



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2010 000 732 A1** 2010.07.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 000 732.3**

(22) Anmeldetag: **07.01.2010**

(43) Offenlegungstag: **15.07.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G01D 5/28** (2006.01)
D01D 5/36 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
12/350,932 **08.01.2009** **US**

(71) Anmelder:
**Avago Technologies ECBU IP (Singapore) Pte.
Ltd., Singapore, SG**

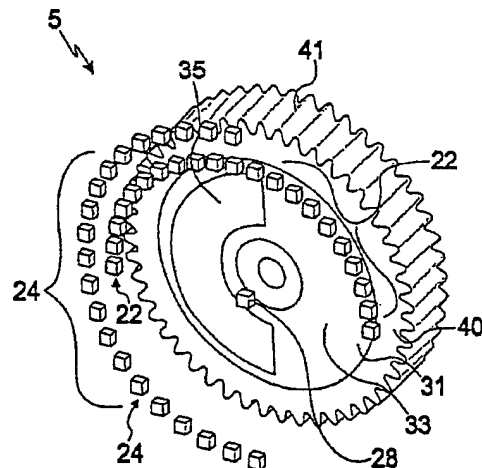
(74) Vertreter:
**Dilg Haeusler Schindelmann
Patentanwaltsgesellschaft mbH, 80636 München**

(72) Erfinder:
**Lee, Sze Kuang, Penang, MY; Chin, Yee Loong,
Perak, MY; Wong, Weng Fei, Penang, MY**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Optische Multi-turn Reflexionskodierer mit verschiedenen Lichtsensordsystemen**

(57) Zusammenfassung: Hierin offenbart wird eine Reihe verschiedener Ausführungsformen optischer Multi-turn Reflexionskodierer mit unterschiedlichen Lichtsensordsystemen. Hierin offenbart werden drei unterschiedliche Basiskonfigurationen an optischen Multi-turn Reflexionskodierer-Lichtsystemen: (a) optische Kodierer unter Verwendung multipler Arrays von Lichtdetektoren; (b) optische Kodierer unter Verwendung multipler Arrays geschichteter Halbleiterchip-Lichtsensoren; und (c) optische Kodierer unter Verwendung von Lichtsensordsystemen mit variabler Tönungsdichte.



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Verschiedene Ausführungsformen der hierin beschriebenen Erfindung betreffen das Gebiet der optischen Kodierer und damit assoziierte Bauteile, Vorrichtungen, Systeme und Methoden.

HINTERGRUND

[0002] Optische Multi-turn Kodierer (multi-turn optical encoders) werden in vielen verschiedenen Anwendungen eingesetzt. Die mechanische Konstruktion optischer Multi-turn Kodierer basiert üblicherweise auf einem Zahnradgetriebedesign, wobei die Zahnräder mit Öffnungen oder Leerstellen versehen sein müssen, damit das Licht die Zahnräder für die anschließende Kollimation, Reflexion oder Detektion passieren kann. Die Öffnungen oder Leerstellen verhindern häufig, dass die Zahnräder in optischen Kodierern sehr dicht aneinander gepackt werden, und limitieren ferner die Präzision, die bei Spritzgusszahnrädern erhalten werden mag. Weiterhin sind Substrate, wie zum Beispiel gedruckte Leiterplatten, flexible Schaltungen und dergleichen, typischerweise auf beiden Seiten des Zahnradgetriebes notwendig, um solchen optischen Kodierern die erforderliche mechanische Integrität zu verleihen. Schließlich sind optische Multi-turn Kodierer üblicherweise nicht in der Lage, partielle Umdrehungen der darin angeordneten Scheiben oder Zahnräder zu erkennen.

[0003] Magnetische Multi-turn Kodierer sind ebenfalls im Stand der Technik bekannt, werden aber durch externe Magnetfelder leicht beeinträchtigt, und können nicht bei sehr hohen Temperaturen betrieben werden, ohne entmagnetisiert zu werden. Solche Charakteristika beschränken offensichtlich die Art und Anzahl von Anwendungen, bei denen magnetische Multi-turn Kodierer verwendet werden mögen.

[0004] Wofür Bedarf besteht, ist ein Multi-turn Kodierer, der kompakter hergestellt werden mag, der mit geringeren Kosten und höherer Präzision produziert werden mag, und der es ermöglicht, partielle Umdrehungen Scheiben zu erkennen und zu messen.

ZUSAMMENFASSUNG

[0005] In einigen Ausführungsformen wird ein optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul bereitgestellt, das aufweist: ein Zahnrad, das einen gezahnte äußere Peripherie und eine obere Oberfläche aufweist, welche keine darin angeordneten Öffnungen oder Leerstellen besitzt, eine gezahnte rotierbare Achse, die an einer Unterseite des ersten Zahnrads angebracht ist, einen optisch reflektierenden ersten Bereich, der auf einem ersten Teil der oberen Oberfläche angeordnet ist, einen optisch im Wesent-

lichen nicht reflektierenden zweiten Bereich, der auf einem zweiten Teil der oberen Oberfläche angeordnet ist, und ein Substrat, das oberhalb und gegenüber der oberen Oberfläche angeordnet ist, wobei das Substrat einen Lichtemitter und ein erstes und zweites Array von Lichtdetektoren aufweist, welche auf dem Substrat so angeordnet und konfiguriert sind, dass die von den ersten und zweiten Arrays von Lichtdetektoren bereitgestellten ersten und zweiten Ausgangssignale gegeneinander durch eine vorgegebene Phasendifferenz phasenverschoben sind, und wobei das Zahnrad und das Substrat untereinander so konfiguriert und angeordnet sind, dass zumindest Teile des vom Lichtemitter emittierten und in den ersten Bereich einfallenden Lichts zu zumindest Teilen des ersten und zweiten Arrays von Lichtdetektoren zur Detektion reflektiert werden, während das Zahnrad und das Substrat gegeneinander rotieren, und zumindest Teile des vom Lichtemitter emittierten und in den zweiten Bereich einfallenden Lichts im Wesentlichen vom zweiten Bereich nicht reflektiert werden und von dem ersten und zweiten Array von Lichtdetektoren nicht detektiert werden, während das Zahnrad und das Substrat gegeneinander rotieren.

[0006] In einer anderen Ausführungsform wird ein optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul bereitgestellt, das aufweist: ein Zahnrad, das einen gezahnte äußere Peripherie und eine obere Oberfläche aufweist, welche keine darin angeordneten Öffnungen oder Leerstellen besitzt, eine gezahnte rotierbare Achse, die an einer Unterseite des ersten Zahnrads angebracht ist, einen optisch reflektierenden ersten Bereich, der auf einem ersten Teil der oberen Oberfläche angeordnet ist, einen optisch im Wesentlichen nicht reflektierenden zweiten Bereich, der auf einem zweiten Teil der oberen Oberfläche angeordnet ist, und ein geschichtetes (stacked) Halbleiterchip-Substrat (die substrate), das oberhalb und gegenüber der oberen Oberfläche angeordnet ist, wobei das Substrat einen Lichtemitter aufweist und ein erstes und zweites Array von Lichtdetektoren besitzt, welche darauf so angeordnet und konfiguriert sind, dass die von dem ersten und zweiten Array von Lichtdetektoren bereitgestellten ersten und zweiten Ausgangssignale gegeneinander durch eine vorgegebene Phasendifferenz phasenverschoben sind, und wobei das Zahnrad und das Substrat untereinander so konfiguriert und angeordnet sind, dass zumindest Teile des vom Lichtemitter emittierten und in den ersten Bereich einfallenden Lichts zu zumindest Teilen des ersten und zweiten Arrays von Lichtdetektoren zur Detektion reflektiert werden, während das Zahnrad und das Substrat gegeneinander rotieren, und zumindest Teile des vom Lichtemitter emittierten und in den zweiten Bereich einfallenden Lichts im Wesentlichen vom zweiten Bereich nicht reflektiert werden und von dem ersten und zweiten Array von Lichtdetektoren nicht detektiert werden, während das Zahnrad und das Substrat gegeneinander rotieren.

[0007] In einer weiteren Ausführungsform wird ein optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul bereitgestellt, das aufweist: ein Zahnrad, das einen gezahnte äußere Peripherie und eine obere Oberfläche aufweist, welche keine darin angeordneten Öffnungen oder Leerstellen besitzt, eine gezahnte rotierbare Achse, die an einer Unterseite des ersten Zahnrads angebracht ist, eine optisch reflektierende Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte, die auf, in oder nahe der oberen Oberfläche angeordnet ist, und ein Substrat, das oberhalb und gegenüber der oberen Oberfläche angeordnet ist, wobei das Substrat einen Lichtemitter und zumindest einen ersten und zweiten Lichtdetektor aufweist, welche auf dem Substrat so angeordnet und konfiguriert sind, dass die davon bereitgestellten ersten und zweiten Ausgangssignale gegeneinander durch eine vorgegebene Phasendifferenz phasenverschoben sind, und wobei das Zahnrad und das Substrat untereinander so konfiguriert und angeordnet sind, dass zumindest Teile des vom Lichtemitter emittierten und auf die optisch reflektierende Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte einfallenden Lichts davon zu dem ersten und zweiten Lichtdetektor zur Detektion reflektiert werden, während das Zahnrad und das Substrat gegeneinander rotieren.

[0008] Weitere Ausführungsformen werden hierin offenbart oder werden für den Fachmann ersichtlich, nachdem er die Beschreibung und die Zeichnungen hiervon gelesen und verstanden hat.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0009] Verschiedene Aspekte der verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung, den Zeichnungen und Ansprüchen ersichtlich, in denen:

[0010] [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 1\(c\)](#) perspektivische Auf- bzw. Seitenansichten einer Ausführungsform eines Submoduls **5** zeigen, das multiple Lichtdetektoren aufweist, welche entlang kreisförmiger Bahnen angeordnet sind;

[0011] [Fig. 2\(a\)](#) bis [Fig. 5\(b\)](#) verschiedene Ansichten verschiedener Ausführungsformen von optischen Multi-turn Reflexionskodierern mit multiplen Lichtdetektoren zeigen;

[0012] [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) perspektivische Auf- bzw. Seitenansichten einer Ausführungsform eines Submoduls **5** zeigen, das geschichtete Halbleitersensorsysteme aufweist;

[0013] [Fig. 7\(a\)](#) bis [Fig. 10\(b\)](#) verschiedene Ansichten verschiedener Ausführungsformen von optischen Multi-turn Reflexionskodierern mit geschichteten Halbleitersensoren zeigen;

[0014] [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#) perspektivische Auf- bzw. Seitenansichten einer Ausführungsform eines Submoduls **5** zeigen, das ein Sensorsystem mit variabler Tönungsdichte aufweist;

[0015] [Fig. 12\(a\)](#) bis [Fig. 15\(b\)](#) verschiedene Ansichten verschiedener Ausführungsformen von optischen Multi-turn Reflexionskodierern mit Sensoren mit variabler Tönungsdichte zeigen;

[0016] [Fig. 16\(a\)](#) und [Fig. 16\(b\)](#) repräsentative Ausgangssignale darstellen, welche von den Lichtdetektor- und -sensorsystemen der Submodule **5** gemäß einiger Ausführungsformen bereitgestellt werden; und

[0017] [Fig. 17](#) eine Ausführungsform eines Blockdiagramms eines Multi-turn Reflexionskodierers zeigt.

[0018] Die Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu. Gleiche Ziffern bezeichnen durch die Zeichnungen hinweg gleiche Teile oder Schritte, außer es ist anders angegeben.

GENAUE BESCHREIBUNG EINIGER BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0019] Hierin offenbart wird eine Reihe verschiedener Ausführungsformen optischer Multi-turn Reflexionskodierern mit unterschiedlichen Lichtsensorsystemen. Hierin offenbart werden drei unterschiedliche Basiskonfigurationen an optischen Multi-turn Reflexionskodierern-Lichtsensorsystemen: (a) optische Kodierer unter Verwendung multipler Arrays von Lichtdetektoren; (b) optische Kodierer unter Verwendung multipler Arrays geschichteter Halbleiterchip-Lichtsensoren (stacked die light sensors); und (c) optische Kodierer unter Verwendung von Lichtsensorsystemen mit variabler Tönungsdichte.

[0020] Unter Bezug auf die [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 1\(c\)](#) wird eine Ausführungsform eines Teils oder Submoduls **5** eines optischen Multi-turn Reflexionskodierersmoduls **10** mit multiplen Detektoren (Modul **10** nicht gezeigt in den [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 1\(c\)](#)), aber nachfolgend im Detail diskutiert im Zusammenhang mit den [Fig. 2\(a\)](#) bis [Fig. 5\(b\)](#)) gezeigt, worin optisch reflektierte Lichtwellen oder -strahlen durch multiple in Arrays angeordnete Lichtdetektoren erkannt werden, welche verwendet werden, um die Bewegung von Zahnrad **40** zu erkennen, und dabei die Rotation eines angeschlossenen Antriebsrads (pinion) (nicht gezeigt in den [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 1\(c\)](#)) zu erkennen und aufzuzeichnen. Um die Rotation des Zahnrads **40** zu erkennen und aufzuzeichnen, ist ein optisch reflektierender erster Bereich **35** in oder auf obere Oberfläche **31** des Zahnrads **40** ausgebildet oder daran angebracht, und der Emitter **28** und multiple in Arrays **22** und **24** angeordnete Lichtdetektoren sind dem optisch reflektierenden ersten Bereich **35** zuge-

wandt platziert. Die [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 1\(c\)](#) zeigen die optische Konfiguration und Kopplung von Submodul **5** zwischen Zahnrad **40**, Emitter **28**, Lichtdetektorarrays **22** und **24** und dem optisch reflektierenden ersten Bereich oder der reflektierenden Kodierscheibe **35** und dem Zahnrad, wobei die von der oberen Oberfläche **31** definierte Ebene im Wesentlichen parallel zu der von der unteren Oberfläche **21** des Substrats **20** definierten Ebene ist.

