



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

51) Int. Cl.³: H 04 N 1/22
H 04 N 5/84
G 06 K 15/00



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

12) PATENTSCHRIFT A5

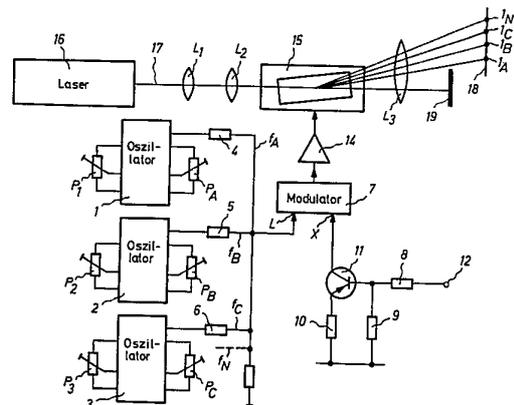
11)

636 489

<p>21) Gesuchsnummer: 13098/78</p> <p>22) Anmeldungsdatum: 22.12.1978</p> <p>30) Priorität(en): 27.12.1977 DE 2758305</p> <p>24) Patent erteilt: 31.05.1983</p> <p>45) Patentschrift veröffentlicht: 31.05.1983</p>	<p>73) Inhaber: Dr.-Ing. Rudolf Hell GmbH, Kiel 14 (DE)</p> <p>72) Erfinder: Heinrich Jürgensen, Raisdorf (DE)</p> <p>74) Vertreter: Hepatex-Ryffel AG, Zürich</p>
---	--

54) Verfahren und Vorrichtung zur Vermeidung von Zeilenstrukturen bei der Bildaufzeichnung.

57) Im Strahlengang (17) einer monochromatischen Lichtquelle (16) ist ein akustooptischer Modulator (15) angeordnet. Eine Zeile wird aus einem Zeilenvielfach aus mehreren Unterzeilen (1_A, 1_B, 1_C) aufgebaut. Der akustooptische Modulator (15) wird mit einem Frequenzgemisch von Ultraschallwellen diskreter Frequenzen (f_A , f_B , f_C) angesteuert, wodurch eine Aufspaltung des Strahls (17) in mehrere, jeder diskreten Frequenz zugeordnete Teilstrahlen erfolgt, die zusammen eine Zeilenbreite ergeben. Die einzelnen Frequenzen (f_A , f_B , f_C) werden so bemessen, dass sich die Teilstrahlen (1_A, 1_B, 1_C) überlappen und dass die Amplituden der Frequenzen eine gleichmässige Intensitätsverteilung innerhalb der Zeile ergeben.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Vermeidung von Zeilenstrukturen bei der Bildaufzeichnung mittels einer monochromatischen Lichtquelle, deren Intensität von einem Bildsignal gesteuert wird und in deren Strahlengang ein akustooptischer Modulator angeordnet ist, durch den die Bildaufzeichnung zeilenweise auf einer Aufzeichnungsfläche vorgenommen wird, wobei eine Zeile bei der Aufzeichnung aus einem Zeilenvielfach aus mehreren Unterzeilen aufgebaut ist, dadurch gekennzeichnet, dass der akustooptische Modulator mit einem Frequenzgemisch von Ultraschallwellen diskreter Frequenzen angesteuert wird, wodurch eine Aufspaltung des Strahls in mehrere, jeder diskreten Frequenz zugeordnete Teilstrahlen erfolgt, die zusammen eine Zeilenbreite ergeben, und dass die einzelnen Frequenzen so bemessen werden, dass sich die Teilstrahlen überlappen und dass die Amplituden der Frequenzen eine gleichmässige Intensitätsverteilung innerhalb der Zeile ergeben.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der akustooptische Modulator intensitätsmässig vom Bildsignal von einer Abtastung oder von gespeicherten Bildsignalen oder einem Zeichengenerator gesteuert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als monochromatische Lichtquelle ein modulierbarer Laser verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Modulierung der Intensität des Strahls ein zusätzlicher Modulator verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulierung der Strahlintensität mittels des akustooptischen Modulators vorgenommen wird.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einem Laserstrahl-Generator und einem im Laserstrahl angeordneten akustooptischen Modulator, der mit einer Hochfrequenz-Steuerschaltung verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass sie Mittel enthält zum Erzeugen eines Frequenzgemisches von Ultraschallwellen diskreter Frequenzen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Mittel mehrere, auf unterschiedliche Frequenzen eingestellte Hochfrequenz-Oszillatoren (1, 2, 3) enthalten, die über eine Summierschaltung (4, 5, 6) zusammengeführt und über einen Leistungsverstärker (14) mit dem akustooptischen Modulator (15) verbunden sind (Fig. 4).

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ansteuerung der Steuerschaltung ein adressierbarer Speicher vorgesehen ist, unter dessen Adressen Werte für die den diskreten Frequenzen zugeordneten Amplitudenparameter abgelegt sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Mittel einen Amplitudenmodulator (7) aufweisen, der mit einem Trägerfrequenz-Generator (26) und einem spannungsgesteuerten Oszillator (28) verbunden ist, dass eine Speichereinheit (29) für verschiedene Frequenzen und den Frequenzen zugeordnete Amplitudenwerte und Modulationsfaktoren vorgesehen ist, dass die Speicherausgänge für die Frequenzen und Modulationsfaktoren über Digital-Analog-Wandler (30, 30') mit dem spannungsgesteuerten Oszillator (28) verbunden sind, dass der Speicherausgang für die Amplitudenwerte über einen Digital-Analog-Wandler (30'') mit einem Addierer (27) verbunden ist, dessen anderer Eingang am Ausgang des spannungsgesteuerten Oszillators (28) angeschlossen ist, und dass der Ausgang des Addierers (27) mit dem Modulator (7) verbunden ist (Fig. 6).

