



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 25 416 B4** 2005.12.22

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 25 416.1**
 (22) Anmeldetag: **05.06.2003**
 (43) Offenlegungstag: **05.01.2005**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **22.12.2005**

(51) Int Cl.7: **G01J 1/42**
G01C 5/00

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Hilti AG, Schaan, LI

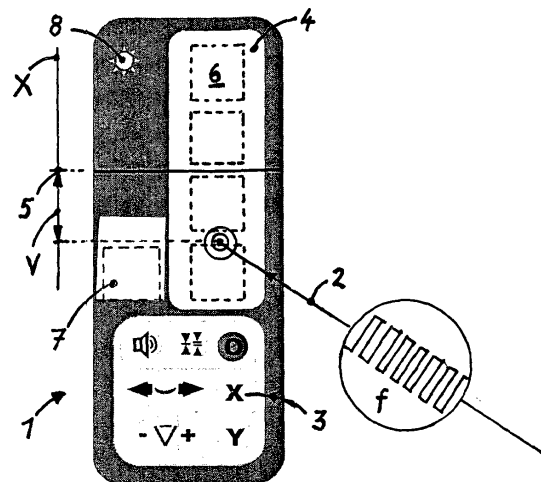
(74) Vertreter:
TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR
Patentanwälte, 81679 München

(72) Erfinder:
Winter, Andreas, Feldkirch, AT; Ammann, Manfred,
Lauterach, AT; Kaneider, Willi, Feldkirch-Tosters,
AT

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 34 46 268 C2
DE 197 34 087 A1
DE 41 07 199 A1
US 38 94 230 A

(54) Bezeichnung: **Strahlfänger**

(57) Hauptanspruch: Strahlfänger für einen, mit einer Modulationsfrequenz (f) in der Amplitude pulsierenden, Lichtstrahl (2) mit einem Photodetektor (4) mit mehreren Photosensoren (6), die zu einem Referenzpunkt (5) örtlich definiert versetzt sind, einer Auswerteschaltung (7) und einem Ausgabemittel (8), wobei zwischen den Photosensoren (6) ein bezüglich der Modulationsfrequenz (f) sensibler Phasenschieber (10) angeordnet ist, welcher zwischen zwei Endpunkten (11) eine Phasenschieberkette (17) ausbildet, deren zumindest zwei frequenzselektive Teilphasenschieber (10') jeweils zwischen zwei Photosensoren (6) angeordnet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezeichnet einen Strahlfänger, insbesondere für einen Laserstrahl eines Positioniergerätes.

[0002] Bei Positionierungstätigkeiten im Baugewerbe werden Positioniergeräte genutzt, die Laserstrahlen zur Markierung aussenden. Insbesondere bei grösseren Entfernungen, schwach reflektierenden Untergründen und hohen Anforderungen an die Positioniergenauigkeit dienen den Positioniergeräten zugeordnete Strahlfänger zum sicheren Finden des Strahls, zur exakten Markierung bzw. definierten Bestimmung einer Positionsabweichung.

[0003] Bei üblichen passiven Strahlfängern dienen optische Hilfsmittel wie Keile, oder Fresnellinsen zur Umsetzung minimaler Lageunterschiede des auftreffenden Laserlichtstrahls in qualitativ unterschiedliche Anzeigen. Bei üblichen aktiven Strahlfängern dient ein, von einer Stromquelle gespeister, Photodetektor zum Empfang des Laserlichtstrahls und eine, mit einer Auswerteschaltung verbundene, Anzeige zur Bestimmung der Versetzung des Lichtstrahls zum Referenzpunkt.

[0004] Nach der US 3,894,230 weist ein aktiver Strahlfänger für einen pulsierenden Lichtstrahl einen

[0005] Photodetektor mit mehreren, längs einer Linie zu einem Referenzpunkt definiert versetzten Photodioden in Form eines impuls gesteuerten Photodiodenarrays, eine Auswerteschaltung und eine numerische Ausgabe der Versetzung des Lichtstrahls zum Referenzpunkt auf. Die an jeder einzelne Photodiode kapazitiv angekoppelte, zugeordnete Halteschaltung reagiert auf Lichtimpulse beliebiger Art, wodurch Fremd- und Streulichter vielfältige Störungen hervorrufen können.