[0021] Weiter unter Bezug auf die [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 1\(c\)](#) weist das Zahnrad **40** eine gezahnte äußere Peripherie **41** auf, und eine obere Oberfläche **31** des Zahnrads **40** besitzt keine darin angeordneten Aperturen oder Löcher. Eine gezahnte rotierbare Welle **67** ist angebracht an oder angeordnet auf oder in der Unterseite **37** des Zahnrads **40**. Die Welle **67** wird durch die Aktion einer passend eingreifenden verschiedenen Welle (nicht gezeigt in den [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 1\(c\)](#)) zur Drehung veranlasst, wobei die Anzahl ihrer erfolgten Umdrehungen oder ihre absolute Position zu bestimmen sind.

[0022] Der optisch reflektierende erste Bereich **35** ist auf oder in einem ersten Teil der oberen Oberfläche **31** angeordnet oder ausgebildet, während ein optisch im Wesentlichen nicht reflektierender zweiter Bereich **33** auf oder in einem zweiten Teil der oberen Oberfläche **31** angeordnet oder ausgebildet ist. Das Substrat **20** ist funktionsfähig oberhalb angeordnet und liegt der oberen Oberfläche **31** gegenüber. Es ist anzumerken, dass der optisch reflektierende erste Bereich **35** nicht doughnut-, scheiben- oder ringförmig zu sein braucht und eine beliebige geeignete Gestalt annehmen mag, die konfiguriert ist, Licht davon zu reflektieren, was in Verbindung mit den speziellen Geometrien der Arrays **22** und **24**, die ausgewählt wurden, geeignete Ausgangssignale von den Arrays an Lichtdetektoren **22** und **24** erzeugt. In der in den [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 1\(c\)](#) gezeigten Ausführungsform weist das Substrat **20** den Lichtemitter **28** und ein erstes und zweites Array von Lichtdetektoren **22** und **24** auf, die entlang erster und zweiter Bahnen **17** und **19** angeordnet sind, welche entlang eines ersten und zweiten Durchmesser entsprechend den ersten und zweiten Radius r_1 bzw. r_2 angeordnet sind. Der erste Radius r_1 ist kleiner als der zweite Radius r_2 .

[0023] In den [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 1\(c\)](#) sind das Zahnrad **40** und das Substrat **20** untereinander so konfiguriert und angeordnet sind, dass zumindest Teile des vom Lichtemitter **28** emittierten und in den ersten Bereich **35** einfallenden Lichts **23** reflektierte Lichtstrahlen **25** bilden, die zu zumindest Teilen der ersten und zweiten Arrays von Lichtdetektoren **22** und **24** zur Detektion gerichtet sind, während das Zahnrad **40** und das Substrat **20** gegeneinander rotieren. Weiterhin werden zumindest Teile des vom Lichtemitter **28** emittierten und in den zweiten Bereich **33** einfallenden Lichts **23** vom zweiten Bereich **33** im Wesentli-

chen nicht reflektiert und folglich von den ersten und zweiten Arrays von Lichtdetektoren **22** und **24** nicht detektiert werden, während das Zahnrad **40** und das Substrat **20** gegeneinander rotieren.

[0024] Wie in der in den [Fig. 1\(b\)](#) und [Fig. 1\(c\)](#) dargestellten Ausführungsform ferner gezeigt, überlappen zumindest Teile der ersten und zweiten kreisförmigen Bahnen **17** und **19** einander radial durch einen gemeinsamen Bogenwinkel oder gemeinsame Radien, während andere Teile der ersten und zweiten Bahnen **17** und **19** nicht radial überlappen und radial voneinander abgesetzt sind. In einer Ausführungsform ist etwa die Hälfte jeder der Bahnen **17** und **19** mit individuellen Lichtdetektoren besetzt, welche die Arrays **22** und **24** bilden, und die Fotodioden, Fotodetektoren oder jegliches andere geeignete Lichtsensorbauerteil sein mögen. In der in den [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 1\(c\)](#) gezeigten Ausführungsform des Submoduls **5** sind 20 individuelle Lichtdetektoren gleichmäßig entlang jeder der Bahnen **17** und **19** verteilt. Zahlreiche von den in den [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 1\(c\)](#) gezeigten abweichende Anzahlen, Abstände und Konfigurationen der einzelnen, die Arrays **22** und **24** bildenden Lichtdetektoren und der Arrays **22** und **24** sind jedoch ebenfalls vorgesehen. Zum Beispiel brauchen die individuellen Lichtdetektoren der Arrays **22** und **24** nicht entlang eines Bogens oder einer Kreisbahn angeordnet sein, sondern können stattdessen entsprechend anderer Geometrien oder räumlicher Muster auf dem Substrat **20** angeordnet sein. Solche Muster oder Geometrien der Arrays **22** und **24**, die individuelle Lichtdetektoren aufweisen, mögen miteinander verschachtelt (interleaved) sein, einander überlappen, gegeneinander versetzt (staggered) sein, in variierenden oder überlappenden Radien angeordnet sein usw. In einigen Ausführungsformen mögen die individuellen Lichtdetektoren der Arrays **22** und **24** so auf dem Substrat **20** angeordnet und lokalisiert sein, dass die Ausgangssignale von den Arrays erwünschte Morphologien annehmen, wie zum Beispiel sich gleichmäßig verändernde sinusförmige Kurven, dreieckige Kurven, quadratische oder abgestumpfte Kurven, maßgeschneiderte Ausgangssignale oder jede andere erwünschte Form eines Ausgangssignals, die durch das räumliche Muster oder die Arraygeometrien bestimmt wird. In anderen Ausführungsformen sind die Lichtdetektoren in den Arrays **22** und **24** entlang von Kreisbahnen angeordnet, die durch die versetzten und miteinander verschachtelten Arrays **22** und **24** definiert sind, welche Lichtdetektoren aufweisen, welche zwischen den inneren und äußeren Radialalternieren, wobei die Arrays **22** und **24** die gleichen Radien teilen, und die Lichtdetektoren entlang der beiden Radien versetzt und miteinander verschachtelt sind. Eine derartige Konfiguration kann die Auswirkungen der reflektierten Lichtbündel oder -strahlen **25**, die ungleichförmig auf an unterschiedlichen Radien platzierten Lichtdetektorarrays fallen, reduzieren oder eliminieren. Ferner mögen auch

mehr als die zwei Arrays von Lichtdetektoren **22** und **24** verwendet werden.

[0025] Obwohl in der Ausführungsform gemäß der [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 1\(c\)](#) ein einzelner Lichtemitter **28** gezeigt ist, mögen andere Anzahlen von Emittlern oder Arrays von Emittlern ebenfalls verwendet werden. Anzumerken ist weiterhin, dass der Lichtemitter **28** vorzugsweise ausgerichtet mit der zentralen Rotationsachse des Zahnrads **40** befestigt ist.

[0026] Die ersten und zweiten Ausgangssignale werden generiert durch die ersten und zweiten Arrays von Lichtdetektoren **22** und **24** und die damit assoziierten Sensor- und Prozessierungsschaltkreise. Während das Zahnrad **40** und der optisch reflektierende erste Bereich **35** rotieren, nimmt die Anzahl der entlang der Bahnen **17** und **19** angeordneten Lichtdetektoren, die Licht empfangen, auf einer der Bahnen **17** und **19** zu und verringert sich auf der anderen Bahn. Nachdem das Zahnrad **40** und der optisch reflektierende erste Bereich **35** eine einzelne Umdrehung ausgeführt haben, wurde ein Zyklus eines ersten Ausgangssignals und zweiten Ausgangssignals generiert (siehe die [Fig. 16\(a\)](#) und [Fig. 16\(b\)](#), nachfolgend im Detail beschrieben).

[0027] In einer Ausführungsform werden die entlang Bahn **17** angeordneten individuellen Lichtdetektoren elektrisch parallel geschaltet und erzeugen ein einzelnes erstes Ausgangssignal, während die entlang Bahn **19** angeordneten individuellen Lichtdetektoren ebenfalls elektrisch parallel geschaltet werden und ein einzelnes zweites Ausgangssignal erzeugen. Dieses erste Ausgangssignal und dieses zweite Ausgangssignal sind gegeneinander durch eine vorbestimmte Phasendifferenz, die durch die relative Überlappung und die Positionierung der einzelnen entlang der Bahnen **17** und **19** angeordneten Lichtdetektoren in den Arrays **22** und **24** bestimmt wird, phasenverschoben. In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die resultierende Phasenverschiebung 90 Grad, sodass ein erstes Sinus- und ein zweites Cosinus-Ausgangssignal bereitgestellt werden. (Anzumerken ist jedoch, dass sinusförmige Ausgangssignale nicht erforderlich sind. Andere Arten von Ausgangssignalen mögen ebenfalls erfolgreich verwendet werden, solange die Zahnradposition aus ihnen abgeleitet werden kann.) Alternativ werden ausgewählte der durch die individuellen entlang der Bahnen **17** und **19** angeordneten Lichtdetektoren bereitgestellten Signale gebündelt (multiplexed) und von einem Prozessor sortiert, um die erwünschten Ausgangssignale und die Phasendifferenz zwischen selbigen bereitzustellen. In einer weiteren Ausführungsform mögen die individuellen entlang der Bahnen **17** und **19** angeordneten Lichtdetektoren, die unter Verwendung eines Schaltkreises festverdrahtet oder unter Verwendung eines Prozessors zugeteilt sein können, in den Arrays **22** und **24** so konfiguriert sein,

dass sie verschiedene Gewichte und Sensitivitäten aufweisen.

[0028] Die [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 1\(c\)](#) zeigen, dass das Zahnrad **40** keine darin angeordneten Löcher oder Aperturen besitzt, was dem Flächenbereich der oberen Oberfläche **31** maximiert, welcher dem reflektierenden ersten Bereich **35** und dem nicht reflektierenden zweiten Bereich **33** zugeordnet werden mag. Anzumerken ist, dass solange von den Lichtdetektorarrays **22** und **24** eine unzureichende Lichtmenge zur Detektion reflektiert wird, der nicht reflektierende Bereich teilweise reflektierend sein mag. Das Fehlen von im Zahnrad **40** angeordneten Löchern oder Aperturen hat die Eignung zur Folge, das Zahnrad **40** kleiner herzustellen, als es ansonsten sein könnte, ohne wesentlich optische Leistungsfähigkeit oder Effizienz zu opfern. Das Fehlen von im Zahnrad **40** angeordneten Löchern oder Aperturen hat ferner die Eignung zur Folge, Zahnrad **40** mit sehr engen und genauen Toleranzen zu produzieren – auch wenn das Zahnrad **40** von sehr geringer Größe sein mag – da im Zahnrad **40** keine Löcher oder Aperturen vorliegen, die ansonsten im Zahnrad **40** Verwindungen hervorrufen oder Verformungen einführen mögen, wenn es zum Beispiel durch Spritzguss ausgebildet wird, wie Zahnräder in einigen optischen Reflexionskodierern aus dem Stand der Technik, oder die das Herstellungsverfahren in anderer Weise erschweren mögen. Gemäß einer Ausführungsform ist das Zahnrad **40** aus Kunststoff, einem Polymer oder Polymeren, Metall oder einem beliebigen anderen geeigneten Material gestaltet und mag durch ein beliebiges aus einer Reihe geeigneter Herstellungsverfahren ausgebildet werden, wie zum Beispiel Spritzguss, mechanische Bearbeitung, Warmformen usw. Die Welle **67** kann für eine Insertion in die Unterseite **37** von Zahnrad **40** entsprechend einem beliebigen einer Reihe verschiedener Verfahren konfiguriert sein, wie zum Beispiel Druckeinpassung (pressure fitting), Kleben, Epoxidharz, Guss (molding), mechanische Befestigungsmittel, wie zum Beispiel Schrauben oder Stifte, und dergleichen.

[0029] Die [Fig. 2\(a\)](#) und [Fig. 2\(b\)](#) zeigen perspektivische Auf- bzw. Seitenansichten einer Ausführungsform eines optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10a**, der eine Mehrzahl von optischen Multi-turn Reflexionskodierersubmodulen **5a** bis **5g** aufweist, welche jeweils Zahnräder **40a** bis **40g** und entsprechende Substrate **20a** bis **20g** aufweisen. Wie in den [Fig. 2\(a\)](#) und [Fig. 2\(b\)](#) gezeigt, nimmt der optische Multi-turn Reflexionskodierer **10a** die Submodule **5a** bis **5g** zwischen dem oberseitigen Substrat **70** und dem unterseitigen Substrat **72** auf. Das oberseitige Substrat **70** weist eine darin angeordnete zentrale Öffnung **50** auf, die zur funktionsfähigen Aufnahme eines Antriebsrads (pinion) (in den Figuren nicht gezeigt) darin und durch sie hindurch zum rotierbaren Eingreifen mit dem Zahnrad **85** konfiguriert ist. Die

Anzahl von erfolgten Rotationen oder Umdrehungen durch oder die absolute Position eines derartigen Antriebsrads mag mit Hilfe des optischen Multi-turn Kodierers **10a** gemessen werden.

[0030] In der in den [Fig. 2\(a\)](#) und [Fig. 2\(b\)](#) veranschaulichten Ausführungsform des optischen Multi-turn Kodierers **10a** finden sich sieben Submodule **5a** bis **5g**, von denen jedes zwei Bits an Auflösung bezüglich der Anzahl von erfolgten Rotationen oder Umdrehungen durch die oder der absoluten Position des Antriebsrads oder der Welle bereitstellt, welche durch die zentrale Öffnung **50** eingepasst ist und das innerhalb des Moduls **10a** angeordnete Zahnradgetriebe in Eingriff nimmt. In einem 14-Bit optischen Multi-turn Reflexionskodierer mögen die von jedem der Submodule **5a** bis **5g**, die in Kodierermodul oder System **10a** enthalten sind, generierten Signale prozessiert werden, um 2-Bit Positionen für jedes der Zahnräder **40a** bis **40g** im System **10a** zu ergeben. Folglich werden sieben Sets von Submodulen **5a** bis **5g** bereitgestellt, um ein 14-Bit Absolut-Positions-Kodierermodul oder -System **10a** zu ergeben. Andere Auflösungen mögen natürlich von verschiedenen Ausführungsformen des Systems **10a** bereitgestellt werden, wie zum Beispiel 2-Bit Systeme (ein Submodul **5**), 4-Bit Systeme (zwei Submodule **5**), 6-Bit Systeme (drei Submodule **5**), 8-Bit Systeme (vier Submodule **5**), 10-Bit Systeme (fünf Submodule **5**), 12-Bit Systeme (sechs Submodule **5**), 16-Bit Systeme (acht Submodule **5**) usw. Weiterhin mögen die hierin offenbarten verschiedenen Submodule zur Bereitstellung von 4 Bits an Auflösung konfiguriert sein, wodurch sich die Auflösung, die in Bezug auf 2-Bit Systeme erhalten werden mag, verdoppelt.

