

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGEN. AMT FÜR



GEISTIGES EIGENTUM

PATENTSCHRIFT

Veröffentlicht am 1. September 1936



Gesuch eingereicht: 31. Mai 1935, 20 Uhr. — Patent eingetragen: 30. Juni 1936.
(Priorität: Deutschland, 2. Juni 1934.)

HAUPTPATENT

Hans-Joachim Pabst VON OHAIN, Berlin-Dahlem (Deutschland).

Verfahren und Vorrichtung zum Umwandeln von Schwingungen in Lichtschwankungen.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Umwandeln mechanischer bzw. akustischer oder elektrischer Schwingungen in Lichtschwankungen, die aufgezeichnet oder mittels einer lichtelektrischen Vorrichtung in elektrische Schwingungen umgesetzt werden.

Es sind bereits elektrische Lichtrelais bzw. elektro-optische Mikrophone bekannt, bei denen zur Umwandlung mechanischer Änderungen in elektrische Impulse der Gangunterschied zur Interferenz gelangender Lichtstrahlen unter Verwendung einer spiegelnden Membran, auf welche die umzuwandelnden mechanischen Veränderungen einwirken, beeinflusst wird. Bei den bekannten Vorrichtungen wird eine Interferenzanordnung benutzt, bei der ein System von Interferenzstreifen erzeugt wird, die durch Lageänderungen der Membran verschoben werden. In den Strahlenweg wird ein Raster gestellt, der in der Ruhelage von dem Interferenzbild die hellen Teile auf eine Photozelle durch-

fallen läßt, bei Verschiebung der Streifen aber die hellen Teile ausblendet, so daß dann die Zelle kein Licht erhält. Hierbei ist ein Arbeiten mit hoch monochromatischem Licht unerlässlich, um die Lage der hellen Interferenzstreifen in bezug auf den Raster festzulegen. Der Raster bedingt erhebliche Lichtverluste, da die Öffnungen des Rasters klein im Verhältnis zur Streifenbreite sein müssen, um eine einigermaßen befriedigende Lichtaussteuerung zu erhalten. Trotzdem ist die maximale Aussteuerung bei den bekannten Vorrichtungen verhältnismäßig gering, da man mit Rücksicht auf die erforderliche Lichtstärke die Öffnungen des Rasters nicht beliebig klein wählen kann.

Weitere Nachteile der Verwendung von Rastern sind darin zu sehen, daß leicht eine Verstellung der in den Lichtweg eingeschalteten Raster durch Temperatureinflüsse, mechanische Störungen usw. eintreten kann.

Es ist ferner ein Lichtrelais bekannt, das aus einer Interferometeranordnung besteht,

bei der in einem Strahlengang ein piezoelektrischer Kristall eingeschaltet ist, dessen Dimensionen durch Anlegung veränderlicher elektrischer Potentiale beeinflusst werden, wodurch die optische Länge des Strahlenganges geändert und Verschiebungen von Interferenzstreifen hervorgerufen werden. Auch hier ist wieder die Verwendung von monochromatischem Licht und die Benutzung eines Rasters erforderlich, wodurch die vorstehend geschilderten Nachteile bedingt werden.

Es ist schließlich bekannt, zum Aufzeichnen von Schallwellen auf einen lichtempfindlichen Film die Phasendifferenz zweier interferierender Lichtstrahlen durch die Druckschwankungen der Schallwellen zu steuern. Durch die Änderungen der Phasendifferenz soll die Intensität eines Lichtstrahlenbündels beeinflusst werden, so daß auf einem bewegten Film die Aufzeichnungen verschiedener Lichtintensitäten vorgenommen werden. Diese Vorrichtung kommt nur bei Verwendung einer großen Lautstärke in Frage, um überhaupt die zur Steuerung der Phasendifferenz erforderlichen hohen Druckschwankungen zu erhalten. Ferner ist es ein Nachteil dieser Vorrichtung, daß der Apparat verhältnismäßig groß gegenüber den kleinsten aufzunehmenden Wellenlängen sein muß.