[0006] Zudem bestimmt eine Vorrichtung nach der DE 197 34 087 A1 sowohl bei linearen als auch bei flächenhaften positionssensitiven Detektoren unter Verwendung eines Phaseschiebers auf der Basis der Phasendifferenz die Position des Auftreffpunktes eines amplitudenmodulierten Lichtstrahls.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Realisierung eines störungsunempfindlichen Strahlfängers für einen pulsierenden Lichtstrahl.

[0008] Die Aufgabe wird im Wesentlichen durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0009] Im Wesentlichen weist ein Strahlfänger für einen, mit einer Modulationsfrequenz in der Amplitude pulsierenden, Lichtstrahl einen Photodetektor mit

mehreren Photosensoren, die zu einem Referenzpunkt örtlich definiert versetzt sind, eine Auswerteschaltung und ein Ausgabemittel auf, wobei zwischen den Photosensoren ein bezüglich der Modulationsfrequenz sensibler Phaseschieber angeordnet ist. Dabei ist zwischen zwei Endpunkten des Phaseschiebers eine Phaseschieberkette ausgebildet, deren zumindest zwei frequenzselektive Teilphaseschieber jeweils zwischen zwei Photosensoren angeordnet sind.

[0010] Indem der an zumindest einem Photosensor auftreffende Lichtstrahl durch den zwischen beiden Photosensoren angeordneten frequenzselektiven Phaseschieber einen Maschenstrom bewirkt, verursacht dieser über den Photosensoren anstehende, zueinander phasenverschobene Knotenspannungen mit der Modulationsfrequenz des Lichtstrahls. Diese Knotenspannungen sind phasenselektiv von der Auswerteschaltung auswertbar. Dadurch bilden die örtlich versetzten Photosensoren zusammen mit dem Phaseschieber einen Versetzungsamplituden-Phasen-Konverter aus, welcher vor der Auswerteschaltung angeordnet ist. Durch die Zuordnung der Teilphaseschieber zu den Photosensoren stehen an diesen Teilphaseschiebern jeweils phasenverschobene Knotenspannungen an, die sich bezüglich der Endpunkte der Phaseschieberkette komplex überlagern.

[0011] Vorteilhaft sind die beiden Endpunkte des Phaseschiebers signalübertragend mit je einem Signaleingang der Auswerteschaltung verbunden, die bezüglich der an beiden Eingängen anliegenden, mit der Modulationsfrequenz des Lichtstrahls amplitudenmodulierten, Signale eine Auswertung in Abhängigkeit von der Phasendifferenz vornimmt, wodurch diese sehr störungsunempfindlich ist. Im Ergebnis einer störungssicheren, phasensensiblen Auswertung in der Auswerteschaltung werden nur pulsierende Lichtstrahlen mit der zugeordneten Modulationsfrequenz detektiert und insbesondere störendes Restlicht unterdrückt.

[0012] Vorteilhaft ist zwischen einem Endpunkt, weiter vorteilhaft zwischen beiden Endpunkten, des Phaseschiebers und dem zugeordneten Signaleingang der Auswerteschaltung ein Signalamplitudenverstärker angeordnet, wodurch die Empfindlichkeit des Photodetektors erhöhbar ist.

[0013] Vorteilhaft ist der Signalamplitudenverstärker frequenzselektiv für die Modulationsfrequenz des Lichtstrahls, wodurch der Störabstand des Photodetektors erhöht sowie dieser nur für eine spezielle, vorgegebene Modulationsfrequenz des Lichtstrahls sensibel ist. Somit ist der Photodetektor störungssicher bezüglich Lichtstrahlen abweichender Modulationsfrequenz.

[0014] Vorteilhaft besteht der Phasenschieber aus einem Netzwerk mit Kapazitäten und weiter vorteilhaft mit Induktivitäten, wodurch eine hohe Frequenzselektivität des Phasenschiebers mit wenigen passiven Komponenten erzielbar ist.