[0031] Unter Bezug auf die [Fig. 3\(a\)](#) bis [Fig. 5\(b\)](#) werden drei zusätzliche Ausführungsformen optischer Multi-turn Reflexionskodierermodule **10b** bis **10d** veranschaulicht, die multiple Lichtdetektoren auf ähnliche Art wie die in [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 2\(b\)](#) dargestellt verwenden. Die [Fig. 3\(a\)](#) und [Fig. 3\(b\)](#) veranschaulichen eine Ausführungsform eines optischen Multi-turn Reflexionskodierermoduls **10b**, das drei Submodule **5a** bis **5c** aufweist, die in einer Topschicht davon angeordnet sind, und die von den Zahnradern **81**, **83**, **84** und **85** angetrieben werden, die in einer unteren Schicht davon angeordnet sind. Die in den [Fig. 3\(a\)](#) und [Fig. 3\(b\)](#) gezeigte Ausführungsform des optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10b** ist zur Bereitstellung von 12 Bits an Auflösung in der Lage, da das Modul **10b** drei Submodule **5a**, **5b** und **5c** enthält. Wenn jedes zweite Zahnrad übergangen wird, werden von jedem der Submodule **5a**, **5b** und **5c** 4 Bits ausgegeben. Folglich ergibt das zweite Zahnrad 4 Bits, das vierte Zahnrad ergibt 4 Bits, und das sechste Zahnrad ergibt 4 Bits, für eine Gesamtzahl von 12 Bits. Die [Fig. 4\(a\)](#) und [Fig. 4\(b\)](#) zeigen eine Ausführungsform eines optischen Multi-turn Reflexionskodierermoduls **10c**, das vier Submodule **5a**

bis **5d** aufweist, die in einer unteren Schicht davon angeordnet sind, und die von den Zahnradern **81**, **83** und **85** angetrieben werden, die in einer oberen Schicht davon angeordnet sind. Die in den [Fig. 4\(a\)](#) und [Fig. 4\(b\)](#) gezeigte Ausführungsform des optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10c** ist zur Bereitstellung von 14 Bits an Auflösung in der Lage, da das Modul **10c** vier Submodule **5a**, **5b**, **5c** und **5d** enthält. Das erste Zahnrad ergibt 2 Bits, und das dritte, fünfte und siebente Zahnrad ergeben jeweils 4 Bits, für eine Gesamtzahl von 14 Bits. Die [Fig. 5\(a\)](#) und [Fig. 5\(b\)](#) zeigen eine Ausführungsform eines optischen Multi-turn Reflexionskodierermoduls **10d**, das sieben Submodule **5a** bis **5g** aufweist, die in Top- und unteren Schichten davon angeordnet sind, und die von den gezahnten Peripherien der Zahnräder **40a** bis **40g**, den Zahnradern **62** und **64** und den gezahnten Wellen **67a** bis **67g** angetrieben werden, die in oberen und unteren Schichten davon angeordnet sind. Die in den [Fig. 5\(a\)](#) und [Fig. 5\(b\)](#) gezeigte Ausführungsform des optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10d** ist zur Bereitstellung von 14 Bits an Auflösung in der Lage, da das Modul **10d** sieben Submodule **5a** bis **5g** enthält, von denen jedes 2 Bits an Auflösung bereitstellt.

[0032] Unter Bezug auf die [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) wird eine Ausführungsform eines Teils oder Submoduls **5** eines optischen Multi-turn Reflexionskodierermoduls **10** mit multiplen Detektoren (Modul **10** nicht gezeigt in den [Fig. 6\(a\)](#) oder [Fig. 6\(b\)](#)), aber nachfolgend im Detail diskutiert im Zusammenhang mit den [Fig. 7\(a\)](#) bis [Fig. 10\(b\)](#)) gezeigt, worin optisch reflektierte Lichtstrahlen oder -bündeln unter Verwendung eines geschichteten Halbleiterchip-Sensorsystems erkannt werden, das in den in den [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) veranschaulichten Ausführungsformen, Paare konzentrisch angeordneter halbringförmiger Lichtdetektoren **24a** und **24b** sowie **22a** und **22b** verwendet, um die Bewegung von Zahnrad **40** abzutasten, und dabei die Rotation eines angeschlossenen Antriebsrads (nicht gezeigt in den [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#)) abzutasten und aufzuzeichnen. Um die Rotation des Zahnrads **40** abzutasten und aufzuzeichnen, ist ein optisch reflektierender erster Bereich **35** auf der oberen Oberfläche **31** des Zahnrads **40** ausgebildet oder daran angebracht, und der Emitter **28** und Paare halbringförmiger Detektoren **22a** und **22b** sowie **24a** und **24b** sind dem optisch reflektierenden ersten Bereich **35** zugewandt platziert. Die [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) zeigen die optische Konfiguration und Kopplung von Submodul **5** zwischen Zahnrad **40**, Emitter **28**, den Paare oder Arrays von Lichtdetektoren **22a** und **22b** sowie **24a** und **24b** und dem optisch reflektierenden ersten Bereich oder der reflektierenden Kodierscheibe **35** und dem Zahnrad, wobei die von der oberen Oberfläche **31** definierte Ebene im Wesentlichen parallel zu der von der unteren Oberfläche **21** des Substrats **20** definierten Ebene ist.

[0033] Es ist anzumerken, dass die Gestalt und Anzahl der Lichtdetektoren **24a** und **24b** sowie **22a** und **22b** hinsichtlich der in den Figuren gezeigten Konfigurationen modifiziert werden mögen, ohne vom Umfang einiger Ausführungsformen der Erfindung abzuweichen. Zum Beispiel brauchen die einzelnen Lichtdetektoren **24a** und **24b** sowie **22a** und **22b** nicht halbringförmig zu sein, sondern mögen jede andere geeignete Geometrie oder Gestalt annehmen, die zu einer ausreichenden optischen Kopplung mit dem reflektierten Licht **25** in der Lage ist. Für jeden Array von Lichtdetektoren **22** und **24** mögen mehr als zwei Lichtdetektoren bereitgestellt werden, und es mögen mehr als zwei Arrays von Lichtdetektoren **22** und **24** bereitgestellt werden.

[0034] In einigen Ausführungsformen der hierin offenbarten geschichteten Halbleiterchip-Sensorsysteme mögen die Arrays von Lichtdetektoren miteinander verschachtelt sein, gegeneinander versetzt sein oder einander überlappen, in nicht kreisförmigen Geometrien angeordnet sein, in variierenden oder überlappenden Radien angeordnet sein und/der in räumlichen Arrays konfiguriert sein, welche multiple diskrete Lichtdetektoren aufweisen, die untereinander vermischt, überlappend, versetzt oder verschachtelt sein mögen oder nicht. Solche Arraymuster oder räumliche Arrays sind vorzugsweise konfiguriert, Ausgangssignale zu ergeben, die erwünschte Morphologien oder Wellenformen annehmen, wie zum Beispiel sich glatt verändernde sinusförmige Kurven, dreieckige Kurven, quadratische oder abgestumpfte Kurven, maßgeschneiderte Ausgangssignale oder jede andere erwünschte Form eines Ausgangssignals, die durch das räumliche Muster oder die Arraygeometrien bestimmt wird. In anderen Ausführungsformen sind die Lichtdetektoren in den Arrays **22** und **24** entlang von Kreisbahnen angeordnet, die durch die versetzten und miteinander verschachtelten Arrays **22** und **24** definiert sind, welche Lichtdetektoren aufweisen, welche zwischen den inneren und äußeren Radien alternieren, wobei die Arrays **22** und **24** die gleichen Radien teilen, und die Lichtdetektoren entlang der beiden Radien versetzt und miteinander verschachtelt sind. Eine derartige Konfiguration kann die Auswirkungen der reflektierten Lichtbündel oder -strahlen **25**, die ungleichförmig auf an unterschiedlichen Radien platzierten Lichtdetektorarrays fallen, reduzieren oder eliminieren.

[0035] Weiter unter Bezug auf die [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) weist das Zahnrad **40** eine gezahnte äußere Peripherie auf (nicht gezeigt in den [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#)), und die obere Oberfläche **31** des Zahnrads **40** besitzt keine darin angeordneten Aperturen oder Löcher. Eine gezahnte rotierbare Welle (ebenfalls nicht gezeigt in den [Fig. 6\(a\)](#) oder [Fig. 6\(b\)](#)) ist angebracht an oder angeordnet auf oder in der Unterseite **37** des Zahnrads **40**. Die Welle **67** wird durch die Aktion einer passend eingreifenden verschiede-

nen Welle (nicht gezeigt in den [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#)) zur Drehung veranlasst, wobei die Anzahl der erfolgten Umdrehungen oder die absolute Position zu bestimmen sind.

[0036] Der optisch reflektierende erste Bereich **35** ist auf oder in einem ersten Teil der oberen Oberfläche **31** angeordnet oder ausgebildet, während ein optisch im Wesentlichen nicht reflektierender zweiter Bereich **33** auf oder in einem zweiten Teil der oberen Oberfläche **31** angeordnet oder ausgebildet ist. Das Substrat **20**, das in der in den [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) veranschaulichten Ausführungsform ein integrierter Schaltkreis ist, ist funktionsfähig oberhalb angeordnet und liegt der oberen Oberfläche **31** gegenüber. Wie in den [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) gezeigt, weist das Substrat **20** einen daran angebrachten Lichtemitter **28**, ein erstes Paar innerer halbringförmiger Lichtdetektoren **22a** und **22b** und ein zweites Paar äußerer halbringförmiger Lichtdetektoren **24a** und **24b** auf, die im Bezug auf einander konzentrisch angeordnet sind.

[0037] Wie in den [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) gezeigt, sind das Zahnrad **40** und das Substrat **20** untereinander so konfiguriert und angeordnet sind, dass zumindest Teile des vom Lichtemitter **28** emittierten und in den ersten Bereich **35** einfallenden Lichts **23** reflektierte Lichtstrahlen **25** bilden, die zu zumindest Teilen der ersten und zweiten Paare ringförmiger Lichtdetektoren **22a** und **22b** sowie **24a** und **24b** gerichtet sind, um dadurch zu detektieren, wenn das Zahnrad **40** und das Substrat **20** gegeneinander rotieren. Weiterhin werden zumindest Teile des vom Lichtemitter **28** emittierten und in den zweiten Bereich **33** einfallenden Lichts **23** im Wesentlichen vom zweiten Bereich **33** nicht reflektiert und folglich von den ersten und zweiten Paaren ringförmiger Lichtdetektoren **22a** und **22b** sowie **24a** und **24b** nicht detektiert werden, während das Zahnrad **40** und das Substrat **22** gegeneinander rotieren.

[0038] Wie ferner in den [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) gezeigt, weist das Substrat **20** vier separate halbkreisförmige Fotodetektoren **22a**, **22b**, **24a** und **24b** auf. Ein jeder solcher Fotodetektor generiert entweder ein positives Signal (d. h. die Fotodetektoren **22a** und **24a**) oder ein negatives Signal (d. h. die Fotodetektoren **22b** und **24b**). Somit werden von den Fotodetektoren **22a** bzw. **22b**, die ein inneres Paar ringförmiger Detektoren bilden, welche entlang des gleichen inneren Radius angeordnet sind, Signale positiver bzw. negativer Polarität generiert, und von den Fotodetektoren **24a** bzw. **24b**, die ein äußeres Paar ringförmiger Detektoren bilden, welche entlang des gleichen äußeren Radius angeordnet sind, werden Signale positiver bzw. negativer Polarität generiert. Wie mit Bezug auf die [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) ersichtlich, sind die von den Fotodetektoren **22a/22b** und **24a/24b** definierten inneren und äußeren Ringe gegeneinander

um 90 Grad verschoben. Der Emittter **28** ist im Zentrum der beiden Paare ringförmiger Detektoren positioniert. In der in den [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) gezeigten Ausführungsform ist eine im Halbschnitt reflektierende Kodierscheibe oder ein optisch reflektierender erster Bereich **35** gegenüber dem Lichtemitter **28** positioniert und in Bezug auf diesen zentriert.

[0039] [Fig. 6\(b\)](#) zeigt, dass das vom Lichtemitter **28** emittierte Licht von der reflektierenden Kodierscheibe oder dem optisch reflektierenden ersten Bereich **35** in Richtung der beiden Paare ringförmiger Fotodetektoren **22a/22b** und **24a/24b** reflektiert wird, wo entsprechend der jeweiligen Polaritäten und Positionen elektrische Ausgangssignale generiert werden. Solche Ausgangssignale können mit Hilfe einer Positions-Logikvorrichtung prozessiert werden, um zum Beispiel die absolute Position des mit dem Modul, in dem das Submodul **5** befestigt oder angebracht ist, verbundenen Antriebsrads zu erhalten.

[0040] Andere Anzahlen, Abstände und Konfigurationen der individuellen Lichtdetektoren **22a**, **22b**, **24a** und **24b** sind ebenfalls vorgesehen. Obwohl in der Ausführungsform gemäß der [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) ein einzelner Lichtemitter **28** gezeigt ist, können anderer Anzahlen von Emitttern oder Arrays von Emitttern ebenfalls verwendet werden. Anzumerken ist weiterhin, dass der Lichtemitter **28** vorzugsweise ausgerichtet mit der zentralen Rotationsachse des Zahnrads **40** befestigt ist.