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vermeidung von Zeilenstrukturen bei der Bildaufzeichnung gemäss der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Bei der Bildaufzeichnung, z.B. beim Fernsehen, oder bei der Übertragung von Pressefotos, Wetterkarten, Schriftstücken oder dergleichen über Leitungen oder über Funk, ist es üblich, das Bild zeilenweise abzutasten und wieder aufzuzeichnen. Bei der Aufzeichnung des Bildes wird ein zeilenweise abgelenkter Energiestrahls verwendet, der entsprechend einem bei der Abtastung des Bildes gewonnenen Bildsignal moduliert wird. Dieses Aufzeichnungsverfahren ist seit langem allgemein bekannt, z.B. in der Fernstechnik oder in der DE-OS 22 10310, hat aber den Nachteil, dass die Zeilenstruktur, die sich aus der Gauss'schen Energieverteilung des verwendeten Energiestrahls und aus dem Abstand der Einzelzeilen zueinander ergibt, sichtbar wird. Diese beiden Ursachen führen zu einer Alternative zwischen zwei Fehlern. Entweder stehen die benachbarten Zeilen relativ zur mittleren Strahlbreite weiter auseinander, dann ist zwar wegen der guten örtlichen Trennung der Bildinformation die Bildschärfe optimal, aber die im Rhythmus der Zeilenfolge schwankende Zeilenhelligkeit zeichnet sich störend ab. Wenn andererseits der Zeilenabstand enger als die mittlere Strahlbreite ist und durch die Überlappung die Helligkeitsschwankungen der Zeilen eliminiert werden, tritt ein Schärfeverlust auf. Diese Probleme sind bekannt und z.B. in «Elektrotechnische Zeitschrift», 13. Jahrgang, Heft 22, 30. Oktober 1961, Seite 590, und in der US-PS 3997722 behandelt. Um diesen Fehlern zu begegnen, wird entweder der Schreibfleck mehr oder weniger unscharf verbreitert, womit das Bild unschärfer wird, oder der Schreibstrahl wird quer zur Aufzeichnungsrichtung schnell gewobelt. Dies ist zwar besser, die Schärfe wird gewahrt, aber im Anschluss von Zeile zu Zeile verbleibt noch eine restliche Helligkeitsstörung, wenn die Wobbelamplitude nicht sehr genau auf den Zeilenabstand justiert ist. Geringfügige Veränderungen der Wobelfrequenz oder mechanische Veränderungen im Betrieb bewirken, dass sich die Intensitätsverteilung in Wobbelrichtung ändert, wobei in einer Auslenkungsrichtung eine stärkere Strahlintensität auftritt als in der anderen, wodurch aber wieder eine Zeilenstruktur erzeugt wird.

Es ist daher in der DE-OS 2404393 eine weitere Möglichkeit angegeben worden, die Zeilenstruktur des Bildes zu unterdrücken. Bei Verwendung eines Lichtstrahls zur Aufzeichnung wird der Lichtstrahl mit Hilfe mehrerer nebeneinanderliegender blendenförmiger Öffnungen in mehrere Teilstrahlen zerlegt, diese werden dann über eine Optik als mehrere parallele Einzelzeilen aufgeschrieben, wodurch die Zeilenzwischenräume entfallen. Dieses Verfahren hat den Nachteil, dass Lichtverluste durch die Blendenzwischenräume und die peripheren Bereiche auftreten. Weitere Lichtverluste treten dadurch auf, dass die Blende nur in dem mittleren Bereich des Strahlprofils, der annähernd gleichmässige Intensität hat, angeordnet sein kann, wenn die Teilstrahlen gleiche Intensität haben sollen. Ausserdem ist die Herstellung solcher Blenden aufwendig, und es können Störungen durch Verschmutzung der Blenden auftreten.

Es ist Aufgabe der Erfindung, das geschilderte Problem besser und sicherer zu lösen und ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit denen die Zeilenstruktur völlig unterdrückt werden kann, ohne dass ein Schärfeverlust auftritt. Ein weiteres Problem, das sich bei dieser Art der Bildaufzeichnung ergibt, ist die Einstellbarkeit der Zeilenbreite. Dieses kann auftreten, wenn man mit unterschiedlicher Auflösung abtasten und aufzeichnen will oder wenn eine Massstabsveränderung zwischen Original und Reproduktion erfolgen soll. In der eingangs genannten DE-OS 2404393 kann zum Beispiel die Zeilenbreite nur jeweils um die Breite eines Blendensegments ver-

ändert werden, was dazu führt, dass man nur in relativ groben Stufungen die Zeilenbreite variieren kann, es sei denn, man würde für jede Auflösung, d.h. Zeilenbreite, die Blende oder das Objektiv wechseln, wodurch aber die Nachteile dieser Blendenanordnung nicht überwunden würden. Es ist daher weiterhin ein Ziel der vorliegenden Erfindung, zu ermöglichen, dass auch die Zeilenbreite kontinuierlich geändert werden kann, ohne dass eine Zeilenstruktur auftritt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die Intensitätsverteilung des Schreibstrahls über mehrere Zeilen eines Bildes, wobei die Zeilenstruktur sichtbar wird (Stand der Technik),

Fig. 2 die Intensitätsverteilung über eine Zeile gemäss einer Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 3 die Intensitätsverteilung über mehrere Zeilen gesehen,

Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung gemäss der Erfindung,

Fig. 5 den prinzipiellen Aufbau eines akustooptischen Modulators,

Fig. 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel der Vorrichtung gemäss der Erfindung,

Fig. 7a den Intensitätsverlauf einer Schreibzeile in der Vorrichtung gemäss Fig. 6 und

Fig. 7b das Frequenzspektrum für die Vorrichtung gemäss Fig. 6

Fig. 1 zeigt den Intensitätsverlauf des Schreibstrahls bei herkömmlicher Aufzeichnung mit Zeilenstruktur am Beispiel von drei Zeilen A, B und C, deren Mittellinien gestrichelt gezeichnet sind und mit dem Maximum der Energie der Einzelstrahlen, deren Verteilung nach einer Gauss-Funktion verläuft, zusammenfallen. Als Ordinate wurde die Richtung Z senkrecht zur Zeilenaufzeichnungsrichtung gewählt. Obschon sich die Teilstrahlen überlappen, liegt die Intensität an den Überlappungsstellen unterhalb der Belichtungsschwelle S des Aufzeichnungsmaterials.

