



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 696 36 481 T2 2007.08.16

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 862 819 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 696 36 481.6

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/GB96/02855

(96) Europäisches Aktenzeichen: 96 939 172.1

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 1997/019528

(86) PCT-Anmeldetag: 19.11.1996

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 29.05.1997

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 09.09.1998

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 23.08.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 16.08.2007

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: H04B 10/18 (2006.01)

H01S 5/40 (2006.01)

G02F 1/015 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

9523731 20.11.1995 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:

BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, IE, IT, LI, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:

British Telecommunications p.l.c., London, GB

(72) Erfinder:

WESTBROOK, Leslie David, Gotherington,  
Gloucestershire GL52 4HE, GB; MOODIE, David  
Graham, Ipswich, Suffolk IP4 5EJ, GB

(74) Vertreter:

BEETZ & PARTNER Patentanwälte, 80538  
München

(54) Bezeichnung: OPTISCHER SENDER

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen optischen Sender und bezieht sich im Besonderen auf einen zur Verwendung für die Übertragung und Verbreitung von analogen optischen Signalen geeigneten Sender, wobei die analogen optischen Signale mit Frequenzen im Hochfrequenz- oder Mikrowellenbereich moduliert sind. Die mit optischen Fasern verbundene geringe Dämpfung und die Immunität der optischen Fasern gegen elektromagnetische Störungen macht ihre Verwendung zum Beispiel bei der Verteilung von Signalen an abgelegenen Senderstandorten in einem zellularen Funksystem zu einem attraktiven Unterfangen. Die bisher mit solchen optischen Faserverbindungen verwendeten optischen Sender waren entweder als direkt modulierte Laserdioden ausgeführt oder umfassten Dauerstrichlaser, die mit einem separaten elektrooptischen Modulator, wie beispielsweise einem Mach-Zehnder-Intensitätsmodulator oder einem Elektroabsorptionsmodulator, gekoppelt sind. Derartige optische Sender weisen jedoch leider einen gegenüber den üblicherweise in zellulären Basisstationen verwendeten elektronischen Bauelementen deutlich schlechteren Dynamikbereich auf. Hierdurch wurde die Verwendung optischer analoger Verbindungen beschränkt.

**[0002]** Bei einer bestimmten empfangenen optischen Leistung ist der Dynamikbereich von analogen optischen Faserverbindungen hauptsächliche durch die Linearität der Transfercharakteristik des optischen Senders für die Wandlung vom elektrischen zum optischen Signal beschränkt. Zur Erhöhung des Dynamikbereichs des gesamten Systems wurden bereits Anordnungen, wie zum Beispiel eine elektrische Vorverzerrung oder eine optische Mitkopplungslinearisierung, vorgeschlagen. Es wäre jedoch wünschenswert, die Linearität der Quelle selbst zu verbessern. Im Zusammenhang mit einer Quelle, die einen Dauerstrichlaser gefolgt von einem Mach-Zehnder-Modulator verwendet, wurde, um die Linearität zu verbessern, vorgeschlagen, eine Kaskade von zwei Modulatoren zu verwenden (Betts. G. E. IEEE Trans. Microwave Theory & Techniques, Band 42, Nr. 12, Seite 2642–2649). Indem das Hochfrequenzsignal im vorgegebenen Verhältnis an beide Modulatoren geleitet wird, korrigiert der zweite Modulator die Verzerrungen des ersten.

**[0003]** Nach einem ersten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird ein optischer Sender angegeben, der umfasst:

- a) einen direkt modulierten Halbleiterlaser, der einen Eingang für ein analoges, elektrisch modulierendes Hochfrequenzsignal umfasst; und
- b) einen nicht linearen, optischen Intensitätsmodulator, der mit dem optischen Ausgang des Lasers in Serie verbunden ist und der einen Eingang für ein analoges, elektrisch modulierendes Hochfrequenzsignal umfasst, das dem an den Laser angelegten Signal entspricht, wobei der Modulator eine Transfercharakteristik aufweist, die zumindest für ein teilweises Annulieren der Intermodulationsverzerrung im optischen Signal ausgang des Lasers ausgebildet ist.