[0041] Die ersten und zweiten Ausgangssignale werden generiert durch die Paare ringförmiger Lichtdetektoren **22a/22b** und **24a/24b** und die damit assoziierten Sensor- und Prozessierungsschaltkreise. Während das Zahnrad **40** und der optisch reflektierende erste Bereich **35** rotieren, werden die Paare ringförmiger Lichtdetektoren **22a/22b** und **24a/24b** so illuminiert, dass während das auf ein Paar einfallende Licht zunimmt, das auf das andere Paar einfallende Licht abnimmt. Nachdem das Zahnrad **40** und der optisch reflektierende erste Bereich **35** eine einzelne Umdrehung ausgeführt haben, wird ein Zyklus eines ersten Ausgangssignals und zweiten Ausgangssignals generiert (siehe die [Fig. 16\(a\)](#) und [Fig. 16\(b\)](#), nachfolgend im Detail beschrieben).

[0042] In einer Ausführungsform wird das Paar ringförmiger Lichtdetektoren **22a** und **22b** jeweils in differentieller Weise elektrisch verbunden und erzeugt ein einzelnes erstes Ausgangssignal, während das Paar ringförmiger Lichtdetektoren **24a** und **24b** ebenfalls in differentieller Weise elektrisch verbunden wird und ein einzelnes zweites Ausgangssignal erzeugt. Diese ersten und zweiten Ausgangssignale sind gegeneinander durch eine vorgegebene Phasendifferenz, die durch die relative Überlappung und die Positionierung der Paare ringförmiger Lichtdetektoren **22a/22b** und **24a/24b** bestimmt wird, phasenverschoben. Die

in den [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) gezeigte bevorzugte Ausführungsform hat eine Phasenverschiebung von 90 Grad zur Folge, sodass ein erstes Sinus- und ein zweites Cosinus-Ausgangssignal bereitgestellt werden. Alternativ können ausgewählte der von den Lichtdetektoren **22a**, **22b**, **24a** und **24b** bereitgestellten Signale gebündelt (multiplexed) und von einem Prozessor sortiert werden, um die erwünschten Ausgangssignale und die Phasendifferenz zwischen selbigen bereitzustellen. In einer weiteren Ausführungsform mögen die individuellen Lichtdetektoren **22a**, **22b**, **24a** und **24b**, die unter Verwendung eines Schaltkreises festverdrahtet oder unter Verwendung eines Prozessors zugeteilt sein mögen, so konfiguriert sein, dass sie verschiedene Gewichte und Sensitivitäten aufweisen.

[0043] Die [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) zeigen, dass das Zahnrad **40** keine darin angeordneten Aperturen oder Löcher besitzt, was den Flächenbereich der oberen Oberfläche **31** maximiert, welcher dem reflektierenden ersten Bereich **35** und dem nicht reflektierenden zweiten Bereich **33** zugeordnet sein mag. Das Fehlen von im Zahnrad **40** angeordneten Löchern oder Aperturen hat die Eignung zur Folge, das Zahnrad **40** kleiner herzustellen, als es ansonsten sein könnte, ohne wesentlich optische Leistungsfähigkeit oder Effizienz zu opfern. Das Fehlen von im Zahnrad **40** angeordneten Aperturen oder Löchern hat ferner die Eignung zur Folge, Zahnrad **40** mit sehr engen und genauen Toleranzen zu produzieren – auch wenn das Zahnrad **40** von sehr geringer Größe sein mag – da im Zahnrad **40** keine Löcher oder Aperturen vorliegen, die ansonsten im Zahnrad **40** Verwindungen hervorrufen oder Verformungen einführen mögen, wenn es zum Beispiel durch Spritzguss ausgebildet wird, wie Zahnräder in einigen optischen Reflexionskodierern aus dem Stand der Technik, oder die das Herstellungsverfahren in anderer Weise erschweren könnten. Gemäß einer Ausführungsform ist das Zahnrad **40** aus Kunststoff, einem Polymer oder Polymeren, Metall oder einem beliebigen anderen geeigneten Material gestaltet und mag durch ein beliebiges aus einer Reihe geeigneter Herstellungsverfahren ausgebildet werden, wie zum Beispiel Spritzguss, mechanische Bearbeitung, Warmformen usw. Die Welle **67** mag für eine Insertion in die Unterseite **37** von Zahnrad **40** entsprechend einem beliebigen einer Reihe verschiedener Verfahren konfiguriert sein, wie zum Beispiel Druckeinpassung, Kleben, Epoxidharz, Guss, mechanische Befestigungsmittel, wie zum Beispiel Schrauben oder Stifte, und dergleichen.

[0044] Die [Fig. 7\(a\)](#) und [Fig. 7\(b\)](#) zeigen perspektivische Auf- bzw. Seitenansichten einer Ausführungsform eines optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10e**, der eine Mehrzahl von optischen Multi-turn Reflexionskodierersubmodulen **5a** bis **5g** aufweist, welche jeweils Zahnräder **40a** bis **40g** und entsprechen-

de Substrate **20a** bis **20g** aufweisen. Aus Gründen der Einfachheit und um die Erfindung nicht undeutlich zu machen, sind nicht alle einzelnen Bauteile jedes der Submodule **5a** bis **5g** in den [Fig. 7\(a\)](#) und [Fig. 7\(b\)](#) gezeigt. Zum Beispiel sind die Lichtdetektoren **22a**, **22b**, **24a** und **24b** und die Lichtemitter **28** in den [Fig. 7\(a\)](#) und [Fig. 7\(b\)](#) nicht gezeigt. Wie in den [Fig. 7\(a\)](#) und [Fig. 7\(b\)](#) gezeigt, nimmt der optische Multi-turn Reflexionskodierer **10e** die Submodule **5a** bis **5g** zwischen dem oberseitigen Substrat (top substrate) **70** und dem unterseitigen Substrat (bottom substrate) **72** auf. Das oberseitige Substrat **70** weist eine darin angeordnete zentrale Apertur **50** auf, die zur funktionsfähigen Aufnahme eines Antriebsrads (in den Figuren nicht gezeigt) darin und durch sie hindurch zum rotierbaren Eingreifen mit dem Zahnrad **85** konfiguriert ist. Die Anzahl von erfolgten Rotationen oder Umdrehungen durch oder die absolute Position eines derartigen Antriebsrads kann mit Hilfe des optischen Multi-turn Kodierers **10e** gemessen werden.

[0045] In der in den [Fig. 7\(a\)](#) und [Fig. 7\(b\)](#) veranschaulichten Ausführungsform des optischen Multi-turn Kodierers **10e** finden sich sieben Submodule **5a** bis **5g**, von denen jedes zwei Bits an Auflösung bezüglich der Anzahl von erfolgten Rotationen oder Umdrehungen durch die oder der absoluten Position des Antriebsrads oder der Welle bereitstellt, welche durch die zentrale Apertur **50** eingepasst ist und in das innerhalb des Moduls **10e** angeordnete Zahnradgetriebe eingreift. In einem 14-Bit optischen Multi-turn Reflexionskodierer mögen die von jedem der Submodule **5a** bis **5g**, die in Kodierermodul oder System **10e** enthalten sind, generierten Signale prozessiert werden, um 2-Bit Positionen für jedes der Zahnräder **40a** bis **40g** im System **10e** zu ergeben. Folglich werden sieben Sets von Submodulen **5a** bis **5g** bereitgestellt, um ein 14-Bit Absolutpositions-Kodierermodul oder System **10e** zu ergeben. Andere Auflösungen mögen natürlich von verschiedenen Ausführungsformen des Systems **10e** bereitgestellt werden, wie zum Beispiel 2-Bit Systeme (ein Submodul **5**), 4-Bit Systeme (zwei Submodule **5**), 6-Bit Systeme (drei Submodule **5**), 8-Bit Systeme (vier Submodule **5**), 10-Bit Systeme (fünf Submodule **5**), 12-Bit Systeme (sechs Submodule **5**), 16-Bit Systeme (acht Submodule **5**) usw. Weiterhin mögen die hierin offenbarten verschiedenen Submodule zur Bereitstellung von 4 Bits an Auflösung konfiguriert sein, wodurch sich die Auflösung, die in Bezug auf 2-Bit Systeme erhalten werden mag, verdoppelt.

[0046] Unter Bezug auf die [Fig. 8\(a\)](#) bis [Fig. 10\(b\)](#) werden drei zusätzliche Ausführungsformen optischer Multi-turn Reflexionskodierermodule **10f** bis **10h** veranschaulicht, die multiple Lichtdetektoren ähnlicher Art wie die in [Fig. 6\(a\)](#) und [Fig. 6\(b\)](#) dargestellten verwenden. Die [Fig. 8\(a\)](#) und [Fig. 8\(b\)](#) zeigen eine Ausführungsform eines optischen Multi-turn

Reflexionskodierermoduls **10f**, das drei Submodule **5a** bis **5c** aufweist, die in einer Topschicht davon angeordnet sind, und die von den Zahnrädern **81**, **83**, **84** und **85** angetrieben werden, die in einer unteren Schicht davon angeordnet sind. Die in den [Fig. 8\(a\)](#) und [Fig. 8\(b\)](#) gezeigte Ausführungsform des optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10f** ist zur Bereitstellung von 6 Bits an Auflösung in der Lage, da das Modul **10b** drei Submodule **5a**, **5b** und **5c** enthält, von denen jedes 2 Bits an Auflösung bereitstellt. Die [Fig. 9\(a\)](#) und [Fig. 9\(b\)](#) zeigen eine Ausführungsform eines optischen Multi-turn Reflexionskodierermoduls **10g**, das vier Submodule **5a** bis **5d** aufweist, die in einer unteren Schicht davon angeordnet sind, und die von den Zahnrädern **81**, **83** und **85** angetrieben werden, die in einer oberen Schicht davon angeordnet sind. Die in den [Fig. 9\(a\)](#) und [Fig. 9\(b\)](#) gezeigte Ausführungsform des optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10g** ist zur Bereitstellung von 14 Bits an Auflösung in der Lage, da das Modul **10g** vier Submodule **5a** (2 Bits), **5b** (4 Bits), **5c** (4 Bits) und **5d** (Bits) enthält. Die [Fig. 10\(a\)](#) und [Fig. 10\(b\)](#) zeigen eine Ausführungsform eines optischen Multi-turn Reflexionskodierermoduls **10h**, das sieben Submodule **5a** bis **5g** aufweist, die in oberen und unteren (top and bottom) Schichten davon angeordnet sind, und die von den gezahnten Peripherien der Zahnräder **40a** bis **40g**, den Zahnrädern **62** und **64** und den gezahnten Wellen **67a** bis **67g** angetrieben werden, die in oberen und unteren Schichten davon angeordnet sind. Die in den [Fig. 10\(a\)](#) und [Fig. 10\(b\)](#) gezeigte Ausführungsform des optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10h** ist zur Bereitstellung von 14 Bits an Auflösung in der Lage, da das Modul **10h** sieben Submodule **5a** bis **5g** enthält, von denen jedes 2 Bits an Auflösung bereitstellt.

[0047] Unter Bezug auf die [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#) wird eine Ausführungsform eines Teils oder Submoduls **5** eines optischen Multi-turn Reflexionskodierermoduls **10** mit multiplen Detektoren (Modul **10** nicht gezeigt in den [Fig. 11\(a\)](#) oder [Fig. 11\(b\)](#), aber nachfolgend im Detail diskutiert im Zusammenhang mit den [Fig. 12\(a\)](#) bis [Fig. 15\(b\)](#)) gezeigt, worin optisch reflektierte Lichtstrahlen oder -bündel unter Verwendung eines Sensorsystems mit variabler Tönungsdichte abgetastet werden, das eine Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte **36** verwendet, um die Bewegung von Zahnrad **40** zu erkennen, und dabei die Rotation eines assoziierten Antriebsrads (nicht gezeigt in den [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#)) abzutasten und aufzuzeichnen. Um die Rotation des Zahnrads **40** abzutasten und aufzuzeichnen, ist eine optisch reflektierende Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte **36** auf der oberen Oberfläche **31** des Zahnrads **40** ausgebildet oder daran angebracht, und der Emitter **28** ist der optisch reflektierenden Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte **36** zugewandt platziert, sodass das vom Lichtemitter **28** emittierte Licht von der Kodierscheibe **36** zurück zu den Lichtdetektoren

22 und **24** reflektiert wird. Die [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#) zeigen die optische Konfiguration und Kopplung von Submodul **5** zwischen Zahnrad **40**, Emittier **28**, Lichtdetektoren **22** und **24** und der optisch reflektierenden Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte **36**, wobei die von der oberen Oberfläche **31** definierte Ebene im Wesentlichen parallel zu der von der unteren Oberfläche **21** des Substrats **20** definierten Ebene ist.

[0048] Weiter unter Bezug auf die [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#) weist das Zahnrad **40** eine gezahnte äußere Peripherie auf (nicht gezeigt in den [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#)), und die Oberseite **31** des Zahnrads **40** besitzt keine darin angeordneten Aperturen oder Löcher. Eine gezahnte rotierbare Welle (ebenfalls nicht gezeigt in den [Fig. 11\(a\)](#) oder [Fig. 11\(b\)](#)) ist angebracht an oder angeordnet auf oder in der Unterseite **37** des Zahnrads **40**. Die Achse **67** wird durch die Aktion einer passend eingreifenden verschiedenen Achse (nicht gezeigt in den [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#)) zur Drehung veranlasst, wobei die Anzahl ihrer erfolgten Umdrehungen oder ihre absolute Position zu bestimmen sind.

[0049] Die optisch reflektierende Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte **36** ist auf oder in einem ersten Teil der Oberseite **31** angeordnet oder ausgebildet und weist Bereiche unterschiedlicher Reflexion entsprechend der radialen Position auf. Das Substrat **20** ist funktionsfähig oberhalb angeordnet und liegt der oberen Oberfläche **31** gegenüber. Wie in den [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#) gezeigt, weist das Substrat **20** einen Lichtemitter **28** und ein Paar von Lichtdetektoren **22** und **24** auf.

