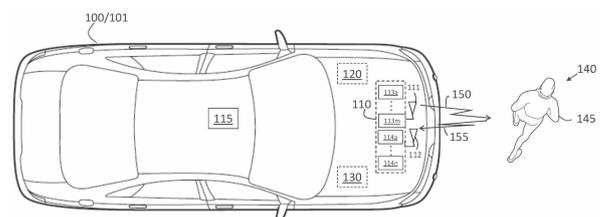
(72) Erfinder:
Longman, Oren, Herzliya, IL; Shayovitz, Shachar,
Herzliya, IL; Villeval, Shahr, Herzliya, IL; Bilik,
Igal, Herzliya, IL

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **ABSCHWÄCHEN VON SCHWINGUNGEN IN EINEM RADARSYSTEM AUF EINER BEWEGLICHEN PLATTFORM**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Abschwächen von Schwingungen in einem Radarsystem auf einer beweglichen Plattform beinhaltet das Erhalten von empfangenen Signalen, die sich aus Reflexionen der übertragenen Signale durch ein oder mehrere Objekte in einem Sichtfeld des Radarsystems ergeben. Die empfangenen Signale sind ein dreidimensionaler Datenwürfel. Das Verfahren beinhaltet zudem das Verarbeiten der empfangenen Signale, um eine erste dreidimensionale Karte und eine zweite dreidimensionale Karte zu erhalten, das Schätzen der Schwingung basierend auf der Durchführung einer ersten Erfassung unter Verwendung der zweiten dreidimensionalen Karte und das Unterdrücken der Schwingung aus der ersten dreidimensionalen Karte, um eine korrigierte erste dreidimensionale Karte zu erhalten. Eine korrigierte zweite dreidimensionale Karte wird durch weitere Verarbeitung der korrigierten ersten dreidimensionalen Karte erhalten; und eine zweite Erfassung wird unter Verwendung der korrigierten zweiten dreidimensionalen Karte durchgeführt.



Beschreibung

EINLEITUNG

[0001] Der Gegenstand der Offenbarung betrifft das Abschwächen von Schwingungen in einem Radarsystem auf einer beweglichen Plattform.

[0002] Fahrzeuge (z. B. Automobile, Lastkraftwagen, Baumaschinen, Landmaschinen, automatisierte Fertigungsanlagen) sind ein Beispiel für bewegliche Plattformen, die zunehmend Sensoren zum Erfassen von Objekten in ihrer Umgebung verwenden. Die Erkennung kann verwendet werden, um den Fahrzeugbetrieb zu erweitern oder zu automatisieren. Exemplarische Sensoren beinhalten Kameras, Licht- und Entfernungsmesssysteme (Lidar), Funkmess- und Entfernungsmesssysteme (Radar). Das Radar kann ein frequenzmoduliertes Dauerstrichwellensignal (FMCW-Signal) und insbesondere ein lineares frequenzmoduliertes Dauerstrichwellensignal (LFMCW-Signal) ausgeben, das als Chirp bezeichnet wird. Eine Verschiebung der Frequenzen der empfangenen Reflexionen von den gesendeten Frequenzen resultiert aus der Relativbewegung des reflektierenden Ziels und wird als Dopplerverschiebung bezeichnet. Traditionell werden Informationen aus dem FMCW-Radarsystem unter Verwendung einer Entfernung-Dopplerkarte berücksichtigt. In einer Entfernung-Dopplerkarte liegt der Bereich entlang einer Achse und der Doppler entlang einer senkrechten Achse. Wenn sich das Radarsystem in einer beweglichen Plattform, wie beispielsweise einem Fahrzeug, befindet, kann die Schwingung eine Verschiebung der Antennen des Radarsystems verursachen und den Betrieb negativ beeinflussen. So kann beispielsweise das Signal-Rausch-Verhältnis (Signal-to-Noise Ratio - SNR) abnehmen und falsche Erkennungen können aufgrund der Schwingung zunehmen. Dementsprechend ist es wünschenswert, eine Abschwächung von Schwingungen in einem Radarsystem auf einer beweglichen Plattform vorzusehen.

KURZDARSTELLUNG

[0003] In einer exemplarischen Ausführungsform beinhaltet ein Verfahren zum Abschwächen von Schwingungen in einem Radarsystem auf einer beweglichen Plattform das Erhalten von empfangenen Signalen, die sich aus Reflexionen der übertragenen Signale durch ein oder mehrere Objekte in einem Sichtfeld des Radarsystems ergeben. Die empfangenen Signale sind ein dreidimensionaler Datenwürfel. Das Verfahren beinhaltet zudem das Verarbeiten der empfangenen Signale, um eine erste dreidimensionale Karte und eine zweite dreidimensionale Karte zu erhalten, das Schätzen der Schwingung basierend auf der Durchführung einer ersten Erfassung unter Verwendung der zweiten dreidimensionalen Karte und das Unterdrücken der Schwingung aus der ers-

ten dreidimensionalen Karte, um eine korrigierte erste dreidimensionale Karte zu erhalten. Eine korrigierte zweite dreidimensionale Karte wird durch weitere Verarbeitung der korrigierten ersten dreidimensionalen Karte und eine zweite Erfassung unter Verwendung der korrigierten zweiten dreidimensionalen Karte erhalten.

[0004] Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet das Radarsystem mehrere Sendekanäle und Empfangskanäle, die übertragenen Signale sind lineare frequenzmodulierte kontinuierliche Wellensignale, die als Chirps bezeichnet werden, und das Erhalten der empfangenen Signale beinhaltet das Erhalten des dreidimensionalen Datenwürfels mit einer Zeitdimension, einer Chirp-Dimension und einer Kanaldimension.

[0005] Zusätzlich zu einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet das Verarbeiten der empfangenen Signale das Durchführen einer Fast-Fourier-Transformation (FFT) und das Durchführen der Strahlformung sowie das Erhalten der ersten dreidimensionalen Karte mit einer Entfernungsdimension, der Chirp-Dimension und einer Strahldimension.

[0006] Zusätzlich zu einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet das Verarbeiten der empfangenen Signale auch das Durchführen einer zweiten FFT auf der ersten dreidimensionalen Karte und das Erhalten der zweiten dreidimensionalen Karte mit der Entfernungsdimension, einer Dopplerdimension und der Strahldimension.

[0007] Zusätzlich zu einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet das Schätzen der Schwingung das Schätzen von Amplitude und Frequenz der Schwingung.

