

CH 677 403 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ **CH 677 403 A5**

⑤① Int. Cl.⁵: **G 01 C 9/06**
G 01 C 9/20

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 2350/88

㉒ Anmeldungsdatum: 17.06.1988

㉔ Patent erteilt: 15.05.1991

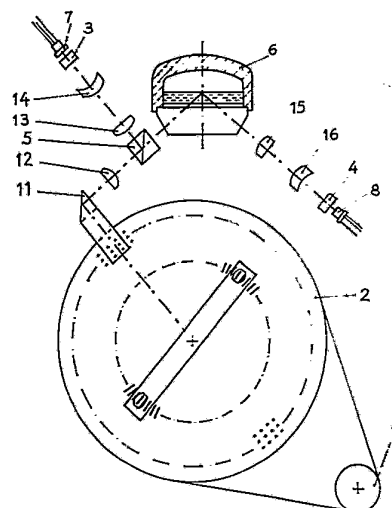
④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.05.1991

⑦③ Inhaber:
Wild Leitz AG, Heerbrugg

⑦② Erfinder:
Piske, Wilfried, Heerbrugg
Göldi, Markus, Heerbrugg
Burkhard, Klaus, Heerbrugg

⑤④ **Zweiachsiger Neigungsmesser.**

⑤⑦ Der Neigungsmesser dient zum Messen von Neigungen oder Neigungsänderungen in zwei zueinander senkrechten Richtungen. Er besteht aus einem rotierenden Teilkreis mit periodisch darauf angebrachten Marken einer bestimmten Transparenz, einer Abbildungsoptik zur Abbildung der Marken auf Abtastblenden, einem in zwei zueinander senkrechten Richtungen neigungsempfindlichen und strahlableitenden Sensor, sowie den Abtastblenden zugeordnete fotoelektrische Empfänger mit Einrichtungen zur Signalauswertung. Dabei sind die Abtastblenden (3, 4) den Marken auf dem Teilkreis im mathematischen Sinn ähnlich und von komplementärem Transparenzverhalten. Die Abbildungsoptik enthält einen Strahlteiler (5) zur Aufspaltung in einen Referenz- und einen Messkanal. Der neigungsempfindliche Sensor (6) liegt im Messkanal. In jedem dieser Kanäle befindet sich eine Abtastblende (3, 4) mit zugeordnetem fotoelektrischen Empfänger (7, 8). Nachgeschaltete Einrichtungen nehmen Phasenvergleiche zwischen Referenz- und Messkanal an den ansteigenden und abfallenden Signalfanken vor.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen zweiachsigen Neigungsmesser, gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

An Messinstrumenten, bei denen ein Drehwinkel erfasst werden muss, sind u.a. Winkelencoder bekannt, die nach dem Phasennessprinzip arbeiten. Ein solcher Encoder besitzt z.B. einen Stator und einen Rotor mit je einer Lichtschranke oder je einem Paar diametral gegenüberliegender Lichtschranken, zur Abtastung getrennter Codespuren auf einem rotierenden Kreis. Die Codespuren bestehen aus aufeinanderfolgenden Hell-Dunkel-Feldern. Beide Lichtschranken bzw. -Paare erzeugen dabei Signalfolgen gleicher Frequenz, wobei die Frequenz von der Drehzahl des Kreises und der Rasterkonstante der Codespur abhängt. Je nach dem Winkel, den Stator und Rotor einschliessen, weisen beide Signalfolgen eine Phasenverschiebung auf, die gemessen und ausgewertet wird. Zusätzlich wird festgestellt, wie viele vollständige Code-Perioden in dem zu messenden Winkel enthalten sind. Dazu können die Codespuren besondere Markierungen aufweisen, die beim Durchgang durch die Lichtschranken Signalformen erzeugen, die von den anderen abweichen und welche als Start- bzw. Stop-Signal für eine Zählschaltung dienen. Die Start-/Stop-Impulse können aber auch von zusätzlichen Lichtschranken gewonnen werden, welche Markierungen abtasten, die auf anderen Radien liegen als die Codespuren.