[0050] Wie in den [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#) gezeigt, sind das Zahnrad **40** und das Substrat **20** untereinander so konfiguriert und angeordnet, dass zumindest Teile des vom Lichtemitter **28** emittierten und auf die optisch reflektierende Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte **36** einfallenden Lichts **23** reflektierte Lichtbündel **25** bilden, die zu den ersten und zweiten Lichtdetektoren **22** und **24** zur Detektion gerichtet sind, während das Zahnrad **40** und das Substrat **20** gegeneinander rotieren.

[0051] Die auf der optisch reflektierenden Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte **36** ausgebildeten oder durch selbige dargestellten Dichtemuster mögen entsprechend jeden geeigneten erwünschten Dichteprofil variert werden. Das Dichteprofil oder -muster der Kodierscheibe **36** mag zwischen 0° und 360° variiert werden, um ein variiertes Reflexionsprofil als Funktion des Rotationswinkels zu erzeugen. Ein solches Profil oder Muster mag unter Verwendung eines jeden geeigneten Verfahrens generiert werden, wie zum Beispiel Metallaufdampftechniken, Metallsputtertechniken, optische Beschichtungstechniken, Fotoabbildungstechniken, Halbtondruck mit Li-

nien oder Punkten, Kunststoffreflexionsfolie, eine Metallkodierscheibe, ein oder mehrere reflektierende Schichten aufgebracht auf Kunststoff oder Glas und dergleichen. In einer Ausführungsform erzeugt das variable Dichtemuster der in den [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#) gezeigten Kodierscheibe **36** ein relativ glattes sinusförmiges Reflexionsprofil als Funktion des Rotationswinkels. Das variable Dichtemuster, welches auf der Kodierscheibe **36** gedruckt, ausgebildet oder von selbiger dargeboten wird, kann für eine einzelne Bahn oder für multiple Bahnen sein.

[0052] Weiter unter Bezug auf die [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#) weist die Ausführungsform des Sensorsystems mit variabler Tönungsdichte oder das Submodul **5** die Lichtdetektoren **22** und **24** auf, die entlang eines gemeinsamen Radius oder Durchmessers angeordnet sind, jedoch gegeneinander um 90° verschoben, und die gegenüber der reflektierenden Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte **36** angeordnet sind. Der Lichtemitter **28** ist bevorzugt entlang der Rotationsachse von Zahnrad **40** positioniert.

[0053] Wie in den Ausführungsformen in den [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#) weiter gezeigt, weist das Substrat **20**, das in der in den [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#) veranschaulichten Ausführungsform ein integrierter Schaltkreis ist, zwei Fotodetektoren **22** und **24** auf, die 90° voneinander entfernt angeordnet sind. Jeder Fotodetektor generiert ein Ausgangssignal, das proportional zu der auf diesen einfallenden Lichtmenge ist, welche variiert, wenn die darunterliegende Kodierscheibe rotiert, und deren Reflexion variiert mit dem Rotationswinkel, sodass zum Beispiel die Menge an Reflexion der Kodierscheibe **36** zwischen einer minimalen Reflexion bei 0° und einer maximalen Reflexion bei 180° zunimmt, und zu einem Minimum bei 360° (oder 0°) Grad zurückkehrt. Folglich erzeugt jeder der Lichtdetektoren **22** und **24** ein relativ glatt variiertes Ausgangssignal, das zwischen einem minimalen Niveau und einem maximalen Niveau variiert, aber die beiden Ausgangssignale sind durch 90° getrennt. Die von den Lichtdetektoren **22** und **24** generierten elektrischen Ausgangssignale mögen mit Hilfe einer Positions-Logikvorrichtung prozessiert werden, um zum Beispiel die absolute Position des mit dem Modul, in dem das Submodul **5** befestigt oder angebracht ist, verbundenen Antriebsrads zu erhalten.

[0054] Andere Anzahlen, Abstände, Phasenverschiebungen und Geometrien der Lichtdetektoren **22** und **24** sind ebenfalls vorgesehen, wie zum Beispiel drei Lichtdetektoren oder vier Lichtdetektoren, wie es auch andere variable Dichtemuster der Kodierscheibe **36** sind. Obwohl in der Ausführungsform gemäß der [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#) ein einzelner Lichtemitter **28** gezeigt ist, können anderer Anzahlen von Emittieren oder Arrays von Sendern ebenfalls verwendet werden. Anzumerken ist weiterhin, dass der Lich-

temitter **28** vorzugsweise ausgerichtet mit der zentralen Rotationsachse des Zahnrads **40** befestigt ist.

[0055] Die ersten und zweiten Ausgangssignale werden durch die Lichtdetektoren **22** und **24** und die damit assoziierten Sensor- und Prozessierungsschaltkreise generiert. Während das Zahnrad **40** und die optisch reflektierende Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte **36** rotieren, werden die Lichtdetektoren **22** und **24** so illuminiert, dass während die auf den einen Detektor einfallende Lichtmenge zunimmt, die auf den anderen Detektor einfallende Lichtmenge abnimmt. Nachdem das Zahnrad **40** und die optisch reflektierende Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte **36** eine einzelne Umdrehung ausgeführt haben, wird ein Zyklus eines ersten Ausgangssignals und zweiten Ausgangssignals generiert. Siehe zum Beispiel die [Fig. 16\(a\)](#) und [Fig. 16\(b\)](#), nachfolgend im Detail beschrieben.

[0056] Die [Fig. 11\(a\)](#) und [Fig. 11\(b\)](#) zeigen, dass das Zahnrad **40** keine darin angeordneten Löcher oder Aperturen besitzt, was dem Flächenbereich der oberen Oberfläche **31** maximiert, welcher der optisch reflektierenden Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte **36** zugeordnet sein mag. Das Fehlen von im Zahnrad **40** angeordneten Öffnungen oder Leerstellen hat die Eignung zur Folge, das Zahnrad **40** kleiner herzustellen, als es ansonsten sein könnte, ohne wesentlich optische Leistungsfähigkeit oder Effizienz zu opfern. Das Fehlen von im Zahnrad **40** angeordneten Öffnungen oder Leerstellen hat ferner die Eignung zur Folge, Zahnrad **40** mit sehr engen und genauen Toleranzen zu produzieren – auch wenn das Zahnrad **40** von sehr geringer Größe sein mag – da im Zahnrad **40** keine Öffnungen oder Leerstellen vorliegen, die ansonsten im Zahnrad **40** Verwindungen hervorrufen oder Verformungen einführen mögen, wenn es zum Beispiel durch Spritzguss ausgebildet wird, wie Zahnräder in einigen optischen Reflexionskodierern aus dem Stand der Technik, oder die das Herstellungsverfahren in anderer Weise erschweren mögen. Gemäß einer Ausführungsform ist das Zahnrad **40** aus Kunststoff, einem Polymer oder Polymeren, Metall oder einem beliebigen anderen geeigneten Material gestaltet und kann durch ein beliebiges aus einer Reihe geeigneter Herstellungsverfahren ausgebildet werden, wie zum Beispiel Spritzguss, mechanische Bearbeitung, Warmformen usw. Die Welle **67** mag für eine Insertion in die Unterseite **37** von Zahnrad **40** entsprechend einem beliebigen einer Reihe verschiedener Verfahren konfiguriert sein, wie zum Beispiel Druckeinpassung, Kleben, Epoxidharz, Einförmigen, mechanische Befestigungsmittel, wie zum Beispiel Schrauben oder Stifte, und dergleichen.

[0057] Die [Fig. 12\(a\)](#) und [Fig. 12\(b\)](#) zeigen perspektivische Auf- bzw. Seitenansichten einer Ausführungsform eines optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10i**, der eine Mehrzahl von optischen Mul-

ti-turn Reflexionskodierersubmodulen **5a** bis **5g** aufweist, welche jeweils Zahnräder **40a** bis **40g** und entsprechende Lichtemitter **28a** bis **28g** aufweisen. Aus Gründen der Einfachheit und um die Erfindung nicht undeutlich zu machen, sind nicht alle einzelnen Bauteile jedes der Submodule **5a** bis **5g** in den [Fig. 12\(a\)](#) und [Fig. 12\(b\)](#) gezeigt. Wie in den [Fig. 12\(a\)](#) und [Fig. 12\(b\)](#) gezeigt, nimmt der optische Multi-turn Reflexionskodierer **10i** die Submodule **5a** bis **5g** zwischen dem Topsubstrat **70** und dem unterseitigen Substrat **72** auf. Das Topsubstrat **70** weist eine darin angeordnete zentrale Apertur **50** auf, die zur funktionsfähigen Aufnahme eines Antriebsrads (in den Figuren nicht gezeigt) darin und durch sie hindurch zum rotierbaren Eingreifen mit dem Zahnrad **85** konfiguriert ist. Die Anzahl von erfolgten Rotationen oder Umdrehungen durch oder die absolute Position eines derartigen Antriebsrads mag mit Hilfe des optischen Multi-turn Kodierers **10i** gemessen werden.

[0058] In der in den [Fig. 12\(a\)](#) und [Fig. 12\(b\)](#) veranschaulichten Ausführungsform des optischen Multi-turn Kodierers **10e** finden sich sieben Submodule **5a** bis **5g**, von denen jedes zwei Bits an Auflösung bezüglich der Anzahl von erfolgten Rotationen oder Umdrehungen durch die oder der absoluten Position des Antriebsrads oder der Welle bereitstellt, welche durch die zentrale Apertur **50** eingepasst ist und das innerhalb des Moduls **10i** angeordnete Zahnradgetriebe in Eingriff nimmt. In einem 14-Bit optischen Multi-turn Reflexionskodierer mögen die von jedem der Submodule **5a** bis **5g**, die in Kodierermodul oder System **10i** enthalten sind, generierten Signale prozessiert werden, um 2-Bit Positionen für jedes der Zahnräder **40a** bis **40g** im System **10i** zu ergeben. Folglich werden sieben Sets von Submodulen **5a** bis **5g** bereitgestellt, um ein 14-Bit Kodierermodul oder System **10i** mit absoluter Position zu ergeben. Andere Auflösungen mögen natürlich von verschiedenen Ausführungsformen des Systems **10i** bereitgestellt werden, wie zum Beispiel 2-Bit Systeme (ein Submodul **5**), 4-Bit Systeme (zwei Submodule **5**), 6-Bit Systeme (drei Submodule **5**), 8-Bit Systeme (vier Submodule **5**), 10-Bit Systeme (fünf Submodule **5**), 12-Bit Systeme (sechs Submodule **5**), 16-Bit Systeme (acht Submodule **5**) usw. Weiterhin mögen einige der hierin offenbarten verschiedenen Submodule zur Bereitstellung von 4 Bits an Auflösung konfiguriert sein, wodurch sich die Auflösung, die in Bezug auf 2-Bit Systeme erhalten werden mag, verdoppelt.

[0059] Unter Bezug auf die [Fig. 13\(a\)](#) bis [Fig. 15\(b\)](#) werden drei zusätzliche Ausführungsformen optischer Multi-turn Reflexionskodierermodule **10j** bis **10l** gezeigt, die Kodierscheiben mit variabler Dichte **36** und Lichtdetektoren **22** und **24** in ähnlicher Art wie die in [Fig. 12\(a\)](#) und [Fig. 12\(b\)](#) dargestellten verwenden. Die [Fig. 13\(a\)](#) und [Fig. 13\(b\)](#) zeigen eine Ausführungsform eines optischen Multi-turn Reflexionskodierermoduls **10j**, das drei Submodule **5a** bis **5c**

aufweist, die in einer Topschicht davon angeordnet sind, und die von den Zahnrädern **81**, **83**, **84** und **85** angetrieben werden, die in einer unteren Schicht (lower layer) davon angeordnet sind. Die in den [Fig. 13\(a\)](#) und [Fig. 13\(b\)](#) gezeigte Ausführungsform des optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10j** ist zur Bereitstellung von 12 Bits an Auflösung in der Lage, da das Modul **10j** drei Submodule **5a**, **5b** und **5c** enthält, von denen jedes 4 Bits an Auflösung bereitstellt. Die [Fig. 14\(a\)](#) und [Fig. 14\(b\)](#) veranschaulichen eine Ausführungsform eines optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10k**, das vier Submodule **5a** bis **5d** aufweist, die in einer unteren Schicht (bottom layer) davon angeordnet sind, und die von den Zahnrädern **81**, **83** und **85** angetrieben werden, die in einer oberen Schicht davon angeordnet sind. Die in den [Fig. 14\(a\)](#) und [Fig. 14\(b\)](#) gezeigte Ausführungsform des optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10k** ist zur Bereitstellung von 14 Bits an Auflösung in der Lage, da das Modul **10k** vier Submodule **5a**, **5b**, **5c** und **5d** enthält. Das erste Zahnrad stellt 2 Bits bereit, das dritte, fünfte und siebte Zahnrad stellen jeweils 4 Bits bereit. Die [Fig. 15\(a\)](#) und [Fig. 15\(b\)](#) zeigen eine Ausführungsform eines optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10l**, das sieben Submodule **5a** bis **5g** aufweist, die in oberen und unteren Schichten davon angeordnet sind, und die von den gezahnten Peripherien der Zahnräder **40a** bis **40g**, den Zahnrädern **62** und **64** und den gezahnten Achsen **67a** bis **67g** angetrieben werden, die in oberen und unteren Schichten davon angeordnet sind. Die in den [Fig. 15\(a\)](#) und [Fig. 15\(b\)](#) gezeigte Ausführungsform des optischen Multi-turn Reflexionskodierers **10l** ist zur Bereitstellung von 14 Bits an Auflösung in der Lage, da das Modul **10l** sieben Submodule **5a** bis **5g** enthält, von denen jedes 2 Bits an Auflösung bereitstellt.

[0060] Anzumerken ist, dass vorzugsweise eine Positions-Logikvorrichtung, die eine beliebige geeignete Prozessierungs- oder Logikvorrichtung sein kann, wie zum Beispiel ein Kontroller, ASIC, Prozessor, Mikroprozessor, Mikrokontroller, CPU oder jegliche Kombination geeigneter Logikhardware und/oder Software, bereitgestellt wird, um die von den hierin offenbarten Lichtdetektoren der verschiedenen Ausführungsformen des Submoduls **5** und des optischen Multiturn Reflexionskodierers **10** bereitgestellten Ausgangssignale zu prozessieren.