[0008] Neben einer oder mehreren der hierin beschriebenen Eigenschaften beinhaltet das Erhalten der korrigierten zweiten dreidimensionalen Karte aus der korrigierten ersten dreidimensionalen Karte das Durchführen einer FFT auf der korrigierten ersten dreidimensionalen Karte.

[0009] Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale ist die bewegliche Plattform ein Fahrzeug, und das Durchführen der zweiten Erfassung liefert Informationen, die verwendet werden, um den Betrieb des Fahrzeugs zu erweitern oder zu automatisieren.

[0010] In einer weiteren exemplarischen Ausführungsform beinhaltet ein Radarsystem, das Schwingungen auf einer beweglichen Plattform unterliegt, mindestens eine Empfangsantenne, um empfangene Signale zu erhalten, die sich aus Reflexionen der übertragenen Signale durch ein oder mehrere Ob-

jekte in einem Sichtfeld des Radarsystems ergeben. Die empfangenen Signale sind ein dreidimensionaler Datenwürfel. Das Radarsystem beinhaltet außerdem einen Prozessor, um die empfangenen Signale zu verarbeiten, um eine erste dreidimensionale Karte und eine zweite dreidimensionale Karte zu erhalten, um die Schwingung basierend auf einer ersten Erfassung unter Verwendung der zweiten dreidimensionalen Karte zu schätzen, um die Schwingung von der ersten dreidimensionalen Karte zu unterdrücken, um eine korrigierte erste dreidimensionale Karte zu erhalten, um eine korrigierte zweite dreidimensionale Karte zu erhalten, indem es die korrigierte erste dreidimensionale Karte weiter verarbeitet und eine zweite Erfassung unter Verwendung der korrigierten zweiten dreidimensionalen Karte durchführt.

[0011] Zusätzlich zu einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet das Radarsystem eine Vielzahl von Sendekanälen und eine Vielzahl von Empfangskanälen, die übertragenen Signale sind lineare frequenzmodulierte kontinuierliche Wellensignale, die als Chirps bezeichnet werden, und der dreidimensionale Datenwürfel weist eine Zeitdimension, eine Chirpdimension und eine Kanaldimension auf.

[0012] Zusätzlich zu einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale führt der Prozessor eine Fast-Fourier-Transformation (FFT) und Strahlformung durch, um die erste dreidimensionale Karte mit einer Entfernungsdimension, der Chirp-Dimension und einer Strahldimension zu erhalten.

[0013] Zusätzlich zu einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale führt der Prozessor auch eine zweite FFT auf der ersten dreidimensionalen Karte durch, um die zweite dreidimensionale Karte mit der Entfernungsdimension, einer Dopplerdimension und der Strahldimension zu erhalten.

[0014] Zusätzlich zu einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet der Prozessor, der die Schwingung schätzt, die Schätzung der Amplitude und der Frequenz der Schwingung.

[0015] Zusätzlich zu einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale erhält der Prozessor die korrigierte zweite dreidimensionale Karte aus der korrigierten ersten dreidimensionalen Karte durch Durchführen einer FFT auf der korrigierten ersten dreidimensionalen Karte.

[0016] Neben einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale, ist die bewegliche Plattform ein Fahrzeug.

[0017] Zusätzlich zu einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale erhält der Prozessor Informationen, die zur Erweiterung oder Automatisie-

rung des Betriebs des Fahrzeugs verwendet werden, basierend auf der Durchführung der zweiten Erkennung.

[0018] In noch einer weiteren exemplarischen Ausführungsform beinhaltet ein Fahrzeug ein Radarsystem, das Schwingungen ausgesetzt ist. Das Radarsystem beinhaltet mindestens eine Empfangsantenne, um empfangene Signale zu erhalten, die sich aus Reflexionen der übertragenen Signale durch ein oder mehrere Objekte in einem Sichtfeld des Radarsystems ergeben. Die empfangenen Signale sind ein dreidimensionaler Datenwürfel. Das Radarsystem beinhaltet außerdem einen Prozessor, um die empfangenen Signale zu verarbeiten, um eine erste dreidimensionale Karte und eine zweite dreidimensionale Karte zu erhalten, um die Schwingung basierend auf einer ersten Erfassung unter Verwendung der zweiten dreidimensionalen Karte zu schätzen, um die Schwingung von der ersten dreidimensionalen Karte zu unterdrücken, um eine korrigierte erste dreidimensionale Karte zu erhalten, um eine korrigierte zweite dreidimensionale Karte zu erhalten, indem es die korrigierte erste dreidimensionale Karte weiter verarbeitet und eine zweite Erfassung unter Verwendung der korrigierten zweiten dreidimensionalen Karte durchführt. Das Fahrzeug beinhaltet auch eine Fahrzeugsteuerung, um Informationen aus der zweiten Erkennung zu erhalten und den Betrieb des Fahrzeugs basierend auf den Informationen zu erweitern oder zu automatisieren.

[0019] Zusätzlich zu einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale beinhaltet das Radarsystem eine Vielzahl von Sendekanälen und eine Vielzahl von Empfangskanälen, die übertragenen Signale sind lineare frequenzmodulierte kontinuierliche Wellensignale, die als Chirps bezeichnet werden, und der dreidimensionale Datenwürfel weist eine Zeitdimension, eine Chirpdimension und eine Kanaldimension auf.

[0020] Zusätzlich zu einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale führt der Prozessor eine Fast-Fourier-Transformation (FFT) und Strahlformung durch, um die erste dreidimensionale Karte mit einer Entfernungsdimension, der Chirp-Dimension und einer Strahldimension zu erhalten.

[0021] Zusätzlich zu einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale führt der Prozessor auch eine zweite FFT auf der ersten dreidimensionalen Karte durch, um die zweite dreidimensionale Karte mit der Entfernungsdimension, einer Dopplerdimension und der Strahldimension zu erhalten.

[0022] Zusätzlich zu einem oder mehreren der hierin beschriebenen Merkmale erhält der Prozessor die korrigierte zweite dreidimensionale Karte aus der korrigierten ersten dreidimensionalen Karte durch

Durchführen einer FFT auf der korrigierten ersten dreidimensionalen Karte.

[0023] Die oben genannten Eigenschaften und Vorteile sowie anderen Eigenschaften und Funktionen der vorliegenden Offenbarung gehen aus der folgenden ausführlichen Beschreibung in Verbindung mit den zugehörigen Zeichnungen ohne Weiteres hervor.