Fig. 2 zeigt die Intensitätsverteilung einer Zeile, wenn der Lichtstrahl in fünf verschiedene Teilstrahlen aufgefächert wird, was durch Anlegen von Spannungen u_1, u_2, u_3, u_4 und u_5 der Frequenzen f_1 bis f_5 , die im oberen Teil a) dargestellt sind, erreicht wird. Man erkennt im Teil b) der Fig. 2, der die Intensität, I_1, I_2, I_3, I_4 und I_5 der Teilstrahlen zeigt, dass die Summenkurve immer über der Belichtungsschwelle S liegt und dass innerhalb der Zeilen keine Unterzeilenstrukturen auftreten. Der Flankenanstieg der durch die Auffächerung entstandenen Zeile ist ausserdem viel steiler als bei einer einfachen Gauss-Verteilung, die auftritt, wenn die Zeile, wie in Fig. 1, nur mit einem einzigen Schreibstrahl geschrieben wird.

Fig. 3 zeigt ein Beispiel für die Intensitätsverteilung in einem Fall, in dem mehrere Zeilen aneinanderstossen. Die erste Zeile z_1 sei schwarz, die zweite Zeile z_2 weiss, die dritte und vierte Zeile z_3 und z_4 wieder schwarz. Man erkennt, dass an den Zeilenübergängen zwischen den Zeilen z_3 und z_4 keine Zeilenstruktur auftritt, da die Intensität immer oberhalb der Schwelle S liegt.

Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung für eine Aufspaltung in drei oder mehr Teilstrahlen. Es sind z.B. drei Oszillatoren 1, 2 und 3 vorgesehen, die drei verschiedene Frequenzen f_A, f_B, f_C erzeugen. Diese Frequenzen sollen zur Wahl der Zeilenbreite an den Potentiometern P_A, P_B und P_C einstellbar sein und z.B. auf die Werte 35, 40 und 45 MHz justiert sein. Anzahl und Frequenzabstand der Oszillatoren bestimmen, wie aus den vorangehenden Figuren hervorgeht, die Zeilenbreite. Man kann aber ebenso auch Oszillatoren mit starren Frequenzen, z.B. Quarz-Oszillatoren, verwenden, wenn keine veränderbare Zeilenbreite gefordert wird.

Über ein Widerstandsnetzwerk bestehend aus Widerständen 4, 5 und 6 werden die Ausgangsspannungen der Oszillato-

ren 1, 2 und 3 addiert und einem Eingang L eines Amplitudenmodulators 7 zugeführt. Als Modulator kann man verschiedene aktive oder passive Schaltungen verwenden. Im vorliegenden Fall sei z.B. ein käuflicher Modulator «Double Side Band Mixer» Type 10514A der Firma Hewlett & Packard verwendet. Gesteuert wird der Modulator 7 über ein Anpassungsnetzwerk, bestehend aus Widerständen 8, 9 und 10 und einem Transistor 11, wobei eine Signalquelle 12, die das Bildsignal liefert, über den Transistor so an den Modulator 7 geschaltet ist, dass eine Stromsteuerung an einem Eingang X des Modulators 7 stattfindet. Es ist jedoch auch möglich, den Modulator direkt mit einer angepassten Eingangsspannung zu steuern. Als höchste Video-Frequenz sei hier 500 kHz angenommen.

Das am Ausgang des Modulators 7 auftretende Signal wird einem HF-Leistungsverstärker 14 zugeführt, wie er z.B. von der Firma Isomet, Typ RFA 1106 zu beziehen ist. Der Ausgang dieses Verstärkers wird einem akustooptischen Modulator 15 zugeführt. Man könnte aber auch den Modulator 7 zwischen den Ausgang des Verstärkers 14 und den akustooptischen Modulator 15 schalten. Der akustooptische Modulator 15, dessen Funktion später anhand der Fig. 5 näher beschrieben wird, beugt und spaltet einen von einem Laser 16 ankommenden, monochromatischen Lichtstrahl 17 in mehrere Teilstrahlen auf, wobei zwischen dem Laser 16 und dem akustooptischen Modulator eine Anpassungsoptik vorgesehen ist, welche schematisch durch zwei Linsen L_1 und L_2 dargestellt ist. Die durch den Modulator aufgefächerten Teilstrahlen werden über eine weitere Optik, bestehend aus einer ebenfalls schematisch dargestellten Linse L_3 , auf einen Aufzeichnungsträger 18 gerichtet. Durch eine Blende 19 wird der nicht gebeugte Teilstrahl ausgeblendet. Im vorliegenden Falle ist z.B. eine Treiberleistung für den akustooptischen Modulator von etwa 2 Watt erforderlich.

Da der Wirkungsgrad des akustooptischen Modulators von der Frequenz abhängig ist und bei der Mittenfrequenz (40 MHz) am besten ist, würden – gleiche Steuerleistungen vorausgesetzt – die beiden Randstrahlen etwas geringere Intensität zeigen. Um dies zu beseitigen, sind bei den Oszillatoren 1, 2 und 3 Einstellpotentiometer P_1, P_2 und P_3 vorgesehen, mit deren Hilfe die Steuerleistung jedes Oszillators so angepasst werden kann, dass eine gleichförmige Intensität, d.h. Helligkeitsverteilung innerhalb der Zeile, entsteht.

Als Laser 16 kann z.B. ein Modell der Firma Spectra, Type 162 oder Type 120 verwendet werden. Ausserdem können verschiedene Wellenlängen benutzt werden, z.B. Blau, Rot oder Grün.