[0061] Abhängig von der spezifischen vorliegenden Anwendung kann der optische Multi-turn Reflexionskodierer **10** konfiguriert sein, um eine beliebige Anzahl verschiedener Zahnraduntersetzungsrate hinsichtlich der Rotation des Antriebsrads oder der Welle bereitzustellen, welche für die Insertion in die zentrale Apertur **50** (die absolute Position oder die Anzahl erfolgter Umdrehungen ist vom optischen Kodierer **10** zu messen oder abzutasten) konfiguriert ist, sowie der Rotation der letzten gezahnten Scheibe,

die durch die Aktivität eines solchen rotierenden Antriebsrads oder einer solchen rotierenden Welle zur Rotation veranlasst wird, einschließlich aber nicht beschränkt auf Zahnraduntersetzungsrate von 4096, 2048, 1024, 512 und 256. Anzumerken ist, dass andere als die hierin explizit offenbarten Zahnraduntersetzungsrate in der vorliegenden Erfindung ebenfalls vorgesehen sind. Die Implementierung einer ausgewählten Zahnraduntersetzungsrate erfordert die Auswahl einer geeigneten Anzahl zu verwendender gezahnter kreisförmiger Scheiben, die Auswahl der relativen Durchmesser und der Anzahlen verzahnter Zähne solcher Scheiben zueinander sowie anderer Faktoren, die Fachleuten im Bereich der Zahnraduntersetzung bekannt sind. Zum Beispiel mag das Multi-turn Kodierermodul **10** drei gezahnte kreisförmige Scheiben aufweisen, wobei jede Scheibe 4 Bits an Auflösung an das Kodierermodul **10** bereitstellt. In anderen Beispielen mag das Multi-turn Reflexionskodierermodul **10** eine gezahnte Scheibe, zwei gezahnte Scheiben, vier gezahnte Scheiben, fünf gezahnte Scheiben, sieben gezahnte Scheiben oder jede andere geeignete Anzahl gezahnter Scheiben aufweisen, wobei die Anzahl der ausgewählten gezahnten Scheiben von der spezifischen vorliegenden Anwendung, der erwünschten Zahnraduntersetzungsrate, der Anzahl von Bits an Auflösung, die bereitgestellt werden sollen, sowie anderer Erwägungen und Faktoren abhängt, die Fachleuten bekannt sind.

[0062] Als ein weiteres Beispiel für eine Zahnraduntersetzung ist die zentrale gezahnte Welle, die für die Insertion in die Apertur **50** von Modul **10** konfiguriert ist, ein Antriebsrad, das in ein erstes Zahnrad eingreift, und das konfiguriert ist, die Rotation eines ersten Zahnrads hervorzurufen, wenn eine derartige Welle rotiert. Die Zahnrate zwischen der Achse und dem ersten Zahnrad ist 1:4. Wenn das erste Zahnrad eine Umdrehung absolviert hat, hat folglich die Achse vier Umdrehungen (2^2 oder 2 Bits) rotiert. Die Zahnrate zwischen dem ersten Zahnrad und einem angrenzenden zweiten Zahnrad mag ebenfalls 1:4 sein. Wenn das zweite Zahnrad eine Umdrehung absolviert hat, hat das erste Zahnrad folglich vier Umdrehungen (ebenfalls 2^2 oder 2 Bits) absolviert, während gleichzeitig die zentrale Welle 16 Umdrehungen (2^4 oder 4 Bits) rotiert hat usw. Da die in den [Fig. 1\(a\)](#) bis [Fig. 15\(b\)](#) gezeigten Kodierermodule **10** unterschiedliche Anzahlen von gezahnten Scheiben oder Zahnrädern aufweisen, variiert die Anzahl von Bits an Auflösung, die von solchen Modulen bereitgestellt werden. (Wie oben diskutiert, mögen andere Zahnrate sowie Anzahlen von Zahnrädern oder gezahnten Scheiben ebenfalls verwendet werden und fallen dennoch in den Umfang der vorliegenden Erfindung.)

[0063] Anzumerken ist, dass in der vorliegenden Erfindung andere Phasenverschiebungen zwischen den Lichtdetektoren als 90 Grad (zum Beispiel SIN

und COS) vorgesehen sind, und dass derartige Phasenverschiebungen jeden geeigneten Wert annehmen können. Ferner ist anzumerken, dass in der vorliegenden Erfindung andere Zählimpulse als die durch 2 oder 4 Bits repräsentierten vorgesehen sind, und diese jede geeignete Anzahl von Bits sein mögen.

[0064] Repräsentative Wellenformen, die von den Lichtdetektoren **22** und **24** bereitgestellt werden, 90 Grad gegeneinander phasenverschoben, sind in den [Fig. 16\(a\)](#) und [Fig. 16\(b\)](#) gezeigt. Wie ferner in [Fig. 17](#) veranschaulicht, mag ferner ein analog-zu-digital Konverter, der zur Umwandlung der von den Lichtdetektoren und den damit assoziierten Schaltkreisen bereitgestellten Ausgangssignale konfiguriert ist, in Verbindung mit einer Positions-Logikvorrichtung verwendet werden, um ein digitales Ausgangssignal bereitzustellen, das repräsentativ für eine Wellenposition und/oder die Anzahl der erfolgten Umdrehungen der Welle ist.

[0065] Wie nun ersichtlich wird, weist der hierin offenbarte optische Multi-turn Reflexionskodierer zahlreiche Vorteile auf einschließlich aber nicht beschränkt auf:

- Ermöglichung der Bereitstellung von optischen Kodierern geringerer Größen und Grundflächen;
- Ermöglichung einer erhöhten Designflexibilität im Hinblick auf die mit den optischen Kodierern assoziierten Zahnradgetriebe;
- die Eignung zur Verwendung von unverarbeiteten Ausgangssignalen, die während des Ablaufs einer einzelnen Umdrehung eines Zahnrads in einem Submodul, das einen Teil eines optischen Kodierers bildet, bereitgestellt werden, um in die absolute Position des Zahnrads konvertiert zu werden;
- erhöhte Flexibilität für die Zahnradanordnung, die es ermöglicht, geringere Kodierergrößen oder -grundflächen zu erhalten;
- die Verwendung von Einzelspurmustern, was es ermöglicht, Kodierscheiben und Kodierer mit geringerem Durchmesser einzusetzen;
- erhöhte Flexibilität im Hinblick auf die Anordnung reflektierender Sensorsubmodule in oberen und unteren Schichten des Zahnradgetriebes in optischen Kodierersmodulen;
- erhöhte Flexibilität, die von jedem Zahnrad bereitgestellte Anzahl von Bits zu variieren, was zum Beispiel durch Interpolieren der von den verschiedenen Lichtdetektoren direkt generierten sinusförmigen Signale bewerkstelligt werden kann;
- erhöhte Flexibilität, die von einem Kodierersmodul bereitgestellte Gesamtzahl von Bits an Auflösung durch Anordnen von Submodulen in verschiedenen Teilen des Zahnradgetriebes festzulegen;
- Verminderung der Kosten für ein Modul durch Verwendung von kostengünstigen Fototransistoren

oder Detektoren in Lichtdetektoren oder Lichtdetektoren oder durch Verwendung kostengünstiger Kodierscheiben mit variabler Dichte **36**;

- Reduktion der Kosten für ein Modul durch Ermöglichung eines Designs von einstückigen gedruckten Leiterplatten (printed circuit board; PCB), welche ein Zahnradgetriebe mit einer singulären aktiven Schicht aufweisen;
- Bereitstellen strukturell robuster Zahnraddesigns, besserer Zahnradzuverlässigkeit sowie einer verbesserten Zahnrad- und Modul-Dimensionsprüfung und -stabilität.

[0066] Anzumerken, ist, dass im Umfang der vorliegenden Erfindung Verfahren zur Herstellung und Fertigung der verschiedenen hierin beschriebenen Bauteile, Vorrichtungen und Systeme enthalten sind.

[0067] Die oben beschriebenen Ausführungsformen sollen eher als Beispiele für die vorliegende Erfindung betrachtet werden, als dass sie den Umfang der Erfindung beschränken. Zusätzlich zu den vorangehenden Ausführungsformen der Erfindung zeigt die Durchsicht der detaillierten Beschreibung sowie der begleitenden Zeichnungen auf, dass es weitere Ausführungsformen der Erfindung gibt. Folglich fallen zahlreiche Kombinationen, Permutationen, Variationen und Modifikationen der vorangehenden Ausführungsformen der Erfindung, die hierin nicht explizit dargestellt sind, dennoch in den Umfang der Erfindung.

Patentansprüche

1. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul, das aufweist:

ein Zahnrad, das einen gezahnte äußere Peripherie und eine obere Oberfläche aufweist, welche keine darin angeordneten Aperturen oder Löcher besitzt; eine gezahnte rotierbare Welle, die an einer Unterseite des ersten Zahnrads angebracht ist; einen optisch reflektierenden ersten Bereich, der an einem ersten Teil der oberen Oberfläche angeordnet ist; einen optisch im Wesentlichen nicht reflektierenden zweiten Bereich, der an einem zweiten Teil der oberen Oberfläche angeordnet ist; und ein Substrat, das oberhalb und gegenüber der oberen Oberfläche angeordnet ist, wobei das Substrat einen Lichtemitter und ein erstes und zweites Array von Lichtdetektoren aufweist, welche auf dem Substrat so angeordnet und konfiguriert sind, dass die von dem ersten und zweiten Array von Lichtdetektoren bereitgestellten ersten und zweiten Ausgangssignale gegeneinander durch eine vorbestimmte Phasendifferenz phasenverschoben sind; wobei das Zahnrad und das Substrat bezüglich einander so konfiguriert und angeordnet sind, dass zumindest Teile des vom Lichtemitter emittierten und in den ersten Bereich einfallenden Lichts zu zumindest

Teilen der ersten und zweiten Arrays von Lichtdetektoren zur Detektion reflektiert werden, während das Zahnrad und das Substrat gegeneinander rotieren, und zumindest Teile des vom Lichtemitter emittierten und in den zweiten Bereich einfallenden Lichts im Wesentlichen vom zweiten Bereich nicht reflektiert werden und von den ersten und zweiten Arrays von Lichtdetektoren nicht detektiert werden, während das Zahnrad und das Substrat gegeneinander rotieren.

2. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß Anspruch 1, wobei die Phasendifferenz etwa 90 Grad beträgt.

3. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die ersten und zweiten Arrays von Lichtdetektoren in ersten und zweiten Bahnen angeordnet sind, welche entlang erster und zweiter Durchmesser, welche ersten und zweiten Radien entsprechen, angeordnet sind.

4. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß Anspruch 3, wobei der erste Radius kleiner ist als der zweite Radius.

5. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der erste Bereich scheibenförmig ist.

6. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, das ferner eine Positions-Logikvorrichtung aufweist, die zur Bestimmung einer absoluten Position oder der Anzahl an erfolgten Umdrehungen der Welle konfiguriert ist.

7. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei zumindest Teile der ersten und zweiten Bahnen entlang gemeinsamer Radien überlappen.

8. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, das ferner einen digitalen Signalprozessor aufweist, der funktionsfähig zur Bereitstellung eines digitalen Ausgangssignals konfiguriert ist, das für eine Wellenposition kennzeichnend ist.

9. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, das ferner einen digitalen Signalprozessor aufweist, der zur Bereitstellung eines digitalen Ausgangssignals konfiguriert ist, das für die Anzahl an erfolgten Umdrehungen der Welle kennzeichnend ist.

10. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Submodul auf einem von einer flexiblen Schaltung, einer gedruckten Leiterplatte und einem Keramiksubstrat befestigt oder daran angebracht ist.

11. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das Submodul integriert ist in und einen Teil eines optischen Multi-turn Reflexionskodierersubmoduls darstellt, welches eine Mehrzahl optischer Multi-turn Reflexionskodierersubmodule aufweist.

12. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul, das aufweist:

ein Zahnrad, das einen gezahnte äußere Peripherie und eine obere Oberfläche aufweist, welche keine darin angeordneten Aperturen oder Löcher besitzt; eine gezahnte rotierbare Welle, die an einer Unterseite des ersten Zahnrads angebracht ist;

einen optisch reflektierenden ersten Bereich, der auf einem ersten Teil der oberen Oberfläche angeordnet ist;

einen optisch im Wesentlichen nicht reflektierenden zweiten Bereich, der auf einem zweiten Teil der oberen Oberfläche angeordnet ist; und

ein geschichtetes Halbleiterchip-Substrat, das oberhalb und gegenüber der oberen Oberseite angeordnet ist, wobei das Substrat einen Lichtemitter aufweist und ein erstes und zweites Array von Lichtdetektoren besitzt, welche darauf so angeordnet und konfiguriert sind, dass die von dem ersten und zweiten Array von Lichtdetektoren bereitgestellten ersten und zweiten Ausgangssignale gegeneinander durch eine vorbestimmte Phasendifferenz phasenverschoben sind;

wobei das Zahnrad und das Substrat untereinander so konfiguriert und angeordnet sind, dass zumindest Teile des vom Lichtemitter emittierten und in den ersten Bereich einfallenden Lichts zu zumindest Teilen des ersten und zweiten Arrays von Lichtdetektoren zur Detektion reflektiert werden, während das Zahnrad und das Substrat bezüglich einander rotieren, und zumindest Teile des vom Lichtemitter emittierten und in den zweiten Bereich einfallenden Lichts im Wesentlichen vom zweiten Bereich nicht reflektiert werden und von dem ersten und zweiten Array von Lichtdetektoren nicht detektiert werden, während das Zahnrad und das Substrat bezüglich einander rotieren.

13. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß Anspruch 12, wobei die Phasendifferenz etwa 90 Grad beträgt.

14. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß Anspruch 12 oder 13, wobei das erste und zweite Array von Lichtdetektoren ferner konzentrische halbringförmige erste innere bzw. zweite äußere Paare von Lichtdetektoren aufweisen.

15. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 12 bis 14, das ferner eine Positions-Logikvorrichtung aufweist, die zur Bestimmung einer absoluten Position oder der Anzahl an erfolgten Umdrehungen der Welle konfiguriert ist.

riert ist.

16. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 12 bis 15, das ferner zumindest einen Verstärker aufweist, der zum Empfang und zur Verstärkung der ersten und zweiten Ausgangssignale konfiguriert ist.

17. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 12 bis 16, das ferner einen digitalen Signalprozessor aufweist, der funktionsfähig zur Bereitstellung eines digitalen Ausgangssignals konfiguriert ist, das für eine Wellenposition kennzeichnend ist.

18. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 12 bis 17, das ferner einen digitalen Signalprozessor aufweist, der zur Bereitstellung eines digitalen Ausgangssignals konfiguriert ist, das für die Anzahl an erfolgten Umdrehungen der Welle kennzeichnend ist.

19. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 12 bis 18, wobei das Submodul auf einem von einer flexiblen Schaltung, einer gedruckten Leiterplatte und einem Keramiksubstrat befestigt oder daran angebracht ist.

20. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 12 bis 19, wobei das Submodul integriert ist in und einen Teil eines optischen Multi-turn Reflexionskodierersubmoduls darstellt, welches eine Mehrzahl optischer Multi-turn Reflexionskodierersubmodule aufweist.

21. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul, das aufweist:
ein Zahnrad, das einen gezahnte äußere Peripherie und eine obere Oberfläche aufweist, welche keine darin angeordneten Aperturen oder Löcher besitzt;
eine gezahnte rotierbare Welle, die an einer Unterseite des ersten Zahnrad angebracht ist;
eine optisch reflektierende Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte, die an, in oder nahe der oberen Oberfläche angeordnet ist; und
ein Substrat, das oberhalb und gegenüber der oberen Oberfläche angeordnet ist, wobei das Substrat einen Lichtemitter und zumindest erste und zweite Lichtdetektoren aufweist, welche auf dem Substrat so angeordnet und konfiguriert sind, dass die davon bereitgestellten ersten und zweiten Ausgangssignale gegeneinander durch eine vorbestimmte Phasendifferenz phasenverschoben sind;
wobei das Zahnrad und das Substrat untereinander so konfiguriert und angeordnet sind, dass zumindest Teile des vom Lichtemitter emittierten und auf die optisch reflektierende Kodierscheibe mit variabler Tönungsdichte einfallenden Lichts davon zu den ersten und zweiten Lichtdetektoren zur Detektion reflektiert werden, während das Zahnrad und das Substrat ge-

geneinander rotieren.

22. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß Anspruch 21, das ferner eine Positions-Logikvorrichtung aufweist, die zur Bestimmung einer absoluten Position oder der Anzahl an erfolgten Umdrehungen der Welle konfiguriert ist.

23. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß Anspruch 21 oder 22, das ferner zumindest einen Verstärker aufweist, der zum Empfang und zur Verstärkung der ersten und zweiten Ausgangssignale konfiguriert ist.

24. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 21 bis 23, das ferner einen digitalen Signalprozessor aufweist, der funktionsfähig zur Bereitstellung eines digitalen Ausgangssignals konfiguriert ist, das für eine Wellenposition kennzeichnend ist.

25. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 21 bis 24, das ferner einen digitalen Signalprozessor aufweist, der zur Bereitstellung eines digitalen Ausgangssignals konfiguriert ist, das für die Anzahl an erfolgten Umdrehungen der Welle kennzeichnend ist.

26. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 21 bis 25, wobei das Submodul auf einem von einer flexiblen Schaltung, einer gedruckten Leiterplatte und einem Keramiksubstrat befestigt oder daran angebracht ist.

27. Optisches Multi-turn Reflexionskodierersubmodul gemäß einem der Ansprüche 21 bis 26, wobei das Submodul integriert ist in und einen Teil eines optischen Multi-turn Reflexionskodierersubmoduls darstellt, welches eine Mehrzahl optischer Multi-turn Reflexionskodierersubmodule aufweist.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

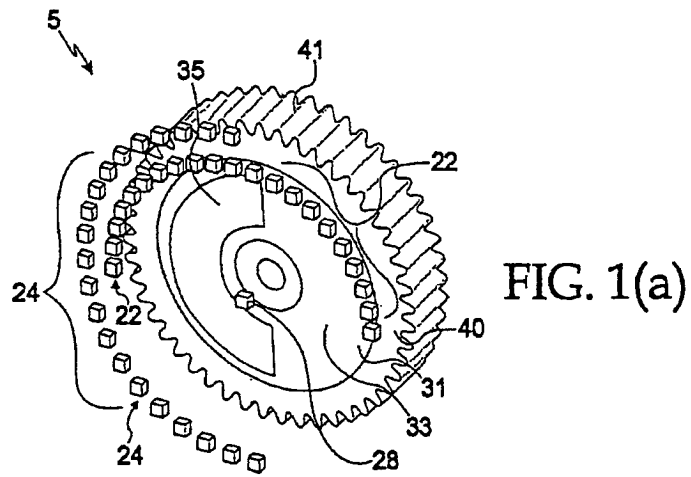


FIG. 1(a)

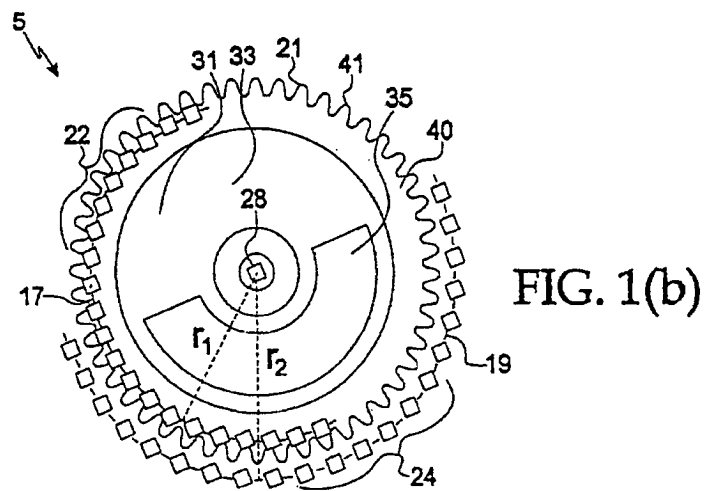


FIG. 1(b)

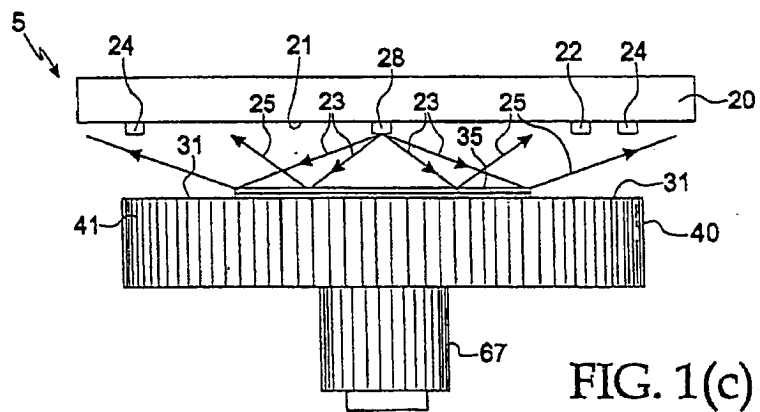


FIG. 1(c)

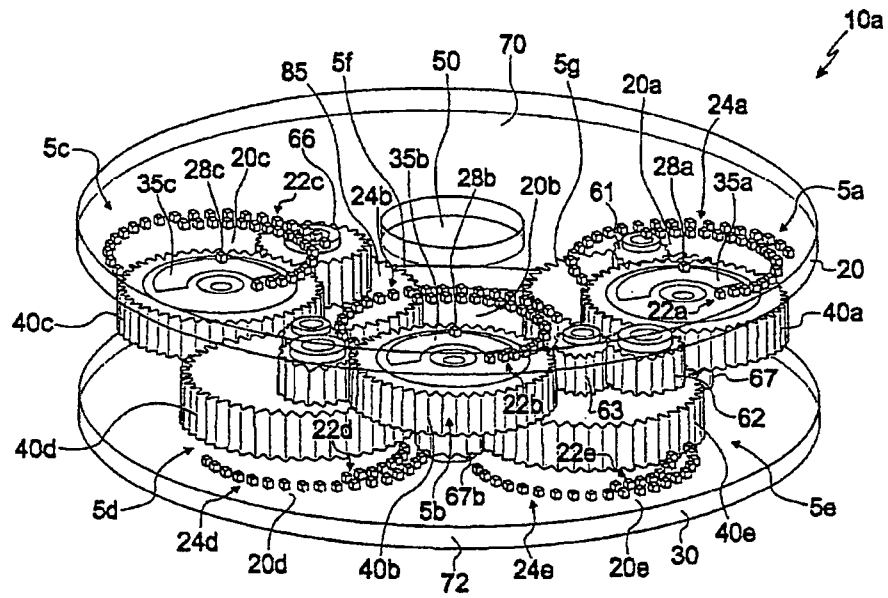


FIG. 2(a)

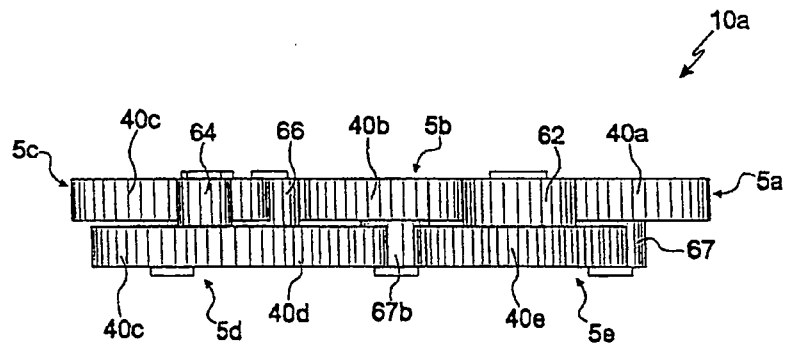


FIG. 2(b)

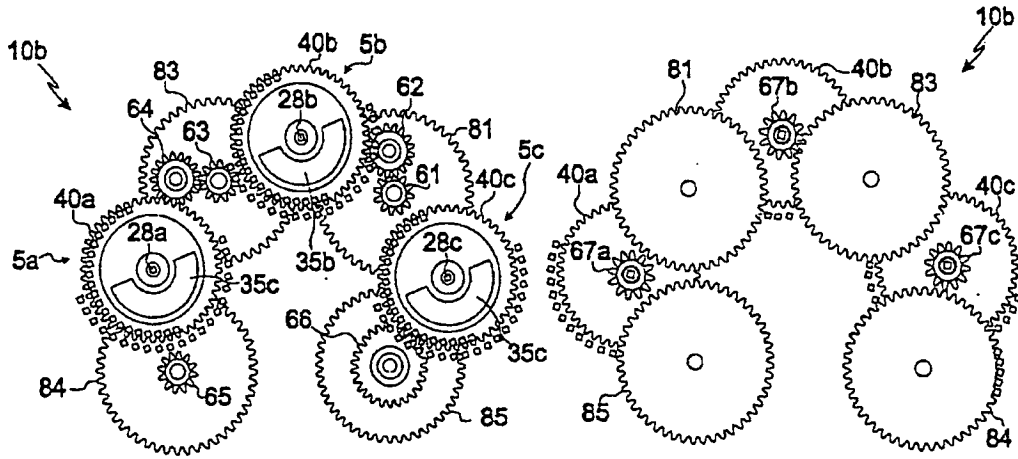


FIG. 3(a)

FIG. 3(b)

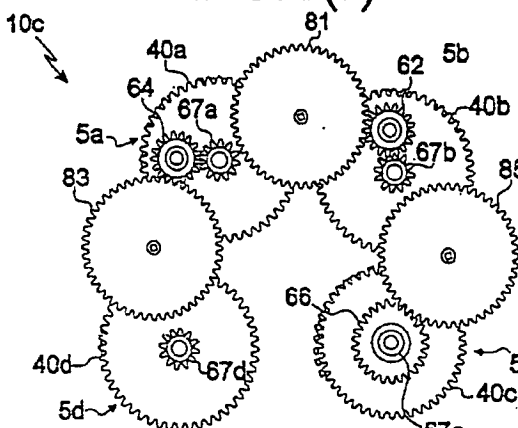
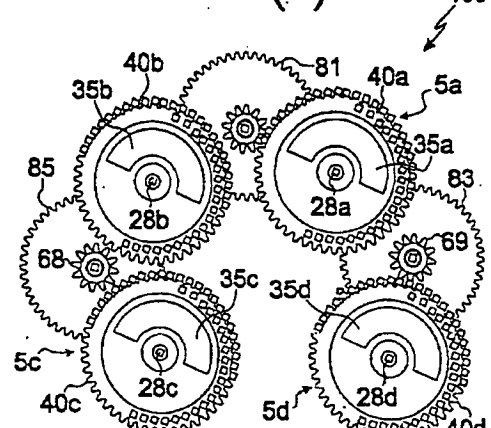


FIG. 4(a)



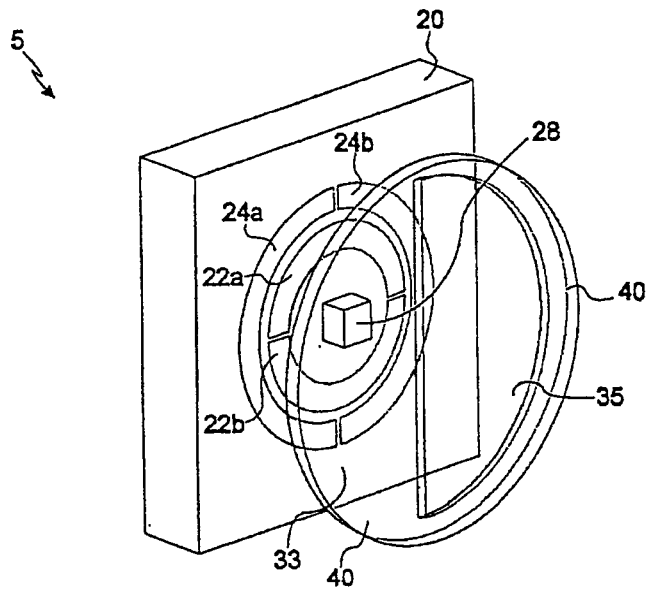


FIG. 6(a)