Figurenliste

[0024] Andere Eigenschaften, Vorteile und Details erscheinen, nur exemplarisch, in der folgenden ausführlichen Beschreibung, wobei sich die ausführliche Beschreibung auf die folgenden Zeichnungen bezieht:

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm eines Szenarios ein Radarsystem betreffend gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen;

Fig. 2 ist ein Prozessablauf von Aspekten eines Verfahrens zum Abschwächen von Schwingungen in einem Radarsystem, das auf oder in einem Fahrzeug gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen angeordnet ist;

Fig. 3 ist ein Prozessablauf zusätzlicher Aspekte des Verfahrens zum Abschwächen von Schwingungen in einem Radarsystem, das auf oder in einem Fahrzeug gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen angeordnet ist; und

Fig. 4 veranschaulicht die Wirkung der Schwingung in einem Radarsystem gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0025] Die folgende Beschreibung ist lediglich exemplarischer Natur und nicht dazu gedacht, die vorliegende Offenbarung in ihren An- oder Verwendungen zu beschränken. Es sollte verstanden werden, dass in den Zeichnungen entsprechende Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Teile und Merkmale bezeichnen.

[0026] Wie bereits erwähnt, sendet ein FMCW-Radar Chirps und entwickelt aus den empfangenen Reflexionen eine Entfernungs-Dopplerkarte. Die Reflexionen können als dreidimensionaler Datenwürfel mit Zeit, Chirp und Kanal als drei Dimensionen betrachtet werden. Die typische Verarbeitung von empfangenen Reflexionen umfasst das Durchführen einer Analog-Digital-Wandlung und einer Fast-Fourier Transformation (FFT) in Bezug auf die Entfernung (bezeichnet als Entfernungs-FFT). Das Ergebnis der Entfernungs-FFT ist eine Anzeige der Energieverteilung über die vom Radar erkennbaren Entfernungen für jedes gesendete Chirp, wobei jedem Empfangskanal und jedem Sendekanal eine andere Entfernungs-FFT zugeordnet ist. Somit ist die Gesamtzahl der Entfer-

nungs-FFTs ein Produkt aus der Anzahl der übertragenen Chirps und der Anzahl der Empfangskanäle.

[0027] Eine Doppler-FFT wird dann auf das Ergebnis der Entfernungs-FFT angewendet. Die Doppler-FFT ist auch ein bekanntes Verfahren in der Radarerfassung und wird verwendet, um eine Entfernungs-Dopplerkarte pro Empfangskanal zu erhalten. Für die einzelnen Empfangskanal- und Sendekanalpaare werden alle Chirps für jede Entfernungszelle der Entfernungs-Chirp-Abbildung (erhalten mit der Entfernungs-FFT) gemeinsam verarbeitet. Das Ergebnis der Doppler-FFT, die Entfernungs-Dopplerkarte, zeigt die Relativgeschwindigkeit jedes erkannten Ziels zusammen mit seiner Entfernung an. Die Anzahl der Doppler-FFTs ist ein Produkt aus der Anzahl der Entfernungszellen und der Anzahl der Empfangskanäle.

[0028] Die digitale Strahlformung führt zu einer Entfernungs-Dopplerkarte (Relativgeschwindigkeit) pro Strahl. Die digitale Strahlformung ist ebenfalls ein bekannter Prozess und umfasst das Erhalten eines Vektors komplexer Skalare aus dem Vektor der empfangenen Signale und der Matrix der tatsächlichen empfangenen Signale an jedem Empfangselement für jeden Einfallswinkel einer Zielreflexion. Die digitale Strahlformung stellt einen Azimutwinkel und einen Steigungswinkel zu jedem der erkannten Ziele, basierend auf einem Schwellenwert der komplexen Skalare des erhaltenen Vektors, bereit. Die Ausgänge, die letztendlich durch das Verarbeiten der empfangenen Signale erhalten werden, sind die Entfernung, Doppler, Azimut, Höhe und Amplitude jedes Ziels.

[0029] Wie ebenfalls erwähnt, kann die Schwingung der Plattform (z. B. Fahrzeug) auf oder in dem das Radarsystem angeordnet ist, das SNR und die Erfassung beeinflussen. Somit wird gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen der zuvor besprochene Prozessablauf vergrößert und neu angeordnet, um die Schwingung in einem Radarsystem auf einer beweglichen Plattform abzuschwächen. Insbesondere wird eine digitale Strahlformung vor einer Doppler-FFT durchgeführt und das Ergebnis verwendet, um Schwingungen zu unterdrücken, die gemäß der Erkennung geschätzt werden, die auf der Doppler-FFT nach der digitalen Strahlformung basiert.

[0030] Gemäß einer beispielhaften Ausführungsform ist **Fig. 1** ein Blockdiagramm eines Szenarios, das ein Radarsystem **110** betrifft. Das in **Fig. 1** dargestellte Fahrzeug **100** ist ein Kraftfahrzeug **101**. Das Radarsystem **110** kann ein Multi-Input-Multi-Output (MIMO)-System mit einer Anzahl von Übertragungskanälen **113a** bis **113m** (allgemein als **113** bezeichnet) und eine Anzahl von Empfangskanälen **114a** bis **114n** (allgemein als **114** bezeichnet) sein. Die Sendekanäle **113** sind so gezeigt, dass sie eine exemplarische Sendeantenne **111** teilen, die ein Sendesignal

150 überträgt, und die Empfangskanäle **114** sind so gezeigt, dass sie eine exemplarische Empfangsantenne **112** teilen, die eine resultierende Reflexion **155** im exemplarischen Radarsystem **110** von **Fig. 2** empfängt. In alternativen oder zusätzlichen Ausführungsformen kann das Radarsystem **110** Sender-Empfänger oder zusätzliche Sendeantennen **111** und Empfangsantennen **112** beinhalten. Es können beispielsweise viele Sendeantennen **111** als Übertragungskanäle **113** und so viele Empfangsantennen **112** als Empfangskanäle **114** vorhanden sein. Zusätzlich ist das exemplarische Radarsystem **110** unter der Haube des Automobils **101** dargestellt. Gemäß alternativen oder zusätzlichen Ausführungsformen können sich ein oder mehrere Radarsysteme **110** an anderer Stelle im oder am Fahrzeug **100** befinden. Ein anderer Sensor **115** (z. B. Kamera, Sonar, Lidar-System) ist ebenfalls dargestellt. Informationen, die durch das Radarsystem **110** und einen oder mehrere andere Sensoren **115** erhalten werden, können einer Steuerung **120** (z. B. elektronischer Steuereinheit (ECU - Electronic Control Unit)) zur Bild- oder Datenverarbeitung, Zielerkennung und anschließenden Fahrzeugsteuerung zur Verfügung gestellt werden.