Werden die Phasendifferenzen über den ganzen Kreis summiert, so wird das Ergebnis unabhängig von eventuellen Ungenauigkeiten der Teilung. Dies ist der grosse Vorteil dieser Klasse von Winkel-Encodern. Encoder dieser Art werden deshalb u.a. bei Theodoliten hoher Genauigkeit eingesetzt.

Die korrekte Messung des Horizontal-Winkels (Hz) und Vertikal-Winkels (V) mit einem Theodoliten setzt voraus, dass entweder die Stehachse desselben genau lotrecht eingestellt wird, oder aber, dass der Einfluss einer eventuellen Abweichung der Stehachse vom Lot durch besondere Einrichtungen, z.B. einen Kompensator, eliminiert wird. Üblicherweise werden hierzu die Komponenten der Stehachsenneigung in Fernrohrrichtung (L) und quer dazu (Q) gemessen und die entsprechenden Korrekturen des V-Winkels und des Hz-Winkels berechnet.

Dazu ist es bekannt, ein System in den Theodoliten zu integrieren, das beide Neigungskomponenten misst und einem internen Rechner zuführt, welcher die Berechnung vornimmt. Nachteilig an den bisher bekannten Lösungen ist, dass sie mit einem erheblichen Aufwand verbunden sind.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, solche Systeme zur Neigungskompensation dahingehend weiter zu entwickeln, dass ihre Herstellung ökonomisch tragbar ist, wobei sie eine dem Instrument angepasste Genauigkeitsklasse erfüllen und wenig stör anfällig sein sollen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch eine Einrichtung erreicht, welche die im Patentanspruch 1 definierten Merkmale aufweist.

Der Vorteil dieser Lösung liegt in dem besonders geringen Aufwand an Bauteilen für eine zweikanalige Messsignal-Gewinnung und -Verarbeitung. Das gewählte Codier-Prinzip erlaubt in der beschriebenen Anwendung eine besonders sichere Signalverarbeitung bei hoher Repetiergenauigkeit, so dass trotz des bescheidenen Bauaufwandes eine sehr hohe Messgenauigkeit eingehalten werden kann.

Die Erfindung wird im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele mit Hilfe der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 die Prinzipdarstellung eines in einen Theodoliten integrierten Winkel-Encoder-Systems,

Fig. 2 einen Teilkreis mit Codespuren

Fig. 3 das Beispiel eines Code-Muster auf der im Strahlengang gemäss Fig. 1 liegenden Blende, mit überlagertem Bild der Codeträgerscheibe, in Normalposition,

Fig. 4 das auf die Blende abgebildete Codemuster bei einer Längsneigung des Instruments,

Fig. 5 das auf die Blende abgebildete Codemuster bei einer Querneigung des Instruments,

Fig. 6 das auf die Blende abgebildete Codemuster bei einer kombinierten Längs- und Querneigung des Instruments,

Fig. 7 A-E Signalverläufe an der Auswerteinrichtung für die verschiedenen Fälle nach den Fig. 4 bis 6.

Das Prinzip der Erfindung liegt im wesentlichen in der Erkenntnis, dass bei zweckmässiger Form und geeigneter Abstimmung zwischen den Codemustern auf den bewegten Codeträgern im Rotor- bzw. Statorteil des Messinstrumentes einerseits und den Codemustern auf Blenden im Abtast-Strahlengang andererseits eine einfache Auswertung der so gewonnenen Abtastsignale möglich ist. Der zeitliche Versatz, also die Phasenverschiebung der ansteigenden und der abfallenden Flanke des kombinierten Abtastsignals, enthält die gewünschten Informationen über die Längsneigung L bzw. über die Querneigung Q des Instruments.

In dem Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 1 sind als Bestandteile eines Theodoliten ein Motor 1 und ein von diesem angetriebener transparenter Teilkreis 2 vorgesehen. Auf dem Teilkreis befindet sich eine äussere Codespur A, wie dies im einzelnen aus Fig. 2 hervorgeht. Die Codespur ist im gezeigten Beispiel aus in Drehrichtung äquidistanten dunklen Dreiecksfiguren zusammengesetzt.