[0015] Vorteilhaft sind für eine gegebene Modulationsfrequenz f , weiter vorteilhaft zwischen 100 kHz und 10 MHz, die Kapazitäten C und die Induktivitäten L entsprechend $LC = (2\pi f)^2$ dimensioniert, wodurch eine maximale Phasenverschiebung erfolgt, wenn die Modulationsfrequenz der Resonanzfrequenz des Phasenschiebers entspricht.

[0016] Vorteilhaft sind die Kapazitäten des Phasenschiebers mit einem Bezugspotential verbunden, mit dem die Photosensoren verbunden sind, wodurch zwischen den einzelnen Photosensoren und dem Phasenschieber bezüglich des Bezugspotentials eine einfache unsymmetrische Signalübertragung erfolgt.

[0017] Vorteilhaft sind die beiden Endpunkte des Phasenschiebers mit einer Stromquelle verbunden, weiter vorteilhaft über je einen Widerstand, wodurch die Photosensoren von einem nahezu konstanten Strom durchflossen werden und somit an diesen eine von der Amplitude des auftreffenden Lichtstrahls abhängige Knotenspannung ansteht, die mit der Modulationsfrequenz des Lichtstrahls amplitudenmoduliert ist. Die Phasendifferenz zweier Knotenspannungen ist ein Mass für das Intensitätsverhältnis der an versetzten Orten des aktiven Photodetektors auftreffenden Lichtstrahlen.

[0018] Vorteilhaft sind zumindest drei, weiter vorteilhaft fünf, Photosensoren als Photosensorzeile zueinander örtlich äquidistant längs einer Linie versetzt, wodurch bezüglich deren Position in der Versetzung/Phasen-Kennlinie eine einfache Funktionalität vorliegt, näherungsweise eine weitgehend linearisierte Funktionalität.

[0019] Vorteilhaft ist zwischen je zwei Photosensoren der Photosensorzeile jeweils ein Phasenschieber der Phasenschieberkette angeordnet, wodurch bezüglich deren Positionen in der Photosensorzeile in der Versetzung/Phasen-Kennlinie eine weitgehend linearisierte Funktionalität vorliegt, welche weiter vorteilhaft zur Ablagemessung verwendet wird.

[0020] Alternativ vorteilhaft sind zumindest zwei, äquidistant längs einer Linie versetzte, Photosensoren zueinander parallel als Photosensorgruppe verschaltet, wodurch sich deren Zweigströme gleichphasig addieren, wodurch bezüglich deren Position in der Versetzung/Phasen-Kennlinie eine lokal verringerte Abhängigkeit vorliegt.

[0021] Vorteilhaft sind genau zwei, um den Referenzpunkt benachbart versetzte, Photosensorgruppen mit je einem Endpunkt des Phasenschiebers verbunden, wodurch bezüglich des Referenzpunktes in der Versetzung/Phasen-Kennlinie eine lokal erhöhte Abhängigkeit vorliegt, welche weiter vorteilhaft zur Nullpunktdetektion verwendet wird.

[0022] Vorteilhaft sind die mehreren Photosensoren über einen Mehrpolschalter bezüglich des Phasenschiebers sowohl als Photosensorzeile als auch als Photosensorgruppe schaltbar, wodurch die Versetzung/Phasen-Kennlinie entsprechend des Verwendungszwecks auswählbar ist.

[0023] Vorteilhaft ist den Photosensoren lichteingangsseitig ein längs der Linie wirksamer Lichtdiffusor zugeordnet, der weiter vorteilhaft eine sich längs der Linie erstreckende Halbwertsbreite aufweist, innerhalb dessen die längs der Linie integrierte, diffus gestreute Intensität gerade die Hälfte der Intensität eines senkrecht auf den Lichtdiffusor auftreffenden, gebündelten Lichtstrahls beträgt, die zwischen der Hälfte und dem Doppelten des Abstands der diskret beabstandeten Photosensoren liegt, wodurch eine von diskret beabstandeten Photosensoren resultierende Restwelligkeit der Versetzung/Phasen-Kennlinie vermindert wird. Somit ist mit wenigen, diskreten Photosensoren ein grosser, längs der Linie wirksamer, Detektionsbereich im Wesentlichen linear detektierbar.