[0031] Die Steuerung **120** kann die Informationen zum Steuern eines oder mehrerer Fahrzeugsysteme **130** verwenden. In einer beispielhaften Ausführungsform kann das Fahrzeug **100** ein autonomes Fahrzeug sein und die Steuerung **120** kann bekannte Fahrzeugbetriebssteuerungsvorgänge unter Verwendung von Informationen vom Radarsystem **110** und anderen Quellen ausführen. In alternativen Ausführungsformen kann die Steuerung **120** den Fahrzeugbetrieb unter Verwendung von Informationen vom Radarsystem **110** und anderen Quellen als Teil eines bekannten Systems (z. B. Kollisionsvermeidungssystems, adaptiven Geschwindigkeitsregelungssystems) erweitern. Das Radarsystem **110** und ein oder mehrere andere Sensoren **115** können verwendet werden, um Objekte **140** zu erkennen, wie beispielsweise den Fußgänger **145**, der in **Fig. 1** dargestellt ist. Die Steuerung **120** kann eine Verarbeitungsschaltung umfassen, die eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), eine elektronische Schaltung, einen Prozessor (gemeinsam genutzte oder dedizierte oder Gruppe) und einen Speicher beinhalten kann, der ein oder mehrere Software- oder Firmwareprogramme, eine kombinatorische Logikschaltung und/oder andere geeignete Komponenten ausführt, welche die beschriebene Funktionalität bereitstellen.

[0032] **Fig. 2** ist ein Prozessablauf von Aspekten eines Verfahrens **200** zum Abschwächen von Schwingungen in einem Radarsystem **110**, das auf oder in einem Fahrzeug **100** gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen angeordnet ist. Die in **Fig. 2** dargestellten Prozesse erzeugen die Informationen, die benötigt werden, um Schwingungen zu schätzen und zu

unterdrücken, wie weiter unten mit Bezug auf **Fig. 3** erläutert wird. Bei Block **210** bezieht sich das Erhalten von Reflexionen **155** und das Durchführen einer Analog-Digital-Umwandlung auf die Steuerung **120**, die einen Analog-Digital-Wandler (ADC) beinhaltet und die digitalen Proben **215** zur weiteren Verarbeitung bereitstellt. Wie bereits erwähnt, kann es sich bei den Reflexionen **155** um einen dreidimensionalen Würfel mit den drei Dimensionen Zeit, Chirp und Kanal handeln.

[0033] Bei Block **220** bedeutet das Durchführen einer Entfernung-FFT an den Proben **215** im Wesentlichen das Umwandeln der Zeitdimension des dreidimensionalen Würfels in Reichweite basierend auf der bekannten Beziehung zwischen der Laufzeit des Sendesignals **150** und der Reflexion **155** und dem Bereich. Die Entfernung-FFT bei Block **220** ergibt eine Entfernung-Chirp-Kanalkarte **225**. Das Durchführen einer digitalen Strahlformung bei Block **230** stellt eine Abweichung von der herkömmlichen Verarbeitungsreihenfolge dar, die typischerweise Doppler-FFT vor der Strahlformung beinhaltet. Die Strahlformung bei Block **230** bedeutet im Wesentlichen das Umwandeln der Kanalabmessung des dreidimensionalen Würfels in Strahlen, die einen Azimut und eine Höhe definieren. Die Strahlformung bei Block **230** ergibt eine Entfernung-Chirp-Strahlkarte **235**.

[0034] Wie **Fig. 2** zeigt, wird die Entfernung-Chirp-Strahlkarte **235** an Block **350** (**Fig. 3**) zusätzlich zur Verwendung zur Doppler-FFT bei Block **240** bereitgestellt. Die Doppler-FFT, bei Block **240**, bedeutet im Wesentlichen das Umwandeln der Chirp-Dimension des dreidimensionalen Würfels in Doppler, was die relative Geschwindigkeit des Objekts **140** anzeigt. Die Doppler-FFT, bei Block **240**, führt zu einer Entfernung-Doppler-Strahlkarte **245**. Das Durchführen der Erfassung bei Block **250** bezieht sich auf das Durchführen von Erkennung unter Verwendung von Daten, die von Schwingungen betroffen sind, da zu diesem Zeitpunkt keine Schwingungsschätzung oder -aufhebung durchgeführt wird. Die Erfassungen **255**, die sich aus der Durchführung der Erfassung bei Block **250** ergeben, geben den Bereich, Doppler (d. h. die relative Geschwindigkeit) und den Strahl (d. h. Azimutwinkel und Steigungswinkel) an, bei dem Energie einen bestimmten Schwellenwert in der Entfernung-Doppler-Strahlkarte **245** überschreitet. Wie **Fig. 2** zeigt, werden die Erfassungen **255** an Block **310** (**Fig. 3**) bereitgestellt.

[0035] **Fig. 3** ist ein Prozessablauf zusätzlicher Aspekte des Verfahrens **200** zum Abschwächen von Schwingungen in einem Radarsystem **110**, das auf oder in einem Fahrzeug **100** gemäß einer oder mehrerer Ausführungsformen angeordnet ist. Bei Block **310** werden die Erfassungen **255**, die durch die Durchführung einer Erfassung bei Block **250** erhalten werden, bei der Schätzung der Schwingungspa-

parameter pro Erfassung verwendet. Jede Erfassung **255** beinhaltet eine Ziel-Dopplerkomponente und eine Schwingungseffekt-Komponente. Die Erkennung **255** kann dargestellt werden als:

$$s(t_n) = e^{2\pi j(f_d t_n + A_{vib} \sin(2\pi f_{vib} t_n))} \quad [GL. 1]$$

[0036] In GL. 1, t ist Zeit, n ist der Index für die Abtastungen **215**, f_d ist die Dopplerfrequenz des Objekts **140**, die der Erkennung **255** zugeordnet ist, A_{vib} ist der Amplitudenparameter der Schwingung, und f_b ist der Frequenzparameter der Schwingung. Abschätzen der Schwingungsparameter A_{vib} und f_{vib} , bei Block **310**, kann auf der Suche nach Werten basieren, um den folgenden Ausdruck zu maximieren:

$$\underset{\tilde{A}_{vib}, \tilde{f}_{vib}}{\operatorname{argmax}} \left\| \sum_{k=1}^K s(t_n) e^{2\pi j \tilde{A}_{vib} \sin(2\pi \tilde{f}_{vib} t_n)} e^{2\pi j \frac{kq}{K}} \right\|_{\infty} \quad [GL. 2]$$

[0037] In GL. 2, der Index k ist für K Chirps und q ist Frequenz.