Durch das Verfahren und die Vorrichtung gemäß der Erfindung können die den bekannten Vorrichtungen anhaftenden Mängel beseitigt werden, und es wird eine Aufzeichnung mechanischer bzw. akustischer oder elektrischer Schwingungen bzw. nachfolgende Überführung in elektrische Schwingungen in einfacher Weise ermöglicht.

Gemäß dem Verfahren nach der Erfindung werden zwei an einer halbdurchlässigen Schicht erzeugte kohärente Lichtstrahlenbündel durch zwei Spiegel so geleitet, daß sie gleiche, symmetrische Lichtwege durchlaufen und darauf an einer halbdurchlässigen Schicht wieder vereinigt werden, wobei die Membran eines der die Lichtwege der Lichtstrahlenbündel in der Interferenzanordnung begrenzenden Elemente trägt, so daß

bei Änderungen des Lichtweges des einen Strahlenbündels infolge von Bewegungen der Membran Schwankungen der Lichtintensität der beiden vereinigten Lichtstrahlenbündel in ihrer gesamten Ausdehnung durch Interferenz nullter Ordnung hervorgerufen werden. Diese Lichtschwankungen können dann mittels einer lichtelektrischen Vorrichtung in elektrische Schwingungen umgesetzt werden. Vorzugsweise findet die Vereinigung der beiden Lichtstrahlenbündel an derselben halbdurchlässigen Schicht statt, an der die beiden kohärenten Bündel erzeugt worden sind. Als eines der die Lichtwege der Lichtstrahlenbündel in der Interferenzanordnung begrenzenden Elemente kann die halbdurchlässige Schicht oder einer der beiden Spiegel verwendet werden.

Bei dem Verfahren gemäß der Erfindung braucht kein monochromatisches Licht verwendet zu werden. Desgleichen fallen Raster oder dergleichen Temperatureinflüssen und Störungen ausgesetzte Vorrichtungen fort. Es ist ferner möglich, mit großen Öffnungswinkeln für das einfallende Licht zu arbeiten und dementsprechend eine hohe Lichtstärke zu erhalten.

Um die Vorrichtung gemäß der Erfindung als Oszillographen verwenden zu können, ist nur eine geringfügige Dejustierung des einen Spiegels erforderlich. In diesem Falle erhält man kein Lichtbündel, dessen Intensität in seiner ganzen Ausdehnung schwankt, sondern einen schmalen dunklen Interferenzstreifen, der sich in einem breiten, beleuchteten Feld proportional den Änderungen der Membranlage verschiebt. Es wird vorteilhafterweise mit großen Öffnungswinkeln des einfallenden Lichtes und mit verschiedenen Wellenlängen gearbeitet. Dadurch erhält man nur einen dunklen Interferenzstreifen nullter Ordnung, während die Interferenzstreifen höherer Ordnung stark verschwommen sind und sich entsprechend der Wellenlänge einander überlagern.

Die Vorrichtung kann mit der angegebenen dejustierten Form nicht nur als Oszillograph, sondern auch als trägheitsloses,

hochempfindliches elektrostatisches oder elektromagnetisches Meßinstrument verwendet werden.

In der Zeichnung sind beispielsweise einige Vorrichtungen zur Ausführung des Verfahrens gemäß der Erfindung schematisch dargestellt.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung, die als optisches Mikrophon zur Aufzeichnung von Schallschwingungen benutzt werden kann;

Fig. 2 zeigt eine Vorrichtung, bei der elektrische Schwingungen in Lichtschwingungen umgewandelt werden, die auf einen mit lichtempfindlichem Stoff versehenen Träger aufgezeichnet werden können;

Fig. 3 zeigt eine Abänderung der Vorrichtung nach Fig. 2.