Über die Anpassungsoptik L_1 und L_2 wird der Laserstrahldurchmesser an den akustooptischen Modulator 15 so angepasst, dass bei den vorgegebenen Frequenzen gerade ein Linienanschluss entsteht. So ist z.B. für eine Ultraschall-Laufzeit von $0,5 \mu s$ etwa ein Durchmesser von $1,5 \dots 2 \text{ mm}$ erforderlich. Mit den Linsen L_1 und L_2 , welche die Brennweiten f_1 und f_2 haben, können beliebige Laserstrahldurchmesser angepasst werden. Es gilt folgende Beziehung:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{f_1}{f_2}$$

wobei d_1 = Eingangsstrahldurchmesser
 d_2 = Ausgangsstrahldurchmesser
 f_1 = Eingangsbrennweite
 f_2 = Ausgangsbrennweite
 bedeuten.

Die aus dem akustooptischen Modulator austretenden Laserstrahlen haben bei drei gleichzeitig angelegten Frequenzen vier verschiedene Richtungen:

1. Richtung 0: das nicht abgebeugte Licht, das nicht das Fotomaterial erreichen soll,

2. Richtung l_A : das durch die Frequenz f_A abgebeugte Licht,
3. Richtung l_B : das durch die Frequenz f_B abgebeugte Licht,
4. Richtung l_C : das durch die Frequenz f_C abgebeugte Licht.

Die Richtungen l_A , l_B und l_C sind Beugungen erster Ordnung und werden ausgenutzt, indem zwischen dem akustooptischen Modulator 15 und dem Fotomaterial 18, wie bereits erwähnt, eine Linse L_3 und eine Blende 19 angeordnet sind. Die Strahlen der Richtungen l_A , l_B und l_C werden fokussiert, d.h. auf das Fotomaterial 19 gerichtet, und erzeugen die aneinandergerihten Schreibflecke l_A , l_B und l_C .

Es ist auch möglich, zwischen dem akustooptischen Modulator und der Objektivlinse L_3 ein Teleskop anzuordnen, um den Strahldurchmesser nochmals zu übersetzen, z.B. um ihn an eine gegebene Objektiv-Brennweite anzupassen. In diesem Fall wird man die begrenzende Blende vorteilhafterweise im Brennpunkt des Teleskops anordnen. In der Praxis kann der Einzelschreibfleck-Durchmesser aus Objektiv-Durchmesser und Eintrittsstrahl-Durchmesser berechnet werden. Für eine grobe Abschätzung genügt oft die Beziehung

$$d_s \approx K \cdot \frac{f_3}{d_2}$$

wobei K = Korrekturfaktor,
 f_3 = Objektivbrennweite (mm) ist.

Die Breite für drei Linien kann vorzugsweise etwa $36 \mu\text{m}$ betragen, wenn der Winkel 90° zur Zeilenrichtung beträgt, was einer Aufzeichnungseinheit von etwa 300 Linien/cm entspricht. Da bei unterschiedlichen Laserwellenlängen der Beugungswinkel verändert wird und somit auch die Linienbreite, ist es vorteilhaft, wenn das Objektiv als Zoomobjektiv ausgebildet ist, damit immer auf die gleiche Linienbreite eingestellt werden kann, wenn eine Farbbelichtung nacheinander erfolgen soll.

Benutzt man z.B. drei Laser und fasst die drei Laserstrahlen über eine Einheit von teildurchlässigen Spiegeln zusammen, bevor man in das Objektiv geht, so wird man die einzelnen Strahldurchmesser und Steuerfrequenzen vorher so anpassen, dass die Linienbreiten gleich sind.

Es ist auch möglich, den Abstand der Teilstrahlen in der Bildebene über den den Einzelfrequenzen zugeordneten Ablenkwinkel zu berechnen. Für den genannten Modulator, Type 304 der Firma Coherent, beträgt die Winkeländerung $0,188 \text{ mrad pro MHz}$ für die Wellenlänge $632,8 \text{ nm}$. Der Abstand in der Bildebene ergibt sich durch Multiplikation des Winkels mit der Objektivbrennweite der Linse L_3 . Bei dem o.a. Beispiel ergibt sich für $\Delta F = 5 \text{ MHz}$ und $f_3 = 30 \text{ mm}$

$$a = 0,188 \text{ mm/m} \cdot 5 \cdot 0,03 \text{ m} = 0,028 \text{ mm} = 28 \mu\text{m}.$$

Wählt man für Geräte in der Faksimile-Übertragungstechnik z.B. eine Auflösung von 40 Linien/cm, so ist der Strahldurchmesser vor der Linse L_3 entsprechend zu verkleinern oder die Brennweite der Linse L_3 zu vergrössern.

Fig. 5 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Wirkungsweise des verwendeten akustooptischen Modulators. In einem Block 20 aus geeignetem optischem Material, z.B. Glas, wird über einen Piezo-Schwinger 21 eine Ultraschallwelle eingekoppelt. Die Ultraschallfrequenz beeinflusst den durch das Material verlaufenden Laserstrahl 17, indem ein Teil des Lichtes gebeugt wird. Bei geeigneten Abmessungen des Materialblocks 20 und bei Lichteinfall unter einem bestimmten Winkel, der auch Bragg'scher Winkel genannt wird, werden etwa 80% und mehr des Lichtes abgebeugt. Legt man an solch einen akustooptischen Modulator zwei oder mehr Frequenzen, z.B.

35, 40 und 45 MHz, so wird durch jede Frequenz ein Teil des Lichtes in unterschiedliche Richtungen gebeugt. Fokussiert man den Laserstrahl anschliessend über die Linse L_3 , so kann man, wie bereits erwähnt, mehrere Punkte in einer Reihe erzeugen, deren Abstände den Abständen der Frequenzen entsprechen. Im vorliegenden Fall sind nur der gerade durchgehende Strahl l_0 und ein abgelenkter Strahl l_1 dargestellt. Die Ansteuerung über den Leistungsverstärker 14 und den Modulator 7, der vom Bildsignal und einem Hochfrequenzoszillator beaufschlagt ist, entspricht im wesentlichen der Ansteuerung gemäss Fig. 4.

Die Anzahl der auflösbaren Punkte ist vom Durchmesser des Laserstrahls im akustooptischen Modulator und dem Frequenzbereich, in dem der Modulator arbeitet, sowie der Schallgeschwindigkeit des Materials abhängig.