Die Codespur A wird einerseits über eine Optik 11, 12, 5, 13 und 14 auf eine Blende 3 in einem Referenzkanal abgebildet. Von einem im Strahlengang liegenden Strahlenteiler 5 wird andererseits ein Teil der Strahlen in einen Messkanal geleitet, in welchem die Codespur A zunächst über einen Flüssigkeitshorizont 6 und danach wiederum über optische Glieder 15, 16 auf eine Blende 4 abgebildet wird. Den Blenden 3 bzw. 4 sind Empfangsdioden 7 bzw. 8 nachgeordnet.

Die Blenden bestehen aus ähnlichen, aber kleineren Dreiecksmarken B als das auf ihnen abgebildete Bild der Codespur A. Im Gegensatz zur Code-

spur A sind die Dreiecksmarken B als Fenster in einem dunklen Umfeld ausgebildet. Fig. 3 zeigt die Blende 4 mit den transparenten Marken B. Ferner werden die dunklen Marken A auf der Blende abgebildet.

Wird der Theodolit geneigt, bewirkt die Spiegelung des Messstrahlenganges am Flüssigkeitshorizont 6 eine Verschiebung der Bildlage der Marken A auf der Blende 4. Je nach Richtung der Neigung erfolgt die Verschiebung in Längsneigung L und/oder in Querneigung Q. Unbeeinflusst von der Instrumentenneigung bleibt dagegen die Lage des Bildes der Marken A auf der Referenzkanal-Blende 3. Die den Blenden 3 bzw. 4 nachgeordneten Empfangsdioden 7 und 8 liefern daher Messsignale, deren Phasenlage zueinander ein Mass für die Instrumentenneigung ist.

Anhand der Fig. 3 bis 6 sind die verschiedenen möglichen Fälle bei Neigungen des Instrumentes dargestellt. Fig. 3 zeigt ein Bild auf der Referenzkanalblende 3. Dieses Bild ist identisch mit dem Bild, das zum gleichen Zeitpunkt auf der Messkanalblende entsteht, wenn weder eine Längsneigung L noch eine Querneigung Q angenommen ist.

Die Fig. 4 bis 6 zeigen weitere Bilder auf der Messkanalblende. Dabei gelten folgende Annahmen: Fig. 4 zeigt die Verhältnisse bei einer Längsneigung des Instruments, Fig. 5 bei einer Querneigung, und Fig. 6 bei einer kombinierten Längs- und Querneigung des Instruments.

In entsprechender Folge ist in Fig. 7 der Signalverlauf dargestellt: In Zeile A das Referenzsignal, also der Ausgang der Empfangsdiode 7; in Zeile B das Messsignal an der zweiten Empfangsdiode 8, wenn keine Längsneigung und keine Querneigung vorhanden sind; Zeile C das Signal der Diode 8, wenn nur Längsneigung vorhanden ist; Zeile D das Signal der Diode 8 bei Querneigung; Zeile E schliesslich das Signal der Diode 8 bei kombinierter Längs- und Querneigung.

Bei Auftreten einer Längsneigung verschieben sich gemäss Fig. 7 C sowohl die ansteigende wie auch die abfallende Signalfanke um den gleichen Betrag t_L . Tritt nur Querneigung auf, verschiebt sich nur die ansteigende Flanke des Messsignals um t_Q . Bei Vorliegen einer kombinierten Längs- und Querneigung verschiebt sich die ansteigende Flanke um t_{L+Q} und die abfallende Flanke um t_L . Somit enthält das Messsignal sowohl eine Information über die Längs- als auch über die Querneigung. Aus beiden Werten kann durch einfache automatisch verlaufende Rechenoperationen sowohl die Längsneigung L als auch die Querneigung Q bestimmt werden.

Als Auswerteschaltung genügt es deshalb, für jede Empfängerdiode 7 bzw. 8 eine einzige Analogschaltung zur Verstärkung und Triggerung der Signale vorzusehen. Es können also beide Phasendifferenzen t_L und t_{L+Q} simultan mit nur je einem Empfänger für Referenz- und Messsignal detektiert werden.