Gemäß Fig. 1 besitzt die Vorrichtung einen hintern massiven Gehäuseteil 1, der mit einem vordern Gehäuseteil 2 mittels Schrauben 3 und Federn 4 verstellbar verbunden ist. In dem vordern Gehäuseteil 2 befindet sich eine Öffnung 5, die mit einem Drahtnetz 6 überdeckt ist und durch die der Schall in das Innere der Vorrichtung tritt. Durch eine Öffnung 7 in dem hintern Gehäuseteil 1 fällt das Licht durch eine planparallele Glasplatte 8 hindurch auf eine halbdurchlässige Schicht 9, z. B. eine verspiegelte Oberfläche einer planparallelen Glasplatte 10, welche die gleiche Dicke wie die Glasplatte 8 hat. Als Lichtquelle kann eine gewöhnliche 30 Watt-Tonlampe mit Kondensator und Spalt oder eine Metallbandlampe geringer Wattzahl verwendet werden. An der Fläche 9 wird das einfallende Licht in zwei kohärente Strahlenbündel zerlegt, von denen das von der halbdurchlässigen Fläche reflektierte Bündel auf einen Spiegel 11 und das durchgelassene Bündel auf einen Spiegel 12 fällt. Die beiden Bündel werden dann nach Reflexion an den Spiegeln 11 und 12 auf der halbdurchlässigen Fläche 9 wieder vereinigt. Der Spiegel 11 wird von der planparallelen Glasplatte 8 getragen, während sich der Spiegel 12 auf einer dünnen Membran 13, z. B. einem Cellonhäutchen, befindet. Die Membran wird durch einen ge-

schliffenen Ring 14 mit planparallelen Stirnflächen gehalten. Die Richtkraft der Membran ist so bemessen, daß bei den größten in Frage kommenden Krafteinwirkungen

die Amplitude der Membran $\pm \frac{\lambda}{4}$ nicht überschreitet. Daher besteht unterhalb dieser Höchstwerte der aufgeprägten Kraft Proportionalität zwischen Lichtintensität und Membranamplitude. Die Spiegel 11 und 12 befinden sich in gleichem Abstand von der halbdurchlässigen Schicht 9, so daß die von den kohärenten Lichtstrahlenbündeln durchlaufenen Lichtwege gleich und symmetrisch sind. Die Spiegel können durch Verstellung der Druckschrauben 3 so einjustiert werden, daß der Gang- oder Phasenunterschied der interferierenden Strahlen mit ruhender Membran $\frac{\lambda}{4}$ beträgt. Dies entspricht einer

Ruhe-Lichtintensität, die gleich der halben maximalen Lichtintensität ist. Für Demonstrationszwecke, sowie bei der Eichung des Mikrophons und bei seiner Verwendung als Lautstärkemesser justiert man den Gangunterschied auf $\frac{\lambda}{2}$ ein. Dies entspricht

vollständiger Dunkelheit in der Ruhelage.

Die Spiegel 11 und 12 können durch Aufbringen metallischer spiegelnder Flächen auf die planparallele Glasplatte 8 bzw. die dünne Membran 13 erzeugt werden. Vorzugsweise werden sie durch Aufdampfen von Metaldampf hergestellt. Unter Umständen kann es auch vorteilhaft sein, nicht mit einer mit einem Spiegel versehenen Membran, sondern mit einer abgelösten, spiegelnden Metallfolie zu arbeiten.

Vor der mit dem Spiegel 12 versehenen Membran 13 befindet sich eine größere Schutzmembran 15. Die Membran 13 ist dadurch vollkommen in einem abgeschlossenen Raum eingeschlossen, der durch sie in zwei Teile getrennt ist. Die beiden Teilräume stehen jedoch durch Kanäle oder Ausgleichsgänge 16, die in dem Ring 14 vorgesehen sind, miteinander in Verbindung. Die Ausgleichsgänge bewirken eine konstante Ruhe-