[0024] Die Erfindung wird bezüglich eines vorteilhaften Ausführungsbeispiels näher erläutert mit:

[0025] [Fig. 1](#) als Strahlfänger

[0026] [Fig. 2](#) als Prinzipschaltbild

[0027] [Fig. 3](#) als Einzelheit

[0028] [Fig. 4](#) als Variante der Einzelheit

[0029] [Fig. 5](#) als Variante der Einzelheit

[0030] [Fig. 6](#) als Versetzung/Phasen-Kennlinie

[0031] Nach [Fig. 1](#) weist ein handhabbarer Strahlfänger **1** für einen, mit einer Modulationsfrequenz f in der Amplitude pulsierenden, punktuell auftreffenden Lichtstrahl **2** ein Eingabemittel **3** in Form einer Tastatur, einen Photodetektor **4** mit vier, zu einem Referenzpunkt **5** längs einer Linie X örtlich versetzten, Photosensoren **6** in Form einer Photosensorzeile **22**, eine Auswerteschaltung **7** und ein Ausgabemittel **8** in Form einer abhängig von einer Versetzung V des auftreffenden Lichtstrahls **2** zum Referenzpunkt **5** gesteuert blinkenden Leuchtdiode auf.

[0032] Bei dem Prinzipschaltbild des Strahlfänger **1** ist nach [Fig. 2](#) den längs der Linie X äquidistant im Abstand A örtlich definiert versetzten Photosensoren **6** lichteingangsseitig ein Lichtdiffusor **18** zugeordnet,

der eine sich längs der Linie X erstreckende Halbwertsbreite B aufweist, die dem Abstand A der diskret beabstandeten Photosensoren 6 entspricht. Der Photodetektor 4 mit vier Photosensoren 6 ist speziell als Versetzungsamplituden-Phasen-Konverter 9 ausgebildet, indem zwischen zwei Photosensoren 6 ein bezüglich der Modulationsfrequenz f sensibler Phasenschieber 10 angeordnet ist. Die an den beiden Endpunkten 11 anstehenden Signale gleicher Modulationsfrequenz f sind komplex überlagerbar. Die dabei entstehende Phasendifferenz $\Delta\phi$ ist ein Mass für das Intensitätsverhältnis der an versetzten Orten längs der Linie X des Photodetektors 4 auftreffenden Lichtstrahlen 2. Die beiden Endpunkte 11 des Phasenschiebers 10 sind jeweils über einen, für die Modulationsfrequenz f frequenzselektiven, amplitudenbegrenzenden Signalamplitudenverstärker 12 mit je einem Signaleingang 13 der Auswerteschaltung 7 verbunden. Diese nimmt bezüglich der an beiden Signaleingängen 13 anliegenden, mit der Modulationsfrequenz f des Lichtstrahls 2 amplitudenmodulierten, Signale mit einem integrierten Phasendiskriminator eine Auswertung in Abhängigkeit von der Phasendifferenz $\Delta\phi$ vor und steuert das Ausgabemittel 8 mit einer Schwebung an, deren Schwebungsnulldem Auftreffen des Lichtstrahls 2 auf dem Referenzpunkt 5 entspricht.

[0032] Bei dem Versetzungsamplituden-Phasen-Konverter 9 nach Fig. 3 besteht der Phasenschieber 10 aus einem Netzwerk mit Kapazitäten C und mit Induktivitäten L, die entsprechend der Resonanzbedingung $LC = (2\pi f)^2$ für eine gegebene Modulationsfrequenz f von 1 MHz mit $C = 4,7 \text{ pF}$ und $L = 10 \text{ }\mu\text{H}$ dimensioniert sind, wodurch für die Phasenlaufzeit etwa gilt: $T^2 = LC$. In dem topologisch kammförmigen Netzwerk sind die Kapazitäten C des Phasenschiebers 10 mit einem Bezugspotential 14 verbunden, mit dem auch die Photosensoren 6 in Form von in Sperrichtung orientierten Photodioden verbunden sind. Die beiden Endpunkte 11 des Phasenschiebers 10 sind über je einen Widerstand 15 mit einer Stromquelle 16 in Form einer nicht dargestellten Batterie mit dem Potential V_{cc} verbunden, wobei der Widerstandswert dem Wellenwiderstand des Phasenschiebers nach $Z^2 = L/C$ entspricht. Über den Photosensoren 6 steht eine von der Intensität des auftreffenden Lichtstrahls 2 abhängige Knotenspannung u an, die mit der Modulationsfrequenz f des Lichtstrahls 2 amplitudenmoduliert ist. Zwischen den beiden Endpunkten 11 des Phasenschiebers 10 ist eine Phasenschieberkette 17 ausgebildet, deren drei frequenzselektive Teilphasenschieber 10' jeweils zwischen zwei Photosensoren 6 angeordnet sind, die längs der Linie X als Photosensorzeile 22 äquidistant beabstandet angeordnet sind.