Erst nach Durchlaufen der gemeinsamen Analogschaltung werden die beiden Flankensignale getrennten Zählschaltungen zugeführt, welche die bei-

den Phasendifferenzen ermitteln. Die Ergebnisse werden in einem Rechner weiterverarbeitet. Der Rechenalgorithmus berücksichtigt dabei Parameter wie z.B. die Form des Codemusters, Geometrie und Vergrösserung der Abbildungsoptik, Umrechnungsfaktoren usw., so dass schliesslich Längs- und Querneigung in der gewünschten Dimension zur Verfügung stehen.

Durch diese Art der Signalverarbeitung und Berechnung wird der erforderliche Aufwand auf ein Minimum begrenzt. Doppelt ausgeführt sind nur die relativ preiswerten Zählschaltungen, während Analogschaltungen sowie Rechner nur einfach eingesetzt werden müssen. Auch der optische Bauaufwand ist minimal, da sowohl die L- wie auch die Q-Information durch denselben Strahlengang übertragen wird.

Anstelle der als Beispiel erwähnten Dreieckfiguren können auch andere geometrische Muster auf dem Teilerkreis und mathematisch ähnliche Muster auf den Blenden 3 und 4 verwendet werden, deren kombinierte Phasenverschiebungssignale sich nach dem beschriebenen Verfahren auswerten lassen.

Patentansprüche

1. Neigungsmesser zum Messen von Neigungen oder Neigungsänderungen in zwei zueinander senkrechten Richtungen, bestehend aus einem rotierenden Teilkreis mit periodisch darauf angebrachten Marken einer bestimmten Transparenz, einer Abbildungsoptik zur Abbildung der Marken auf Abtastblenden, einem in zwei zueinander senkrechten Richtungen neigungsempfindlichen und strahlableitenden Sensor, sowie den Abtastblenden zugeordnete fotoelektrische Empfänger mit Einrichtungen zur Signalauswertung, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtastblenden (3, 4) den Marken auf dem Teilkreis im mathematischen Sinn ähnlich und von komplementärem Transparenzverhalten sind, dass die Abbildungsoptik einen Strahlteiler (5) zur Aufspaltung in einen Referenz- und einen Messkanal aufweist, wobei der neigungsempfindliche Sensor (6) im Messkanal liegt, dass in jedem dieser Kanäle eine Abtastblende (3, 4) mit zugeordneten, fotoelektrischen Empfänger (7, 8) vorgesehen ist und dass die nachgeschalteten Einrichtungen zur Signalauswertung mit Mitteln zum Phasenvergleich zwischen Referenz- und Messkanal an den ansteigenden und abfallenden Signalfanken versehen sind.

2. Neigungsmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Marken auf dem Teilkreis (2) als lichtundurchlässige Dreiecke auf transparentem Teilkreis und die Blenden (3, 4) als transparente Dreiecke ausgebildet sind, welche kleiner sind als das auf der Blende entstehende Bild der Teilkreis-Marke.

3. Neigungsmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen zur Signalauswertung zur Messung der Phasenverschiebung zwischen den abfallenden Signalfanken und zur direkten Ableitung der Längsneigung (L) sowie zur Messung der Phasenverschiebung zwischen den ansteigenden Signalfanken und zur Ableitung der

Summe aus Längs- und Querneigung (L+Q) ausgebildet sind und dass in einem nachgeordneten Rechner die Querneigung (Q) nach einem vorgegebenen Algorithmus berechnet wird.

4. Neigungsmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Signalfanke des Referenzsignals, die zur Gewinnung der Längsneigungsinformation dient, zusätzlich zur Ermittlung des Vertikalwinkels benutzt wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