lage der spiegelnden Membran 13 gegenüber Änderungen der Außentemperatur und plötzlichen Druckstörungen.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung nach Fig. 1 ist die folgende. Durch die Öffnung 7 wird das Licht der Lichtquelle auf die Glasplatte 10 fallen gelassen, an deren halbdurchlässigen Oberfläche 9 zwei kohärente Lichtstrahlenbündel erzeugt werden, welche durch die Spiegel 11 und 12 auf der halbdurchlässigen Fläche 9 wieder vereinigt werden und aus der Vorrichtung heraustreten. Wird nun die Membran 13 und damit der Spiegel 12 durch auftreffende Schallschwingungen aus der Ruhelage verschoben, dann wird der Lichtweg zwischen der halbdurchlässigen Fläche 9 und dem Spiegel 12 geändert, so daß Intensitätsschwankungen des austretenden Lichtbündels, z. B. Aufhellungen oder Verdunkelungen, infolge Interferenz nullter Ordnung eintreten. Das aus der Vorrichtung austretende Licht kann durch ein geeignetes optisches System auf einen Spalt geworfen und auf einen hinter dem Spalt vorbeibewegten und mit einer lichtempfindlichen Schicht versehenen Träger in bekannter Weise aufgezeichnet werden. Die Verwendung eines Spaltes ist dabei keine notwendige Bedingung. Die Aufzeichnung kann auch unter Verwendung anderer bekannter Mittel stattfinden.

Gewünschtenfalls können auch die aus der Vorrichtung heraustretenden Strahlen unmittelbar auf eine lichtelektrische Zelle fallen gelassen werden, so daß die durch die Schallschwingungen hervorgerufenen Schwankungen der Lichtintensität in elektrische Schwingungen umgewandelt werden.

Die Vorrichtung nach Fig. 2 besteht aus einem mehrteiligen Gehäuse 17. In zwei aneinanderstoßenden Wänden des Gehäuses 17 sind zwei Planspiegel 22 und 23 angeordnet. In der zwischen den Spiegeln durchgehenden Diagonalen des Gehäuses ist eine dünne lichtdurchlässige Membran 18 angebracht, die mit einer halbdurchlässigen Schicht versehen ist. Die Membran 18 liegt zwischen zwei durchbrochenen, leitenden Flächen 19

und 20, z. B. aus feinmaschigem Drahtnetz. An die halbdurchlässige, elektrisch leitende Fläche der Membran 18 und an die leitenden Flächen 19 und 20 können mittels Klemmschrauben 21 geeignete Spannungen gelegt werden. Die beiden Planspiegel 22 und 23 sind derartig einjustiert, daß sich die von ihnen reflektierten Strahlen auf der mit der halbdurchlässigen Schicht versehenen Membran 18 schneiden. In der Gehäusewand gegenüber dem Spiegel 22 ist eine planparallele Glasplatte 24 angeordnet, durch die das Licht der Lichtquelle einfällt, während in der dem Spiegel 23 gegenüberliegenden Gehäusewand eine planparallele Glasplatte 25 angebracht ist, durch welche das interferierende Licht aus der Vorrichtung wieder austritt. Die Membran 18 ist dadurch in dem Gehäuse 17 vollkommen gasdicht eingeschlossen.

Bei der Vorrichtung nach Fig. 2 wird das durch die Glasplatte 24 eintretende Licht an der halbdurchlässigen Fläche der Membran 18 in zwei kohärente Strahlenbündel zerlegt, die durch die Planspiegel 22 und 23 wieder auf der Membran 18 vereinigt werden. Die Spiegel 22 und 23 sind so einjustiert, daß die Lichtwege der kohärenten Strahlenbündel gleich und symmetrisch sind, so daß die durch die Glasplatte 25 austretenden Strahlen interferieren können, wenn sich der eine der Lichtwege ändert. Beim Betrieb der Vorrichtung werden an die leitenden, durchbrochenen Flächen 19 und 20 konstante Spannungen gelegt, während der Membran 18 die aufzuzeichnenden elektrischen Schwingungen aufgedrückt werden. Durch die entstehenden Spannungsänderungen zwischen der Membran 18 und den beiden leitenden Flächen 19 und 20 wird die Lage der Membran geändert, und es entstehen wieder Intensitätsschwankungen des austretenden Lichtbündels infolge von Interferenz nullter Ordnung. Das austretende Licht, dessen Intensität also entsprechend den aufgedrückten elektrischen Schwingungen geändert wird, kann dann in bekannter Weise aufgezeichnet werden.