[0033] Nach dem alternativen Versetzungsamplituden-Phasen-Konverter 9 nach Fig. 4 bilden mehrere parallel verschaltene Photosensoren 6 eine Photo-

sensorgruppe 19 aus. Über einen nur angedeuteten Mehrpolschalter 20 in Form eines elektronisch steuerbaren Analogschalters sind bezüglich des Phasenschiebers 10 die einzelnen Photosensoren 6 wie dargestellt sowohl mit je vier Photodioden 6 als genau zwei Photosensorgruppen 19, die um den Referenzpunkt 5 benachbart versetzt sind, als auch entsprechend der Topologie nach Fig. 3. als Photosensorzeile 22 schaltbar.

[0034] Sei einem derartigen Versetzungsamplituden-Phasen-Konverter ist nach Fig. 5 die Versetzung/Phasen-Kennlinie 21 am Referenzpunkt 5 lokal am steilsten ausgebildet. Somit bewirkt eine kleine Versetzung V vom Referenzpunkt 5 eine grosse Änderung der Phasendifferenz $\Delta\phi$.

Patentansprüche

1. Strahlfänger für einen, mit einer Modulationsfrequenz (f) in der Amplitude pulsierenden, Lichtstrahl (2) mit einem Photodetektor (4) mit mehreren Photosensoren (6), die zu einem Referenzpunkt (5) örtlich definiert versetzt sind, einer Auswerteschaltung (7) und einem Ausgabemittel (8), wobei zwischen den Photosensoren (6) ein bezüglich der Modulationsfrequenz (f) sensibler Phasenschieber (10) angeordnet ist, welcher zwischen zwei Endpunkten (11) eine Phasenschieberkette (17) ausbildet, deren zumindest zwei frequenzselektive Teilphasenschieber (10') jeweils zwischen zwei Photosensoren (6) angeordnet sind.

2. Strahlfänger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Endpunkte (11) des Phasenschiebers (10) signalübertragend mit je einem Signaleingang (13) der Auswerteschaltung (7) verbunden sind, welche zu einer Auswertung in Abhängigkeit von der Phasendifferenz ($\Delta\phi$) der an beiden Signaleingängen (13) anliegenden, mit der Modulationsfrequenz (f) des Lichtstrahls (2) amplitudenmodulierten, Signale geeignet ausgeführt ist.

3. Strahlfänger nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen einem Endpunkt (11), optional zwischen beiden Endpunkten (11), des Phasenschiebers (10) und dem zugeordneten Signaleingang (13) der Auswerteschaltung (7) ein Signalamplitudenverstärker (12) angeordnet ist.

4. Strahlfänger nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Signalamplitudenverstärker (12) frequenzselektiv für die Modulationsfrequenz (f) des Lichtstrahls (2) ausgebildet ist.

5. Strahlfänger nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Phasenschieber (10) aus einem Netzwerk mit Kapazitäten (C), und optional mit Induktivitäten (L) besteht.

6. Strahlfänger nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass für eine gegebene Modulationsfrequenz f die Kapazitäten C und die Induktivitäten L entsprechend der Formel $LC = (2 \pi f)^2$ dimensioniert sind.