4

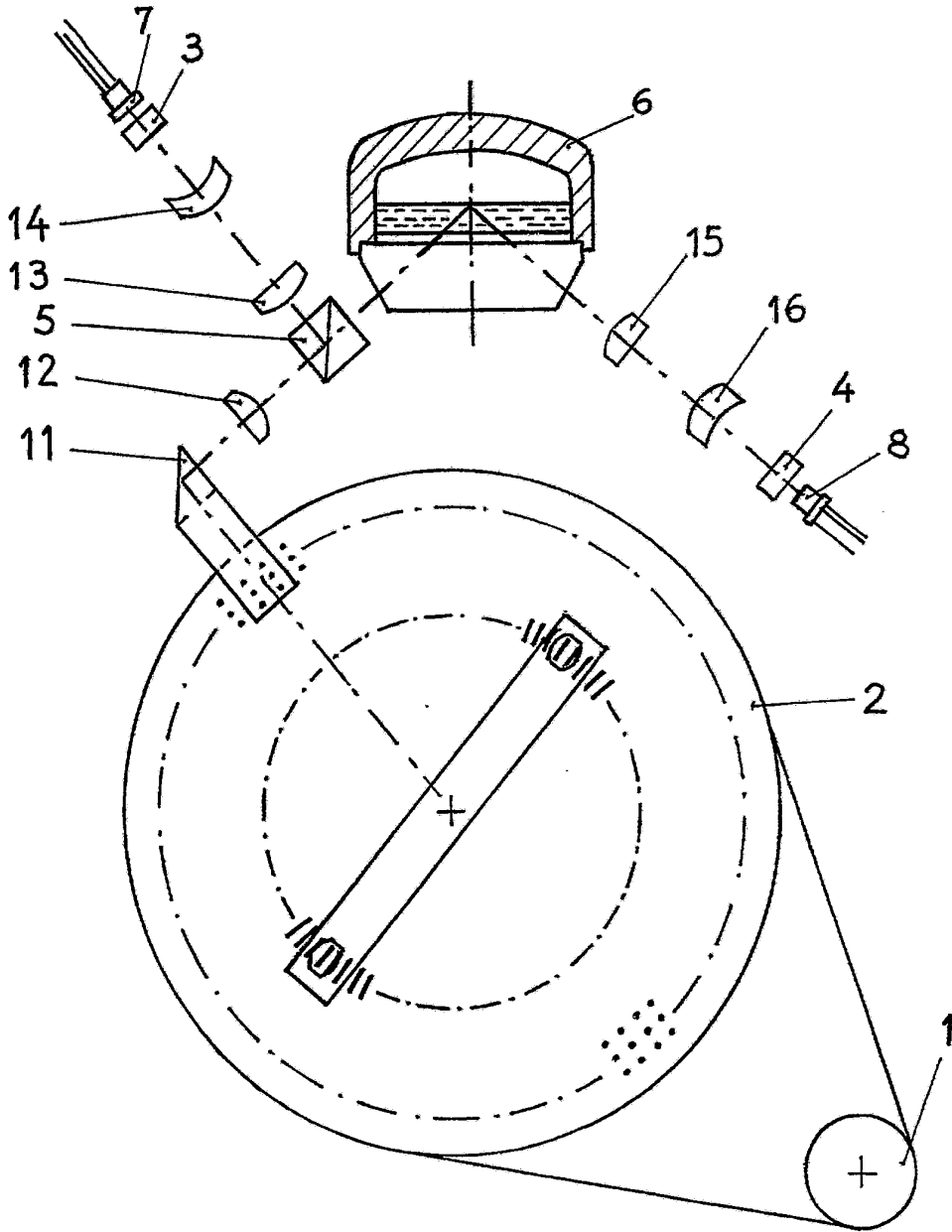


Fig.1

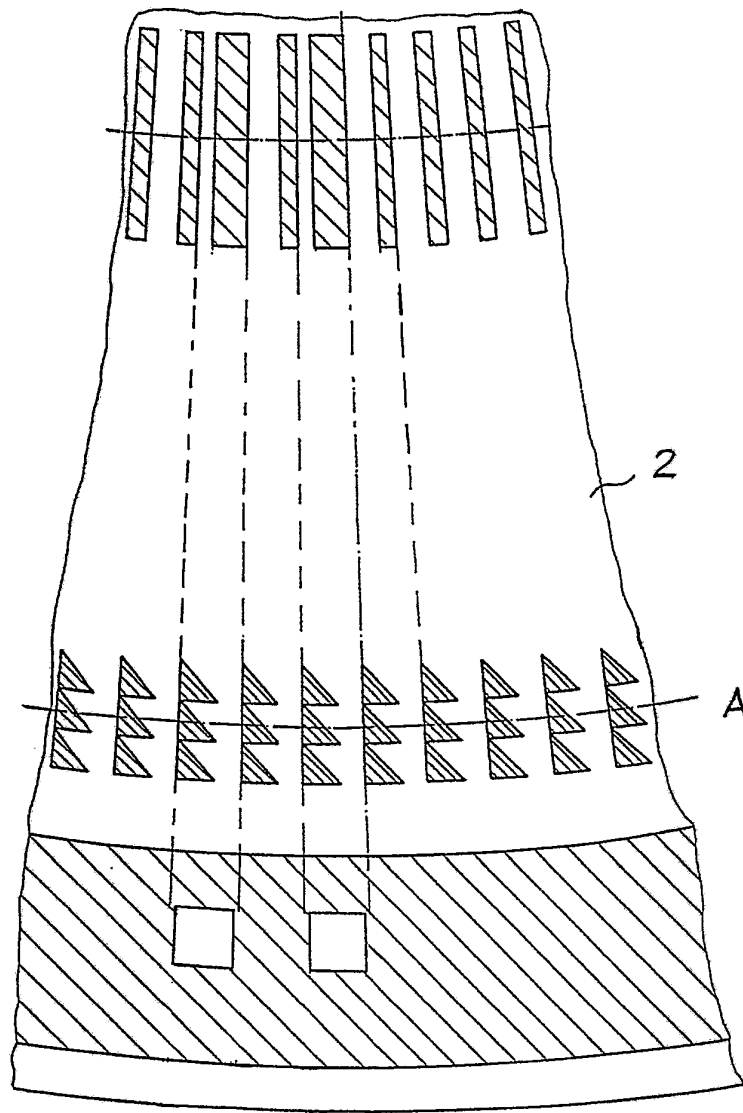