[0038] Bei Block **320** beinhalten die Prozesse das Schätzen der globalen Schwingungsparameter A_{global} und f_{global} aus den Schwingungsparametern pro Erfassung A_{vib} und f_{vib} , geschätzt bei Block **310**. Die Schwingungsparameter pro Erfassung **255** liegen entlang des radialen Vektors zwischen dem Radarsystem **110** und dem Objekt **140**, das der Erkennung **255** zugeordnet ist. Die globale Schwingungsamplitude ist A_{global_i} pro Erfassung **255** (unter Verwendung von Index i) und wird unter Verwendung einer Rotationsfunktion auf der Schwingungsamplitude geschätzt A_p . Der geschätzte Azimut az_i und Höhe el_i pro Erfassung **255** wird ebenfalls verwendet:

$$\tilde{A}_{globalen_i} = \frac{\tilde{A}_{vib_i}}{\cos(az_i) \cos(el_i)} \quad [GL. 3]$$

[0039] Globale Schwingungsfrequenz variiert f_{global} nicht mit der Ankunftsrichtung. Somit für jede Erfassung **255**:

$$\tilde{f}_{globalen_i} = \tilde{f}_{vib_i} \quad [GL. 4]$$

[0040] Wenn I Erfassungen **255** verwendet werden, um die globalen Schwingungsparameter zu schätzen $A_{globalen}$ und f_{global} die Schätzgenauigkeit verbessert wird:

$$\tilde{A}_{globalen} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \tilde{A}_{globalen_i} \quad [GL. 5]$$

$$\tilde{f}_{globalen} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \tilde{f}_{globalen_i} \quad [GL. 6]$$

[0041] Bei Block **330** beziehen sich die Verfolgungs-Schwingungsparameter A_{global} und f_{global} auf die Glättung der Zeitparameter zwischen den Rahmen, um ihre Genauigkeit zu verbessern. Ein Filter (z. B. Alpha-Filter) wird für die Glättung verwendet und liefert im Wesentlichen einen gewichteten Mittelwert des Parameterwerts für die vorherigen Schätzungen ($m-1$) für die aktuelle Schätzung (m). Die Gewichtungswerte α des Filters können basierend auf der Plattform (z. B. Fahrzeug **100**) und auf Faktoren, die die Schwingung des Radarsystems **110** beeinflussen, vorgegeben werden. Gefilterte Werte werden bei Block **330** unter Verwendung der Ergebnisse von GL erhalten. 5 und 6, als:

$$\tilde{A}_{globalen}^m = \alpha \tilde{A}_{globalen} + (1 - \alpha) \tilde{A}_{globalen}^{m-1} \quad [GL. 7]$$

$$\tilde{f}_{globalen}^m = \alpha_f \tilde{f}_{globalen} + (1 - \alpha_f) \tilde{f}_{globalen}^{m-1} \quad [GL. 8]$$

[0042] Die Verfolgung (d. h. Filterung) bei Block **330** wird bei der Schwingungsunterdrückung verwendet, die bei den Blöcken **340** und **350** durchgeführt wird.

[0043] Bei Block **340** beinhalten die Prozesse das Projizieren von Schwingungen zu allen Einfallrichtungen (alle Azimut und Höhe im Sichtfeld). Wie bereits erwähnt, ist die Schwingungsfrequenz für alle Richtungen der Ankunft gleich. Somit wird die Schwingungsfrequenz pro Ankunftsrichtung bestimmt als:

$$\tilde{f}_{Strahl_p}^m = \tilde{f}_{globalen}^m \quad [GL. 9]$$

[0044] Die Schwingungsamplitude pro Ankunftsrichtung wird erhalten unter Verwendung einer Rotationsfunktion mit dem Azimut az_{beam_p} und der Höhe el_{beam_p} , die jeder Ankunftsrichtung zugeordnet sind, als:

$$A_{Strahl_p}^m = \tilde{A}_{globalen}^m \cos(az_{Strahl_p}) \cos(el_{Strahl_p}) \quad [GL. 10]$$

[0045] Basierend auf der projizierten Schwingung, die Schwingungsverschiebung $s(t)$ für jeden Strahl kann aus den Ergebnissen der GL. 9 und 10 als:

$$s(t) = A_{Strahl_p}^m \sin\left(2\pi \tilde{f}_{Strahl_p}^m t\right) \quad [GL. 11]$$

[0046] Bei Block **350** bezieht sich das Anwenden der Schwingungskompensation auf das Aufheben der geschätzten Schwingungsverschiebung $s(t)$ auf der Rohdatenebene. Jede Reflexion **155** ist abhängig von ihrer Ankunftsrichtung. Somit werden Energiewerte (RCBKarte) aus der Entfernungs-Chirp-Strahlkarte **235**, die von Block **230** erhalten wurde, in der Chirp-Dimension korrigiert, um die Auswirkungen von Schwingungen zu unterdrücken, um korrigierte Werte C-RCBmap wie folgt zu erhalten:

$$C - RCBmap = RCBmap \cdot e^{-2\pi j \tilde{A}^m_{\text{Strahl}_p} \sin\left(2\pi f^m_{\text{Strahl}_p} t_n\right)}$$

[GL. 12]

[0047] Bei Block **360** wird die Doppler-FFT (wie bei Block **240**) wiederholt, jedoch mit den korrigierten Werten C-RCBmap für die Entfernungs-Chirp-Strahlkarte, die bei Block **350** erhalten wird. Das Durchführen der Erfassung bei Block **370** unter Verwendung der Entfernungs-Doppler-Strahlkarte, die sich aus der Doppler-FFT bei Block **360** ergibt, bezieht sich auf das Durchführen von Hindernissen **140** ohne die Auswirkungen von Schwingungen. Somit kann basierend auf der Schwingungsschätzung bei Block **310** und der Schwingungsaufhebung bei den Blöcken **340** und **350** die Erkennung **370** mit höherer SNR und höherer Genauigkeit durchgeführt werden und Fehlalarme durch Schwingungen eliminieren.