Vom Durchmesser des Laserstrahls im akustooptischen Modulator ist ebenfalls die Schaltzeit τ abhängig, da ein Ein- und Ausschaltvorgang nicht schneller erfolgen kann, als die Laufzeit der Ultraschallwelle im Bereich des Strahldurchmessers es zulässt. Für die erreichbare Auflösung findet man folgende Beziehung:

$$N = \tau \cdot \Delta f + 1, \quad \text{wobei } N = \text{Anzahl der auflösbaren Punkte,}$$

$$\Delta f = \text{Frequenzbereich,}$$

$$\tau = \text{Schaltzeit}$$

25 Wenn man eine Schaltzeit von $\tau = 0,5 \mu\text{s}$ wählt, so kann man bei Δf von 10 MHz sechs Punkte auflösen. Wählt man also Strahldurchmesser und Frequenzbereich richtig, so wird erreicht, dass die einzelnen Spuren ineinander übergehen, wodurch die Zeilenstruktur völlig vermieden wird, ohne dass Schärfe eingebüsst wird.

Eine weitere vorteilhafte Anwendung der beschriebenen Vorrichtungen ergibt sich bei der Reproduktion von Farbbildern. Da Farbmaterial äusserst gleichförmig belichtet werden muss, um die gleiche Farbwiedergabe zu erreichen, ist die Gausssche Intensitätsverteilung eines Einzelschreibstrahls nachteilig, da wegen dieser Verteilung die Farbschichten nicht gleichförmig belichtet werden. Es tritt also ein Farbstich auf. Durch das Gausssche Profil des Strahls entsteht in der Mitte der Zeilen, also dort, wo die grösste Intensität herrscht, eine stärkere Belichtung der Farbschicht. Bei Anwendung der beschriebenen Vorrichtung wird dies vermieden, da, wie aus Fig. 2 und 3 hervorgeht, der Flankenanstieg des aufgefächerten Schreibflecks viel grösser ist als bei einem einfachen Gaussschen Verteilungsprofil und eine gleichmässige Amplitude der Intensität innerhalb der Zeile erreicht wird.

Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung. Es sind wiederum ein Laser 16 und ein akustooptischer Modulator 15 vorgesehen, der von einem HF-Leistungsverstärker 14 angesteuert wird. Der Leistungsverstärker 14 wird mittels eines Frequenzgemisches angesteuert, das der Funktion

$$Y = \sin \Omega t [a + m \cdot \sin(\omega t)]$$

folgt. Man erhält diese Spannung über einen Modulator 7, an den eine Trägerfrequenz Ω und die Funktion $a + m \cdot \sin(\omega t)$ angelegt werden. Die Grösse $a + m \cdot \sin(\omega t)$ wird mittels eines Addierers 27 erhalten, indem eine Konstante a , welche die Helligkeit darstellt, mit einer Spannung $m \cdot \sin(\omega t)$ zusammengeführt wird. Die Trägerfrequenz wird mittels eines Generators 26 erzeugt. Die Spannung $m \cdot \sin(\omega t)$ wird von einem spannungsgesteuerten Oszillator 28 erzeugt, indem von einem Speicher 29 aus über D/A-Wandler 30 und 30' und Leitungen 31 und 32 die Grössen u und m ausgegeben werden. Die Grösse a wird vom Speicher 29 über einen D/A-Wandler 30'' ausgege-

ben. Die Bedeutung dieser Grössen und ihre Zusammenhänge werden im folgenden anhand der Fig. 7a und 7b näher erläutert.

Fig. 7a zeigt den Intensitätsverlauf I, II und III von 3 Teilstrahlen, welche als Summe den Intensitätsverlauf IV ergeben, wenn die Kurve II nicht auftritt. Die einzelnen Teilstrahlen sind durch die Frequenzen $\Omega + w$ und $\Omega - w$ entstanden, deren Spektren in Fig. 7b dargestellt sind. Man gewinnt diese Frequenzen durch den Modulator 7 der Fig. 6. Der Abstand der Kurven I und III wird durch die Werte dieser drei Frequenzen bestimmt, die Höhe der Kurve durch den Modulationsfaktor m und durch die Amplitudenkonstante a . Im Beispiel der Fig. 7a wurde der auf die Trägerfrequenz Ω zurückgehende Teilstrahl unterdrückt.

Die Anordnung gemäss Fig. 6 ist besonders geeignet für eine Aufzeichnungseinheit, bei der mit unterschiedlichen Strichbreiten gearbeitet werden soll. Man hat es bei dieser Anordnung in der Hand, dem Speicher 29 verschiedene Parameter für a , m und für eine Grösse u , durch welche die Fre-

quenz w bestimmt wird, einzugeben, und kann, falls eine andere Strichbreite gefordert wird, entsprechend andere Parameter für a , m und u aus dem Speicher abrufen und über den spannungsgesteuerten Oszillator 28, Addierer 27 und den Modulator 7 diese Grössen in entsprechende Steuersignale für den akustooptischen Modulator umwandeln.

Die Erfindung ist nicht auf die im Beispiel der Figuren 4 und 6 beschriebene Art der Modulation in der Helligkeit durch das Bildsignal auf elektrischem Wege beschränkt, es kann auch ein modulierbarer Laser oder ein im Strahlengang befindlicher weiterer Modulator zur Anwendung kommen. Das Bildsignal für die Helligkeitsmodulation kann z.B. direkt von einem optischelektrischen Abtaster oder auch von gespeicherten Bilddaten oder einem Zeichengenerator erfolgen.

Die Erfindung kann aber auch mit Vorteil bei der gerasterten Bildaufzeichnung verwendet werden, um bei Rasterpunkten, die aus mehreren Strichsegmenten unterschiedlicher Anzahl und Länge zusammengesetzt werden, die zwischen den Strichsegmenten auftretende Zeilenstruktur zu vermeiden.