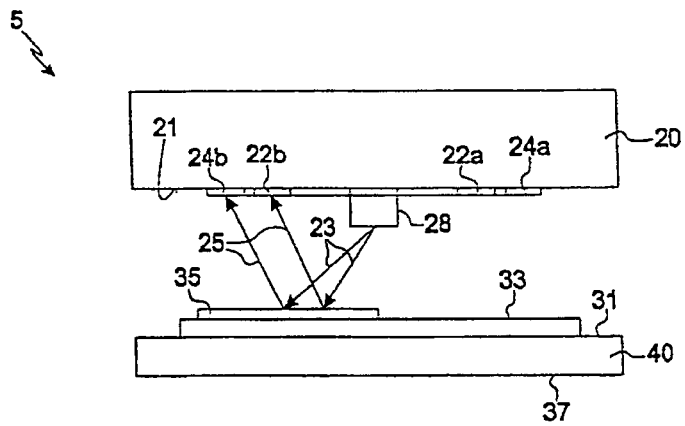


FIG. 6(b)

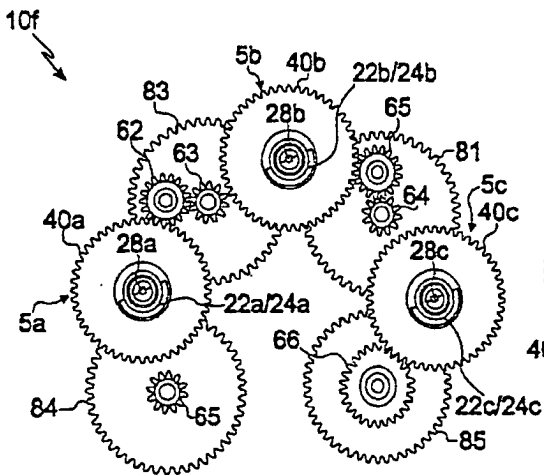


FIG. 8(a)

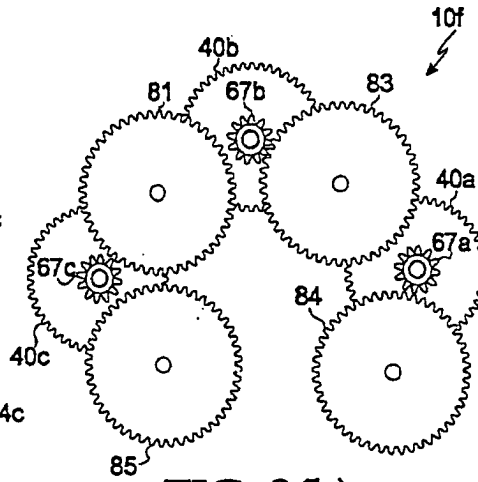


FIG. 8(b)

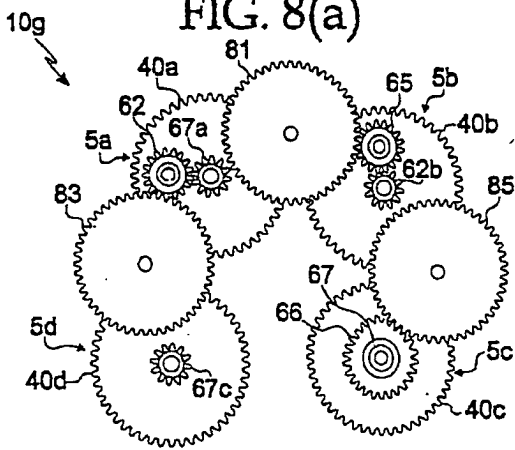


FIG. 9(a)

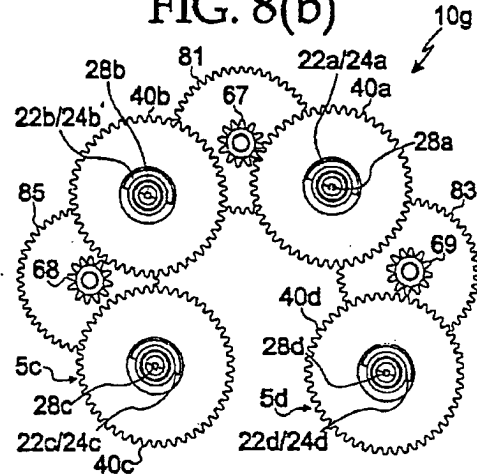


FIG. 9(b)

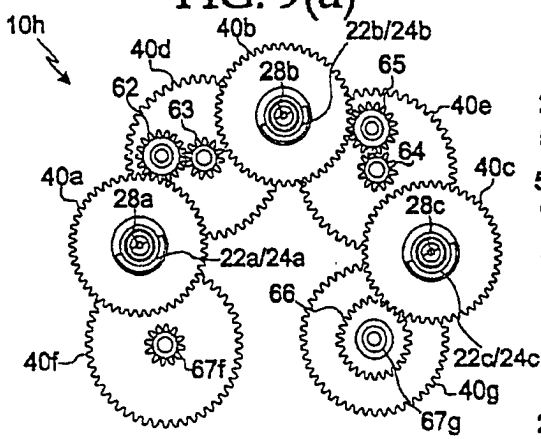


FIG. 10(a)

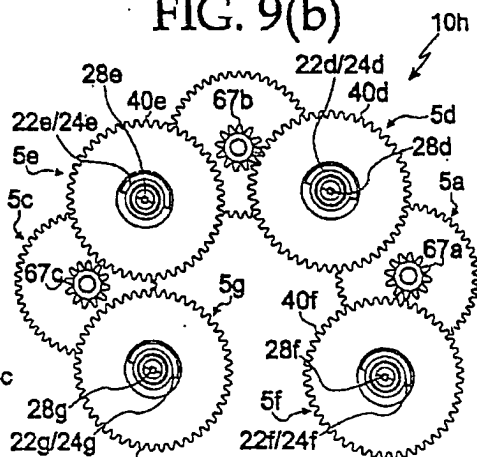


FIG. 10(b)

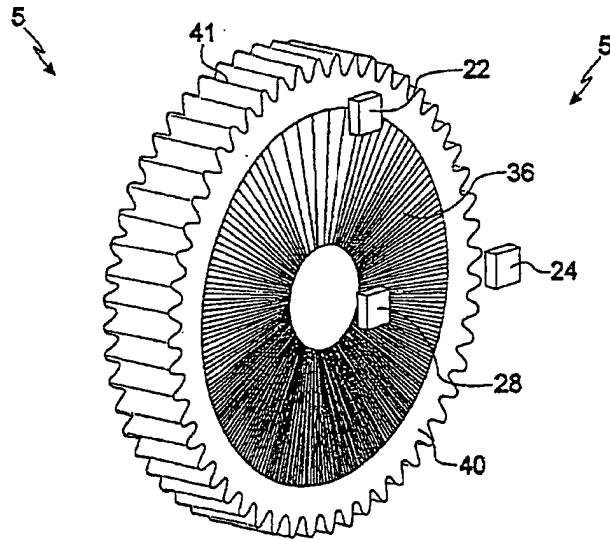


FIG. 11(a)

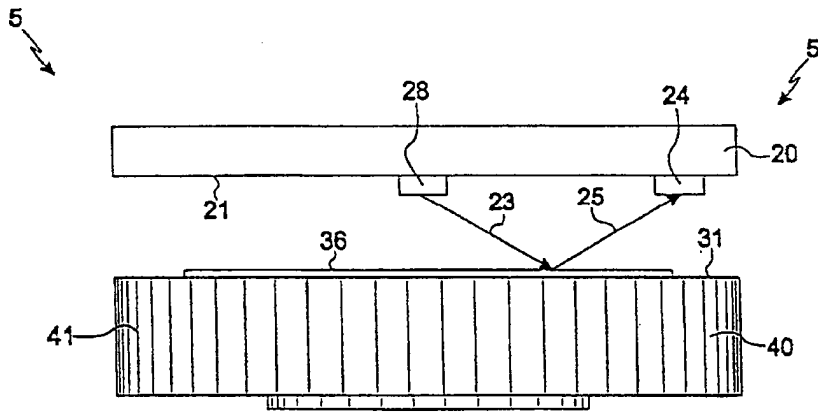


FIG. 11(b)

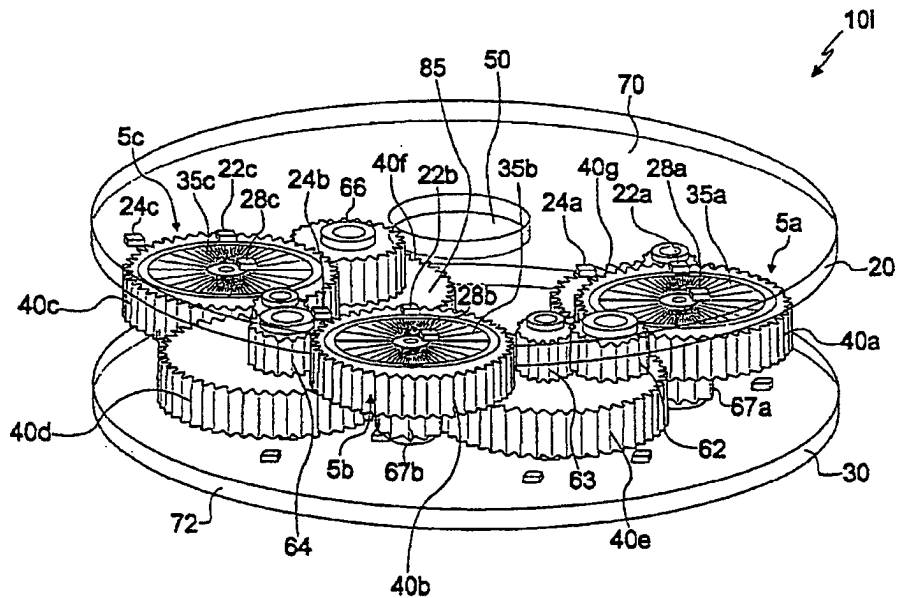


FIG. 12(a)

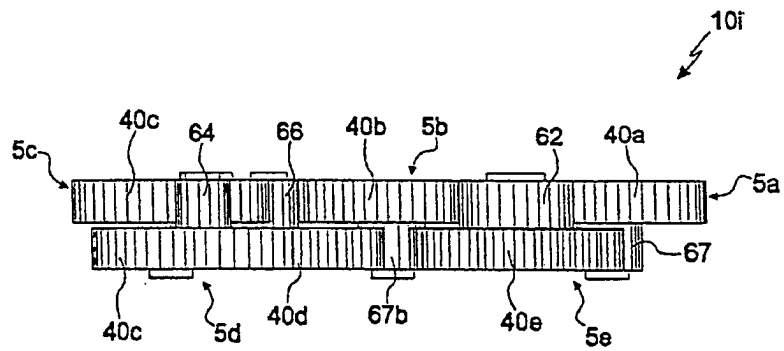


FIG. 12(b)

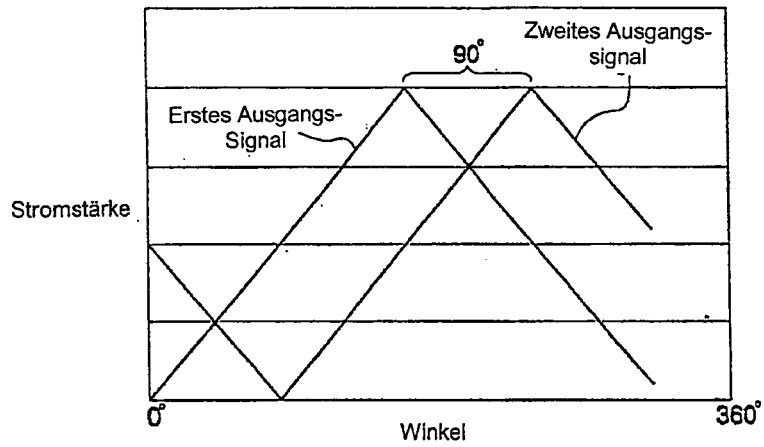


FIG. 16(a)

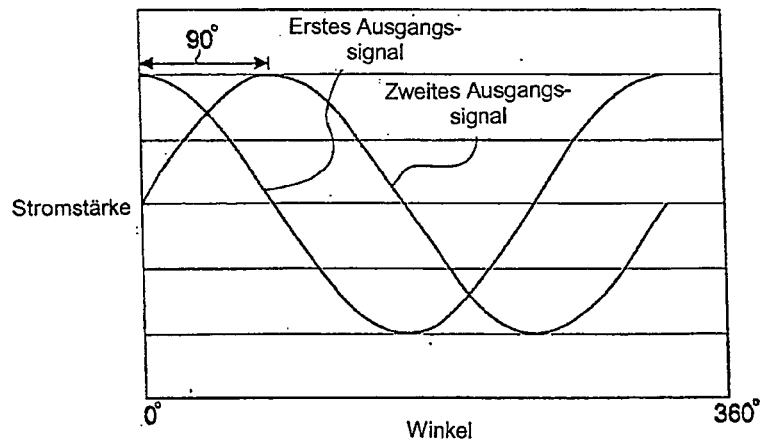


FIG. 16(b)

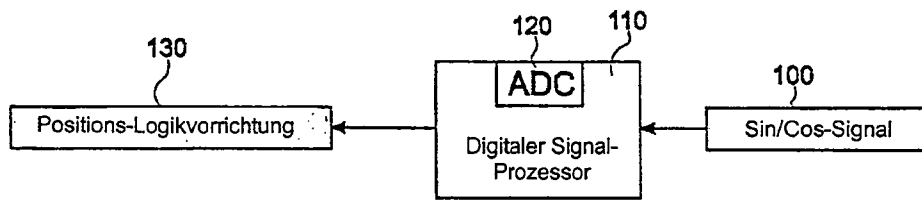


FIG. 17