[0048] Fig. 4 veranschaulicht die Wirkung der Schwingung in einem Radarsystem **110** gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen. Die Grafiken **410-A** und **410-B** zeigen Ergebnisse der Entfernungs-Doppler-Strahlung für einen einzelnen Messbereich. Insbesondere zeigt die Grafik **410-A** den Entfernungs-Doppler-Strahl aus dem Block **240**, vor der Schwingungskompensation, und die Grafik **410-B** zeigt den Entfernungs-Doppler-Strahl aus Block **360** nach der Schwingungsunterdrückung. Der Doppler-Messbereich ist entlang der Achse **420** angegeben, und die Leistung in Dezibel (Db) ist entlang der Achse **430** angegeben. Die Grafik **410-B** weist im Vergleich zu Diagramm **410-A** ein höheres SNR auf. Infolgedessen ist eine falsche Erkennung eines Objekts **140** weniger wahrscheinlich nach der Schwingungsaufhebung.

[0049] Während die obige Offenbarung mit Bezug auf exemplarische Ausführungsformen beschrieben wurde, werden Fachleute auf dem Gebiet verstehen, dass unterschiedliche Änderungen vorgenommen und die einzelnen Teile durch entsprechende andere Teile ausgetauscht werden können, ohne vom Umfang der Offenbarung abzuweichen. Darüber hinaus können viele Modifikationen vorgenommen werden, um eine bestimmte Materialsituation an die Lehren der Offenbarung anzupassen, ohne von deren wesentlichem Umfang abzuweichen. Daher ist beabsichtigt, dass die vorliegende Offenbarung nicht

auf die ermittelten offenbarten Ausführungsformen eingeschränkt ist, sondern alle Ausführungsformen umfasst, die in ihren Schutzzumfang fallen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Minderung von Schwingungen in einem Radarsystem auf einer beweglichen Plattform, wobei das Verfahren umfasst:

Erhalten von empfangenen Signalen, die sich aus Reflexionen der übertragenen Signale durch ein oder mehrere Objekte in einem Sichtfeld des Radarsystems ergeben, wobei die empfangenen Signale ein dreidimensionaler Datenwürfel sind;

Verarbeiten der empfangenen Signale, um eine erste dreidimensionale Karte und eine zweite dreidimensionale Karte zu erhalten;

Schätzen der Schwingung basierend auf der Durchführung einer ersten Erfassung unter Verwendung der zweiten dreidimensionalen Karte;

Aufheben der Schwingung aus der ersten dreidimensionalen Karte, um eine korrigierte erste dreidimensionale Karte zu erhalten;

Erhalten einer korrigierten zweiten dreidimensionalen Karte durch weiteres Verarbeiten der korrigierten ersten dreidimensionalen Karte; und

Durchführen einer zweiten Erfassung unter Verwendung der korrigierten zweiten dreidimensionalen Karte.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Radarsystem mehrere Sendekanäle und Empfangskanäle beinhaltet, die übertragenen Signale lineare frequenzmodulierte kontinuierliche Wellensignale sind, die als Chirps bezeichnet werden, wobei das Erhalten der empfangenen Signale das Erhalten des dreidimensionalen Datenwürfels mit einer Zeitdimension, einer Chirp-Dimension und einer Kanaldimension beinhaltet und das Verarbeiten der empfangenen Signale das Durchführen einer Fast-Fourier-Transformation (FFT) und das Durchführen der ersten dreidimensionalen Karte mit einer Entfernungsdimension, der Chirp-Dimension und einer Strahldimension beinhaltet.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Verarbeiten der empfangenen Signale auch das Durchführen einer zweiten FFT auf der ersten dreidimensionalen Karte und das Erhalten der zweiten dreidimensionalen Karte mit der Entfernungsdimension, einer Dopplerdimension und der Strahldimension beinhaltet und das Schätzen der Schwingung das Schätzen der Amplitude und der Frequenz der Schwingung beinhaltet.

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Erhalten der korrigierten zweiten dreidimensionalen Karte aus der korrigierten ersten dreidimensionalen Karte das Durchführen einer FFT auf der korrigierten ersten dreidimensionalen Karte beinhaltet.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die bewegliche Plattform ein Fahrzeug ist und das Durchführen der zweiten Erfassung Informationen zur Verbesserung oder Automatisierung des Betriebs des Fahrzeugs bereitstellt.

6. Radarsystem, das Schwingungen auf einer beweglichen Plattform ausgesetzt ist, das Radarsystem umfassend:

mindestens eine Empfangsantenne, die konfiguriert ist, um empfangene Signale zu erhalten, die sich aus Reflexionen der übertragenen Signale durch ein oder mehrere Objekte in einem Sichtfeld des Radarsystems ergeben, wobei es sich bei den empfangenen Signalen um einen dreidimensionalen Datenwürfel handelt; und

einen Prozessor, der konfiguriert ist, um die empfangenen Signale zu verarbeiten, um eine erste dreidimensionale Karte und eine zweite dreidimensionale Karte zu erhalten, um die Schwingung basierend auf einer ersten Erfassung unter Verwendung der zweiten dreidimensionalen Karte zu schätzen, um die Schwingung von der ersten dreidimensionalen Karte zu unterdrücken, um eine korrigierte erste dreidimensionale Karte zu erhalten, um eine korrigierte zweite dreidimensionale Karte zu erhalten, indem die korrigierte erste dreidimensionale Karte weiter verarbeitet wird, und um eine zweite Erfassung unter Verwendung der korrigierten zweiten dreidimensionalen Karte durchzuführen.

7. Radarsystem nach Anspruch 6, wobei das Radarsystem eine Vielzahl von Sendekanälen und eine Vielzahl von Empfangskanälen beinhaltet, wobei die übertragenen Signale linear frequenzmodulierte kontinuierliche Wellensignale sind, die als Chirps bezeichnet werden, wobei der dreidimensionale Datenwürfel eine Zeitdimension, eine Chirpdimension und eine Kanaldimension aufweist und der Prozessor ferner konfiguriert ist, um eine schnelle Fourier-Transformation (FFT) und eine Strahlformung durchzuführen, um die erste dreidimensionale Karte mit einer Entfernungsdimension, der Chirp-Dimension und einer Strahldimension zu erhalten.

8. Radarsystem nach Anspruch 7, wobei der Prozessor auch konfiguriert ist, um eine zweite FFT auf der ersten dreidimensionalen Karte durchzuführen, um die zweite dreidimensionale Karte mit der Entfernungsdimension, einer Dopplerdimension und der Strahldimension zu erhalten, und der Prozessor, der die Schwingung schätzt, die Schätzung der Amplitude und der Frequenz der Schwingung beinhaltet.