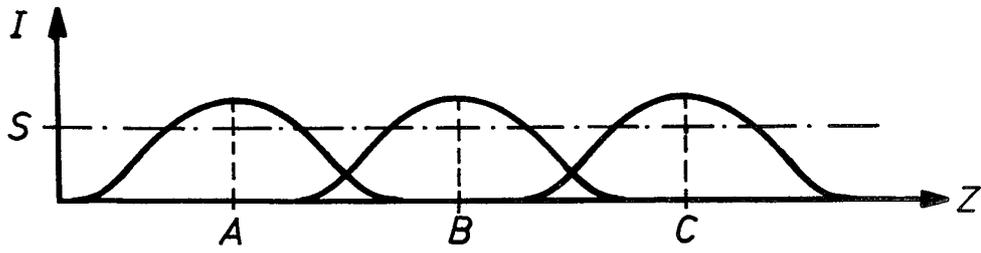


Fig. 1

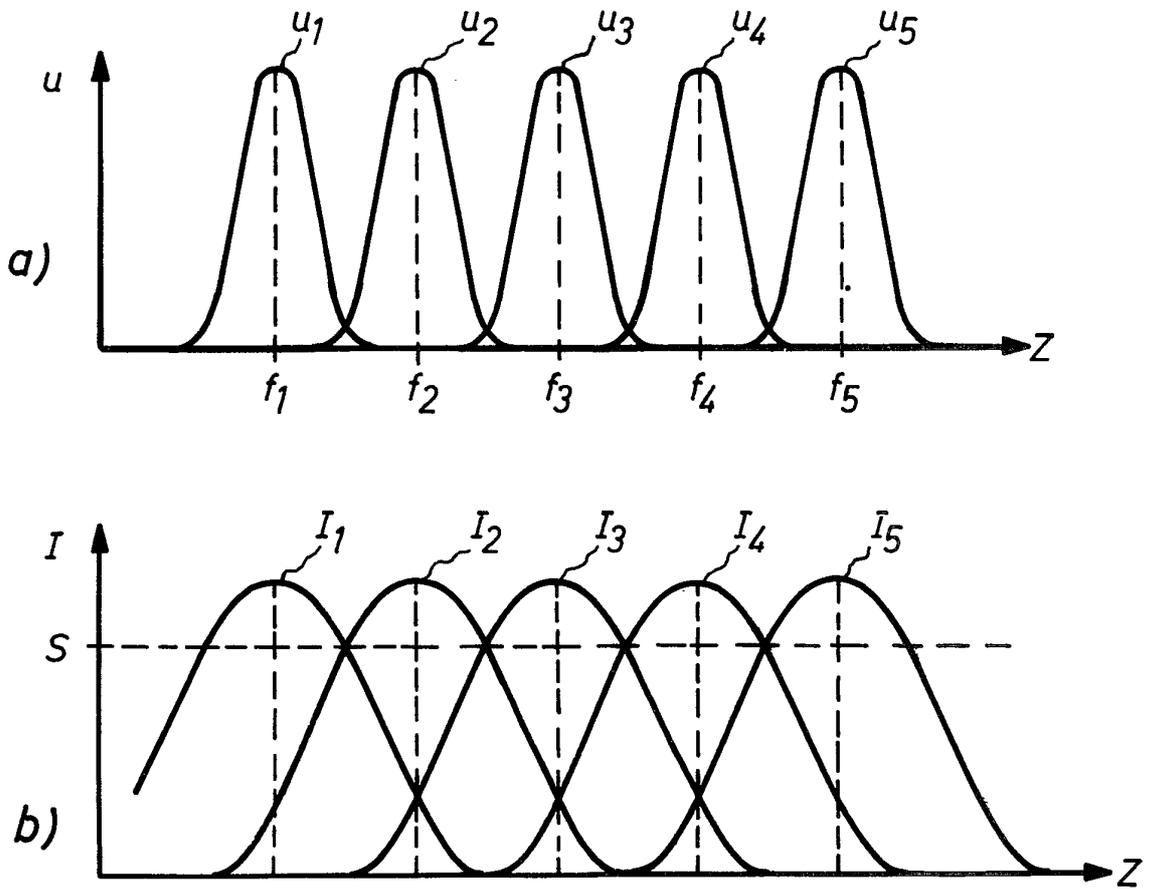


Fig. 2

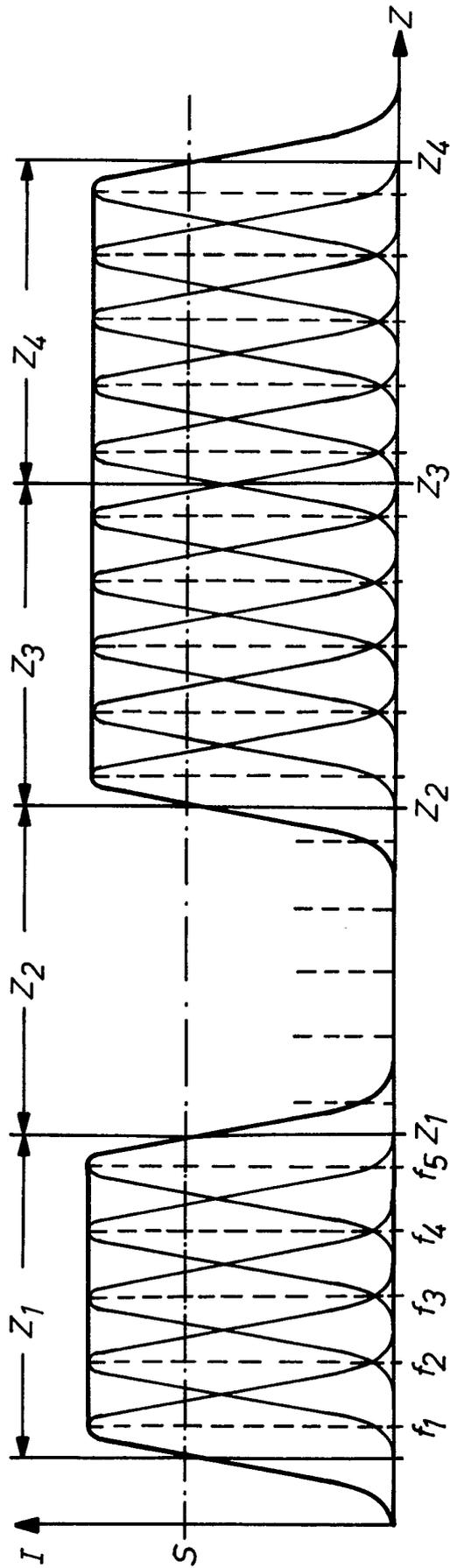