Fig. 2

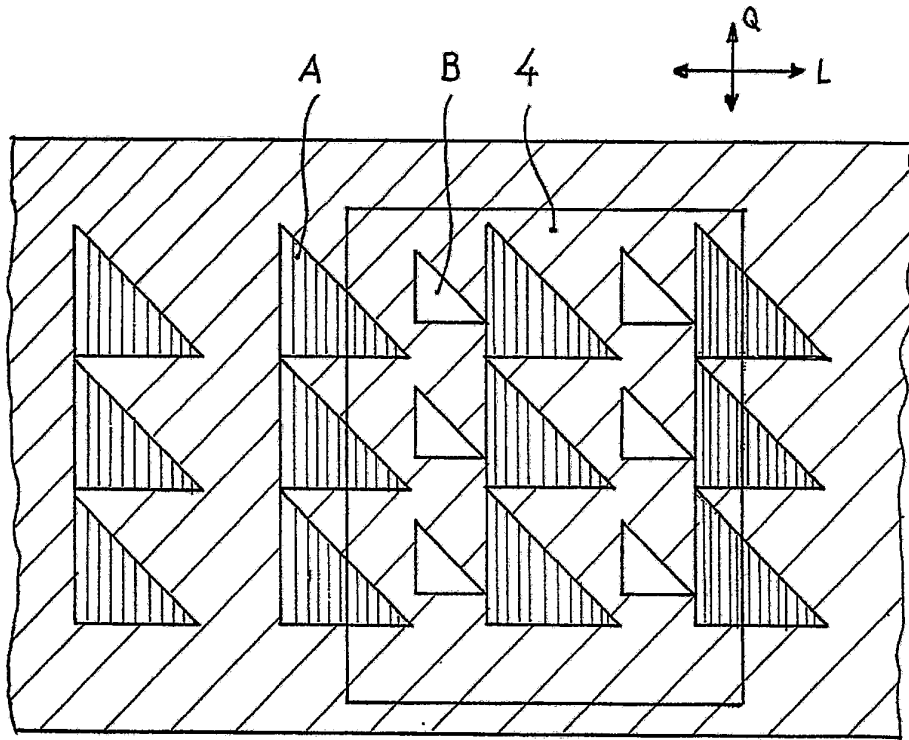


Fig. 3

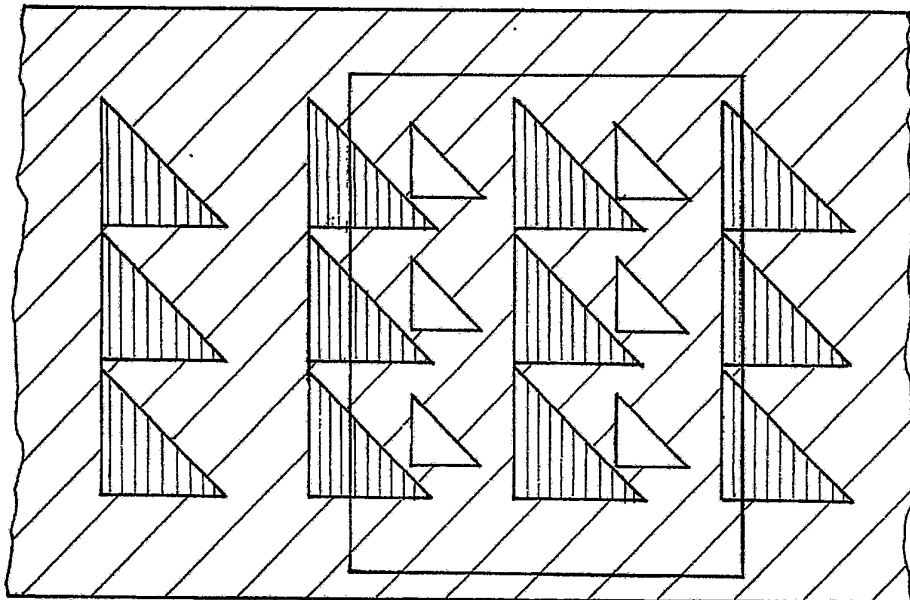