7. Strahlfänger nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kapazitäten (C) des Phasenschiebers (10) mit einem Bezugspotential (14) verbunden sind, mit dem die Photosensoren (6) verbunden sind.

8. Strahlfänger nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Endpunkte (11) des Phasenschiebers (10), optional über je einen Widerstand (15), mit einer Stromquelle (16) verbunden sind.

9. Strahlfänger nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest drei Photosensoren (6) als Photosensorzeile (22) zueinander örtlich äquidistant längs einer Linie (X) versetzt sind.

10. Strahlfänger nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen je zwei Photosensoren (6) der Photosensorzeile (22) jeweils ein Teilphasenschieber (10') der Phasenschieberkette (17) angeordnet ist.

11. Strahlfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei, äquidistant längs einer Linie (X) versetzte, Photosensoren (6) zueinander parallel als Photosensorgruppe (19) verschalten sind.

12. Strahlfänger nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass genau zwei, um den Referenzpunkt (5) benachbart versetzte, Photosensorgruppen (19) mit je einem Endpunkt (11) des Phasenschiebers (10) verbunden sind.

13. Strahlfänger nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen mehreren Photosensoren (6) und dem Phasenschieber (10) ein Mehrpolschalter (20) angeordnet ist, über den bezüglich des Phasenschiebers (10) die mehreren Photosensoren (6) sowohl als Photosensorzeile (22) als auch als Photosensorgruppe (19) schaltbar sind.

14. Strahlfänger nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass den Photosensoren (6) lichteingangsseitig ein längs der Linie (X) wirkamer Lichtdiffusor (18) zugeordnet ist, der optional eine sich längs der Linie (X) erstreckende Halbwertsbreite (B) aufweist, die zwischen der Hälfte und dem Doppelten des Abstands (A) der diskret beabstandeten Photosensoren (6) liegt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