Fig. 3

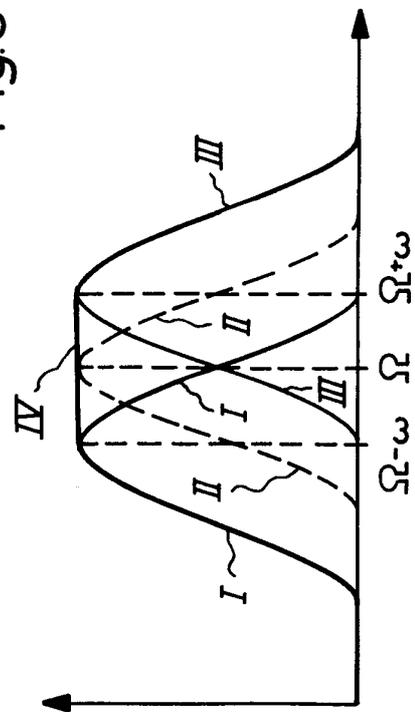


Fig. 7a

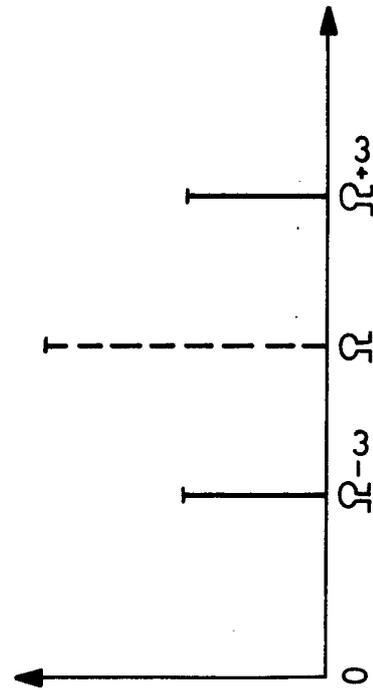


Fig. 7b