Fig. 4

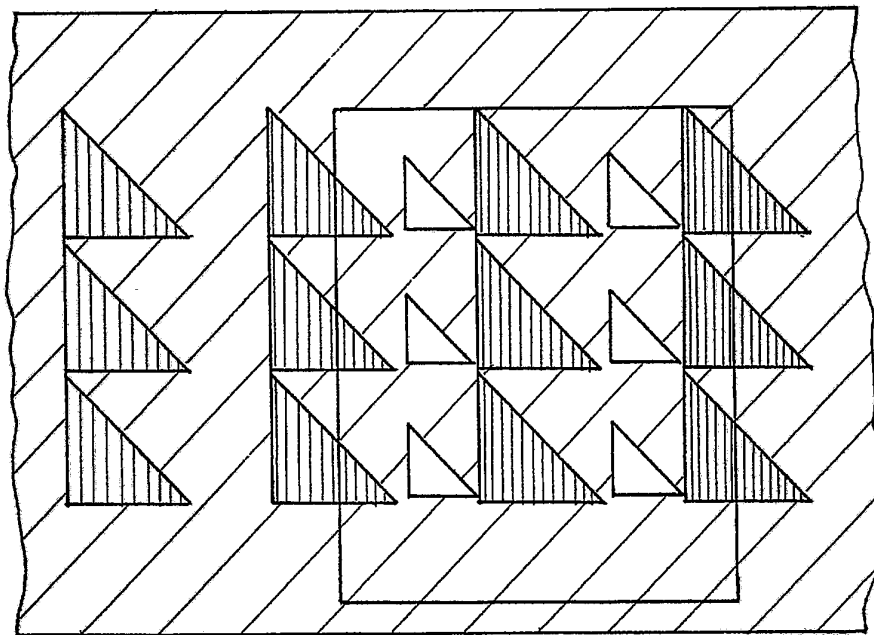
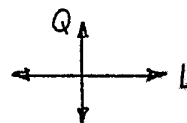