In Fig. 3 ist eine abgeänderte Form der Vorrichtung nach Fig. 2 dargestellt. Die mit der halbdurchlässigen Fläche versehene Membran 26 befindet sich wieder zwischen zwei durchbrochenen Flächen, z. B. den Drahtnetzen 27 und 28. Die Vorrichtung ist durch zwei planparallele Glasplatten 29 und 30 mit Spiegeln 31 und 32 abgeschlossen. Das Licht fällt durch die den Spiegel 32 tragende Glasplatte 30 ein und wird an der halbdurchlässigen Fläche der Membran 26 in zwei kohärente Lichtstrahlenbündel zerlegt, die nach Reflexion an den Spiegeln 31 und 32 wieder an der halbdurchlässigen Fläche der Membran vereinigt werden. Das Interferenzlichtbündel tritt dann durch die Glasplatte 30 wieder nach außen, um aufgezeichnet zu werden. Die Spiegel 31 und 32 sind mit Bezug auf die halbdurchlässige Fläche der Membran 26 wieder so einjustiert, daß die Lichtwege der kohärenten Lichtstrahlenbündel gleich und symmetrisch sind. Die Wirkungsweise der Vorrichtung nach Fig. 3 ist im übrigen dieselbe wie die der Vorrichtung nach Fig. 2.

Bei sämtlichen Vorrichtungen befindet sich die Membran in einem abgeschlossenen Raum, der völlig gasdicht ist. Die Füllung des Raumes kann aus Luft oder einem andern geeigneten, mit Bezug auf die Spiegelbeläge inerten Gas bestehen. Mit dem genannten abgeschlossenen Raum können gegebenenfalls ein oder mehrere andere gasgefüllte Räume verbunden werden, um durch Veränderung des Gesamtgasvolumens den Lautstärkeumfang regulieren zu können. Durch die Zuschaltung bzw. Abschaltung weiterer gasgefüllter Räume kann die Direktionskraft der Membran in weiten Grenzen geändert werden.

Bei dem Verfahren und den Vorrichtungen gemäß der Erfindung kann Licht von beliebiger Wellenlänge benutzt werden, und es ist nicht erforderlich, rein monochromatisches Licht zu wählen. Die Eigenfrequenz der spiegelnden oder mit der halbdurchlässigen Schicht versehenen, das heißt teilweise reflektierenden und teilweise durchlässigen,

dünnen Membran liegt bei sämtlichen beschriebenen Vorrichtungen oberhalb von 20 000 Hertz, so daß sie nie störend in Erscheinung treten kann. Da also alle Resonanzstellen weit oberhalb des abzubildenden Frequenzbereiches liegen, ist eine besondere Dämpfung meistens nicht erforderlich. Gegebenenfalls könnte die Membran durch eine Filzzwischenlage gedämpft werden. Die Vorrichtungen gemäß der Erfindung können so ausgeführt werden, daß sie weitgehend unempfindlich gegen Transportstöße, Luftfeuchtigkeit und Temperaturänderungen sind.