9. Radarsystem nach Anspruch 7, wobei der Prozessor konfiguriert ist, um die korrigierte zweite dreidimensionale Karte aus der korrigierten ersten dreidimensionalen Karte durch Durchführen einer FFT auf der korrigierten ersten dreidimensionalen Karte zu erhalten.

10. Radarsystem nach Anspruch 6, wobei die bewegliche Plattform ein Fahrzeug ist und der Prozessor Informationen erhält, die zum Erweitern oder Automatisieren des Betriebs des Fahrzeugs basierend auf der Durchführung der zweiten Erfassung verwendet werden.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

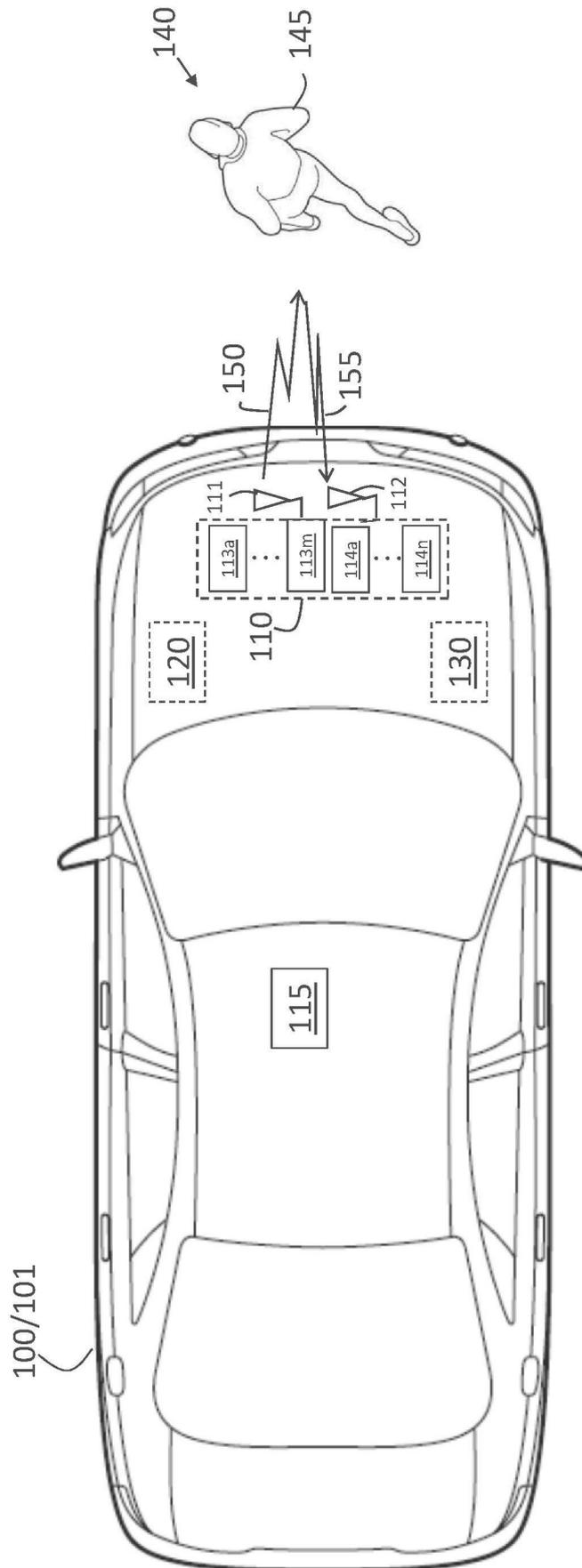


FIG. 1

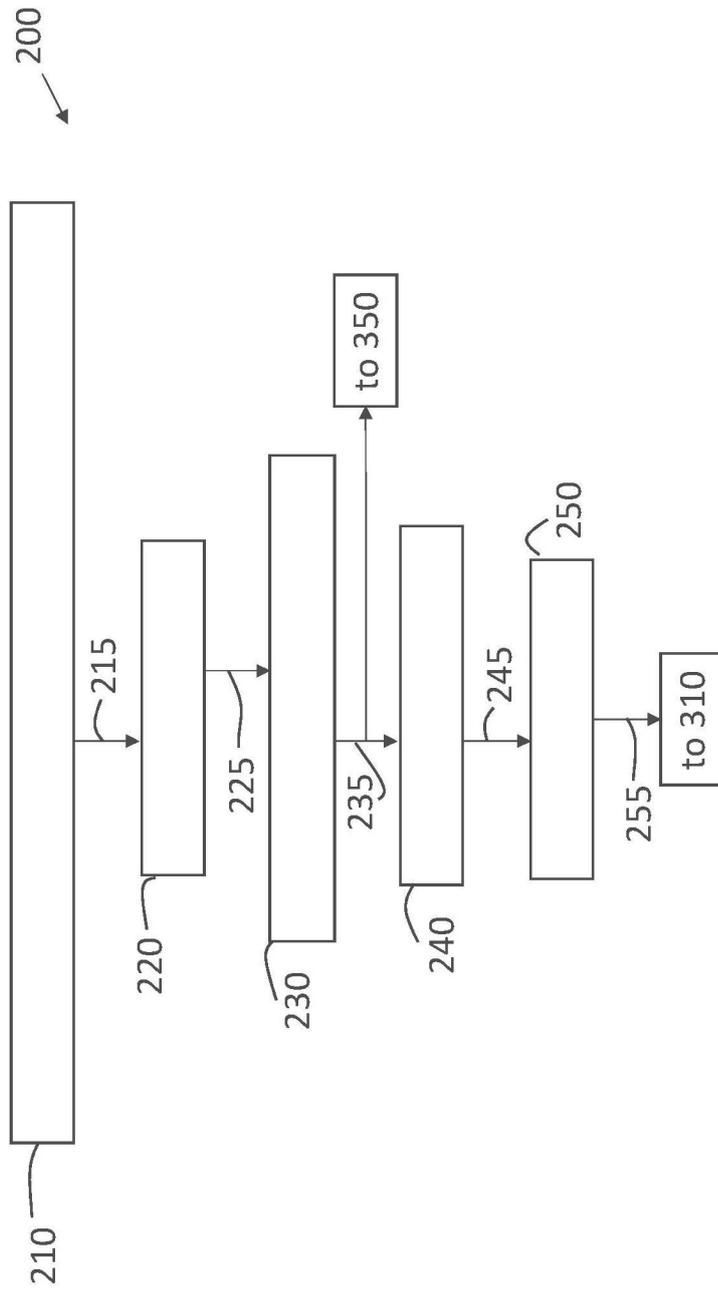


FIG. 2

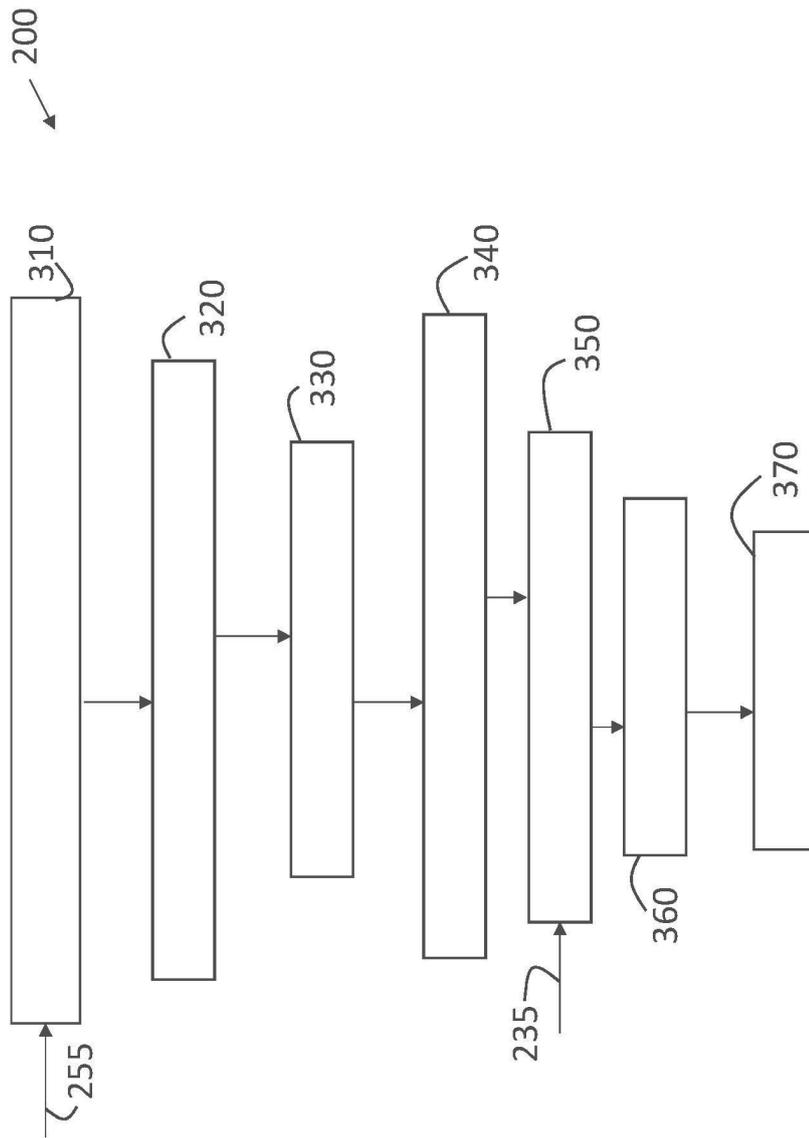


FIG. 3

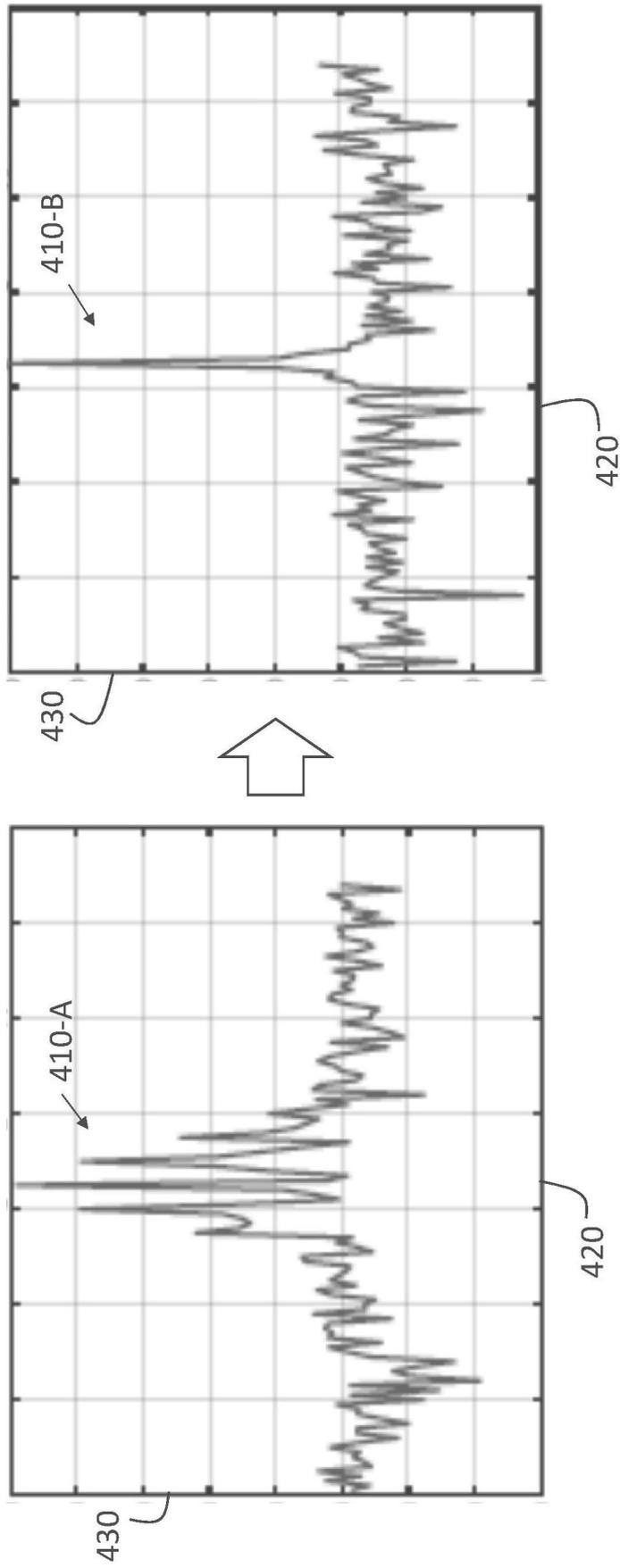


FIG. 4