Fig. 5

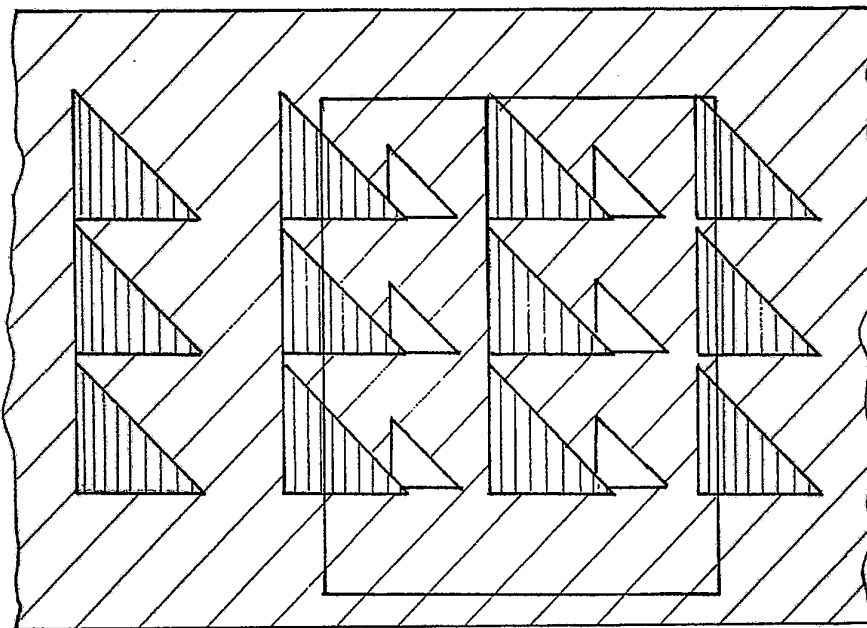


Fig. 6

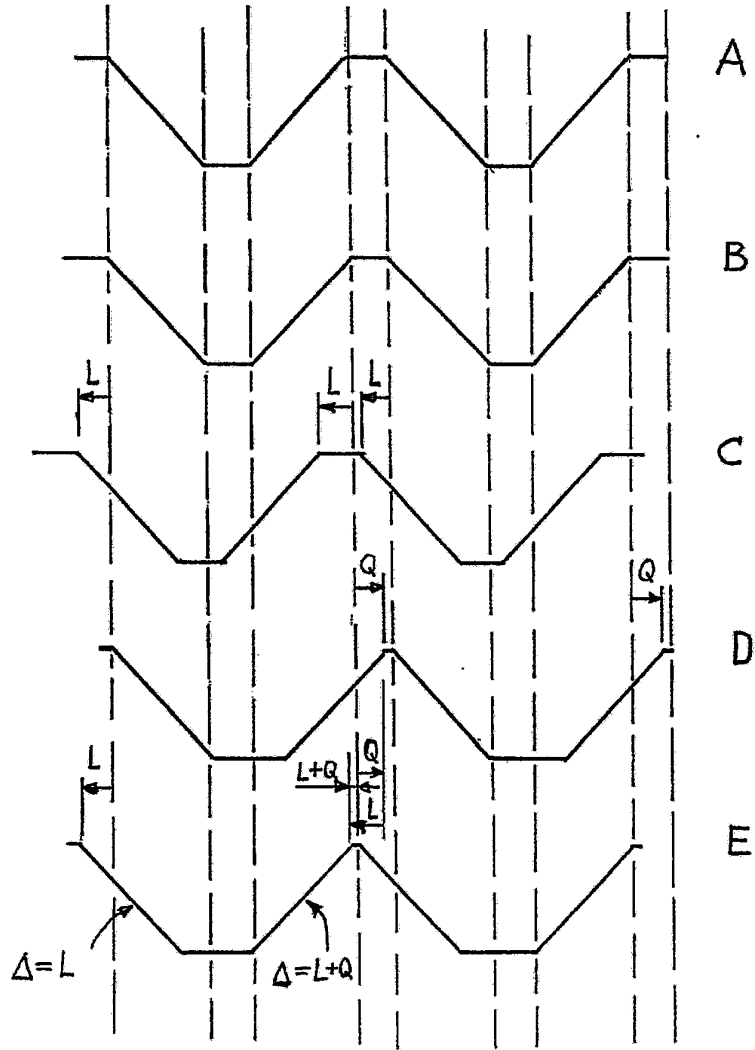


Fig. 7