PATENTANSPRUCHE:

- I. Verfahren zum Umwandeln von Schwingungen in Lichtschwankungen, die aufgezeichnet oder mittels einer lichtelektrischen Vorrichtung in elektrische Schwingungen umgesetzt werden können, unter Benutzung des Gangunterschiedes von zwei an einer halbdurchlässigen Schicht erzeugten, kohärenten Lichtstrahlenbündeln einer Interferenzanordnung, die an einer halbdurchlässigen Schicht mittels Spiegel wieder vereinigt werden, mit einer Membran, der die umzuwandelnden Schwingungen mitgeteilt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtstrahlenbündel durch zwei Spiegel so geleitet werden, daß sie gleiche, symmetrische Lichtwege durchlaufen, so daß bei Änderungen des Lichtweges des einen Strahlenbündels infolge von Bewegungen der Membran, die eines der die Lichtwege der Lichtstrahlenbündel in der Interferenzanordnung begrenzenden Elemente trägt, Schwankungen der Lichtintensität der beiden vereinigten Lichtstrahlenbüschel in ihrer gesamten Ausdehnung durch Interferenz nullter Ordnung hervorgerufen werden.
- II. Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Spiegel eine symmetrische Winkellage zur halbdurchlässigen Schicht besitzen.

UNTERANSPRÜCHE:

1. Verfahren nach Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, daß mechanische Schwingungen in Lichtschwankungen umgewandelt werden.
2. Verfahren nach Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, daß elektrische Schwingungen in Lichtschwankungen umgewandelt werden.
3. Verfahren nach Patentanspruch I, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Spiegel derart eingestellt sind, daß die kohärenten Lichtstrahlenbündel an derselben halbdurchlässigen Schicht wieder vereinigt werden, an der sie erzeugt worden sind.
4. Vorrichtung nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegel völlig parallel eingestellt und in gleichem Abstand von der die kohärenten Lichtstrahlenbündel erzeugenden halbdurchlässigen Schicht angeordnet sind.
5. Vorrichtung nach Patentanspruch II, dadurch gekennzeichnet, daß der Spiegel auf der Membran aus einer kleinen aufgedampften Metallfläche besteht.
6. Vorrichtung nach Patentanspruch II zur Ausführung des Verfahrens nach Patentanspruch I und Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Membran eine Schutzmembran vorgesehen ist, und daß die Membran zwischen dieser Schutzmembran und dem Träger der halbdurchlässigen Schicht gasdicht in einem Raum eingeschlossen ist, der mit einem gasförmigen Medium gefüllt ist.
7. Vorrichtung nach Unteranspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der abgeschlossene Raum durch die Membran in zwei Teile geteilt ist, die durch feine Leitungen miteinander in Verbindung stehen.
8. Vorrichtung nach Patentanspruch II zur Ausführung des Verfahrens nach Patentanspruch I und Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß außer dem die Spiegelmembran enthaltenden Raum mindestens ein weiterer abgeschlossener Raum vorgesehen ist, der zur Regelung der Direktionskraft der Membran wahlweise zu- oder abgeschaltet werden kann.
9. Vorrichtung nach Patentanspruch II zur Ausführung des Verfahrens nach Patentanspruch I und Unteranspruch 2 für die Umwandlung elektrischer Schwingungen in Lichtschwankungen, dadurch gekennzeichnet, daß zwei feste Spiegel und eine mit einer halbdurchlässigen Schicht versehene Membran vorgesehen sind, die durch die elektrischen Schwingungen beeinflusst wird, und daß die beiden festen Spiegel in bezug aufeinander und die mit der halbdurchlässigen Schicht versehene Membran derart eingestellt sind, daß sich die von den Spiegeln reflektierten Strahlen auf der halbdurchlässigen Fläche der Membran schneiden und die Lichtwege von jedem Spiegel zum Schnittpunkt auf der Membran in der Ruhelage der Membran gleich sind.
10. Vorrichtung nach Unteranspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die mit einer halbdurchlässigen Schicht versehene Membran zwischen zwei leitenden, an bestimmte Potentiale gelegten, durchbrochenen Flächegebilden angeordnet ist.

Hans-Joachim Pabst VON OHAIN.

Vertreter: H. KIRCHHOFER
vormals Bourry-Séquin & Co., Zürich.