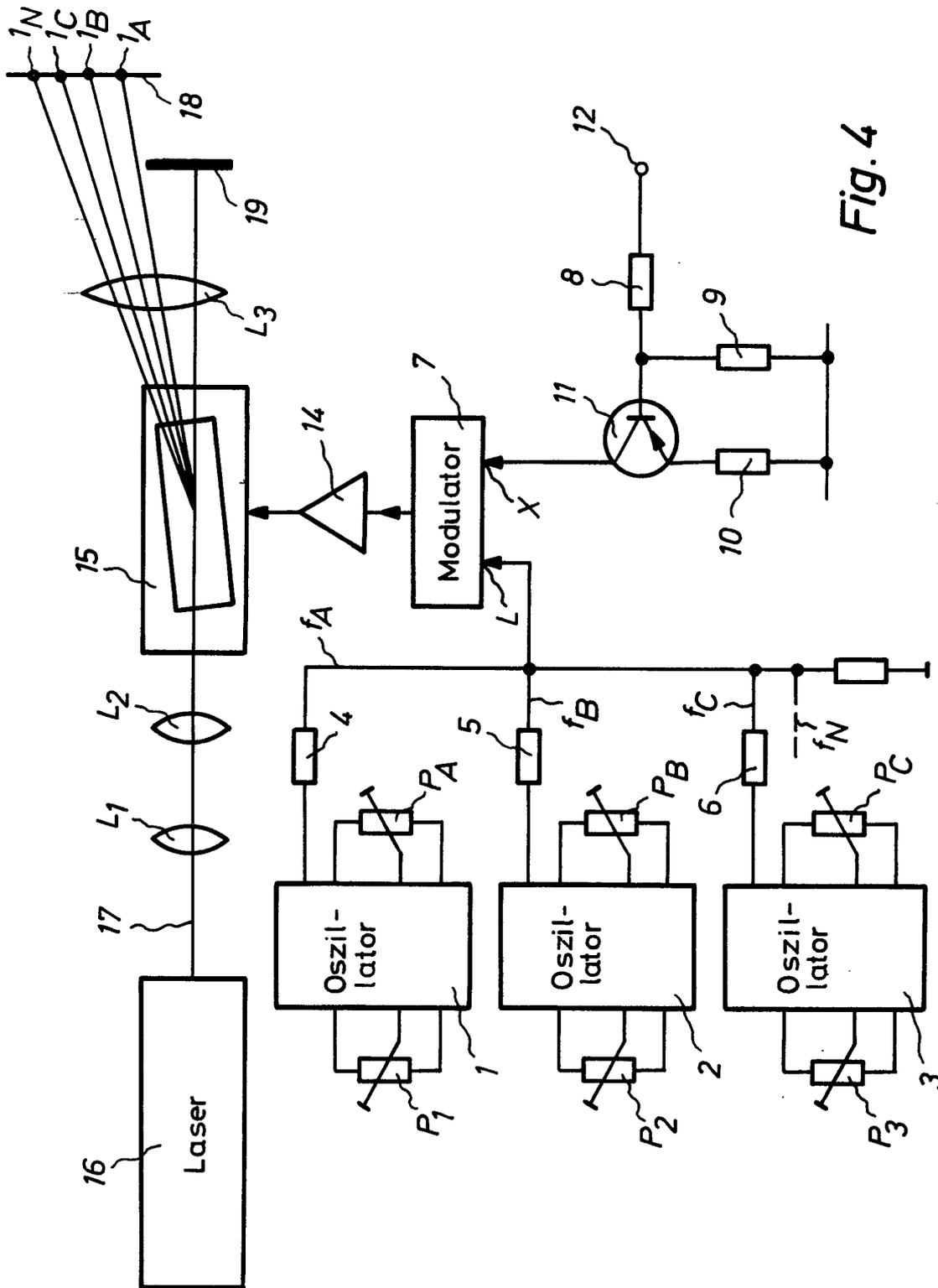


Fig. 4

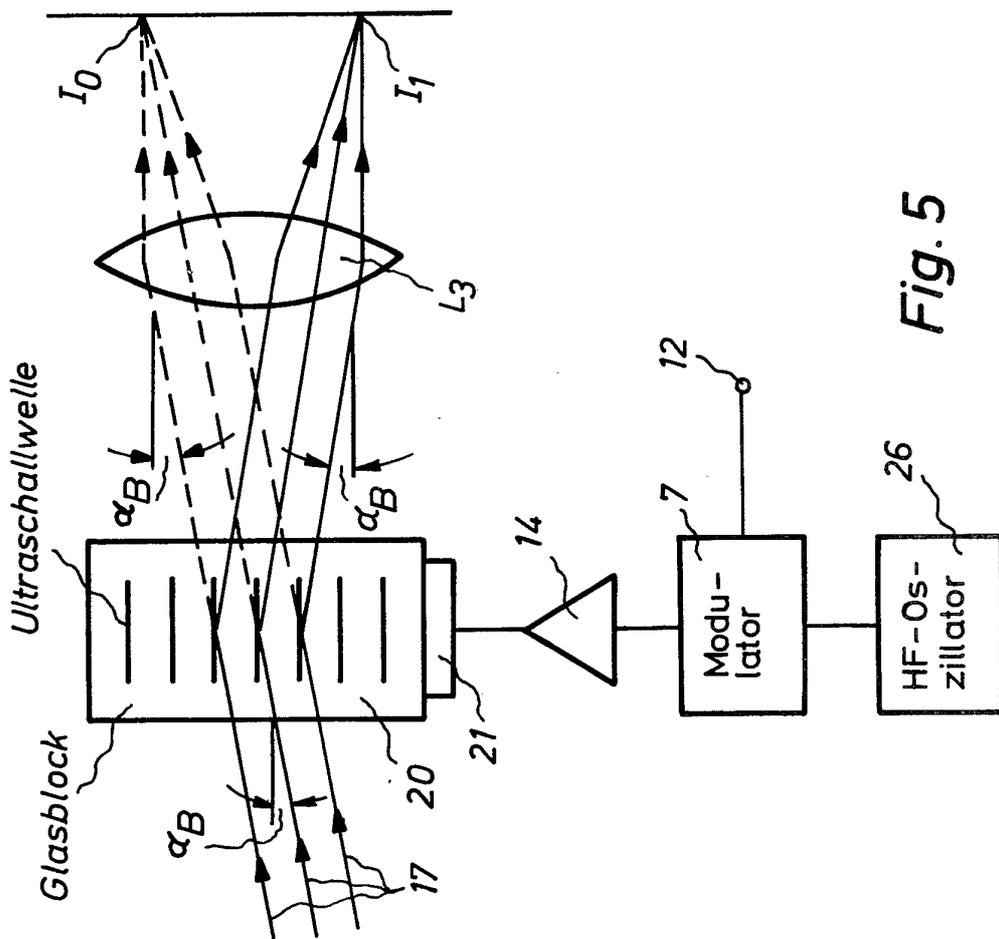


Fig. 5

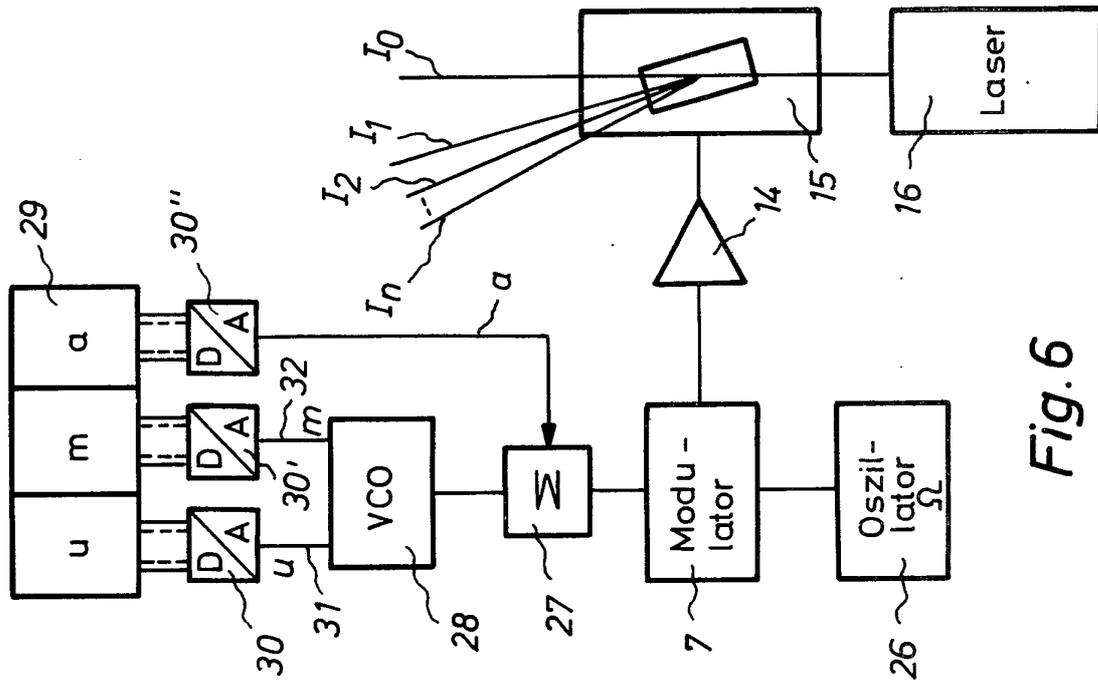


Fig. 6