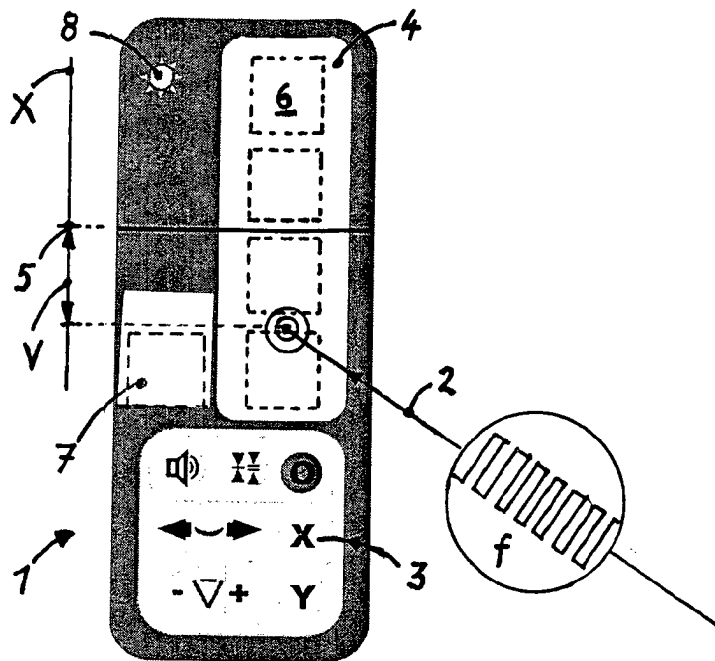


Fig. 2

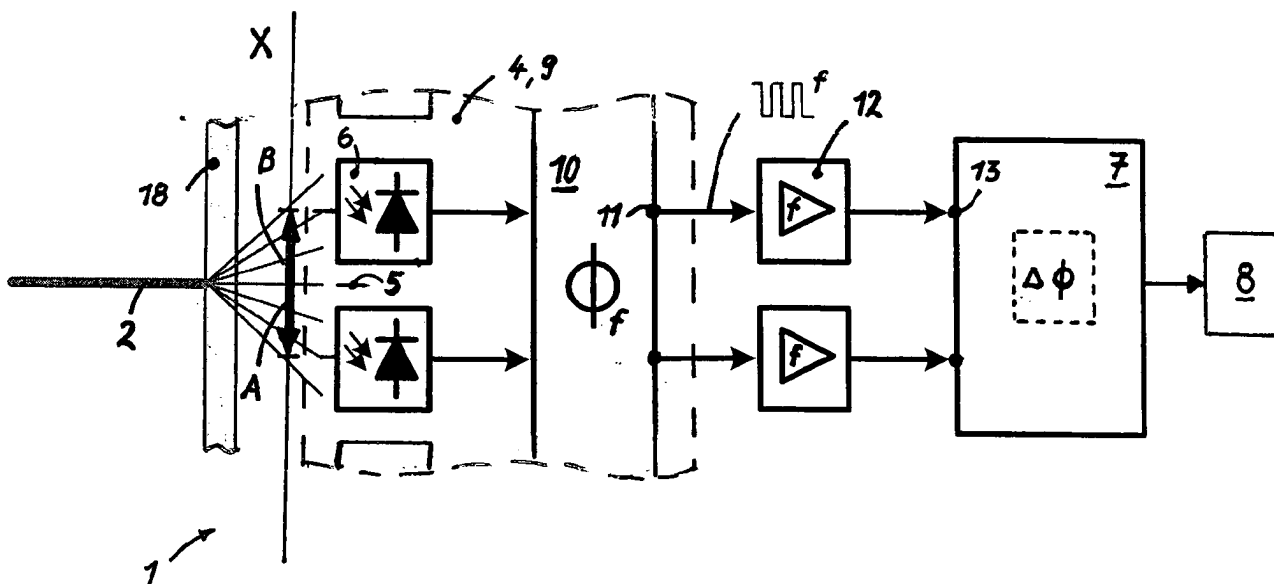


Fig. 3

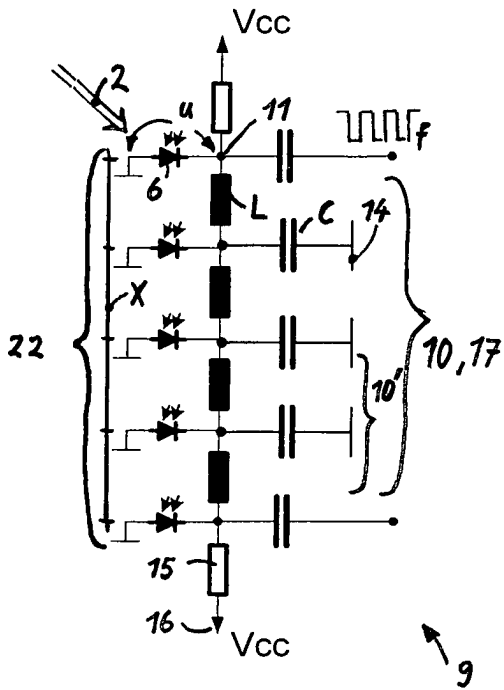


Fig. 4

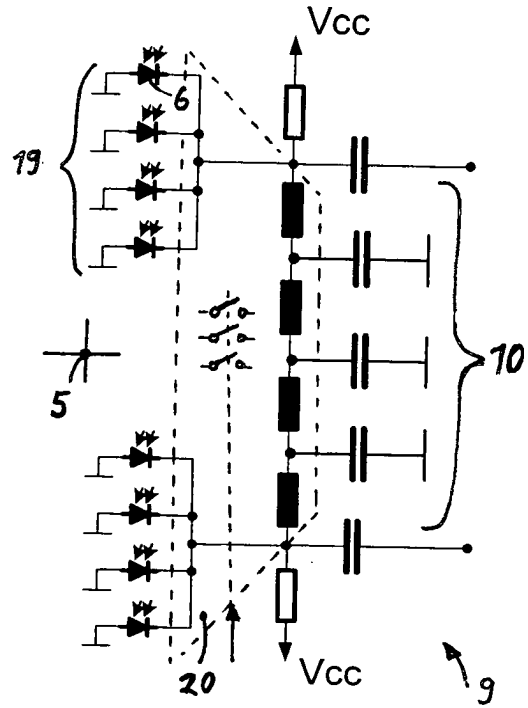


Fig. 5