**[0004]** Die vorliegende Erfindung gibt eine direkt modulierte Laserquelle mit wesentlich verbesserter Linearität an. Dies wird durch die Verwendung eines dem direkt modulierten Laser nachgeschalteten Modulators erreicht, der Verzerrungsmerkmale aufweist, die dazu neigen, die von dem Laser erzeugten Verzerrungen zu annullieren.

**[0005]** Vorzugsweise wird der Modulator von einem Elektroabsorptionsmodulator, der vorzugsweise integral mit dem Halbleiterlaser ausgebildet ist, gebildet. Vorzugsweise wird der Laser von einem Multi-Quantum-Well (MQW) Distributed Feedback-(DFB)Laser und der Modulator von einem MQW-Elektroabsorptionsmodulator gebildet.

**[0006]** Die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet monolithisch integrierte Komponenten, die zusammen eine kompakte, linearisierte, analoge Einzelchip-Quelle bilden. Diese Anordnung bietet eine überlegene Hochfrequenzphasenstabilität verglichen mit Ausführungsformen, die diskrete Bauelemente verwenden. Die Nichtlinearität von Elektroabsorptionsmodulatoren ist ferner in hohem Maße steuerbar, so dass sie sich ideal für die Aufgabe der Linearisierung eines DFB-Lasers eignen.

**[0007]** Als Alternative kann der elektrooptische Modulator von einem Mach-Zehnder-Bauelement gebildet werden, das als planares Bauelement ausgeführt sein kann.

**[0008]** Der Modulator kann eine zur erwarteten Charakteristik der modulierten Quelle komplementär gewählte, vorgegebene Charakteristik aufweisen. Vorzugsweise wird der Modulator zur Linearisierung des Ausgangssignals jedoch aktiv gesteuert. Vorzugsweise umfasst das System einen Detektor zum Überwachen des Sendausgangs und eine Einrichtung, um ein vom Detektor ausgangssignal abhängiges Steuereingangssignal an den Modulator zu leiten. Der Detektor kann zum Beispiel zum Detektieren der dritten Oberschwingung des

Ausgangssignals und zum Ansteuern des Modulators in einer Rückkopplungsschleife zur Minimierung dieses Signalausgangsanteils ausgebildet sein.

**[0009]** Im Folgenden werden Systeme, die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung darstellen, unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren näher beschrieben, worin:

**[0010]** [Fig. 1](#) einen Laser/EA-Modulator gemäß der vorliegenden Erfindung in einer Übersichtsdarstellung zeigt;

**[0011]** [Fig. 2](#) eine Darstellung der Kennlinie der Transmissionscharakteristik des Modulators von [Fig. 1](#) zeigt;

**[0012]** [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) am Ausgang der Vorrichtung von [Fig. 1](#) nachgewiesene Spektren zeigen;

**[0013]** [Fig. 4](#) ein Diagramm zeigt, das die Abhängigkeit der Verzerrung von der HF-Leistung am Eingang darstellt;

**[0014]** [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) ausführlichere Schaltbilder erfindungsgemäß ausgeführter Schaltungen zeigen;

**[0015]** [Fig. 6](#) eine detaillierte Darstellung des Laser/Modulators von [Fig. 1](#) im Querschnitt zeigt;

**[0016]** [Fig. 7](#) die bei der Herstellung der Vorrichtung von [Fig. 1](#) verwendete Kristallstruktur zeigt;

**[0017]** [Fig. 8](#) ein Schaltbild einer alternativen Ausführungsform vorstellt; und

**[0018]** [Fig. 9](#) eine graphische Darstellung eines zellularen Funksystems zeigt, das einen erfindungsgemäß ausgeführten optischen Sender umfasst.

**[0019]** Ein optischer Sender **1** umfasst einen direkt modulierten Halbleiterlaser **2** und einen optischen Intensitätsmodulator **3**, der mit dem optischen Ausgang des Lasers seriell verbunden ist. Eine Hochfrequenzquelle **4** erzeugt eine Modulationsspannung, die einer, an den Laser und an den Modulator, angelegten Gleichspannung überlagert wird. Ein seriell zwischen Hochfrequenzquelle und Gatter des Modulators **3** geschaltetes Dämpfungsglied **5** wird verwendet, um ein vorgegebenes Verhältnis zwischen den an den Modulator und den an den Laser angelegten modulierenden Signalamplituden festzulegen. Der Modulator weist eine Transfercharakteristik auf, die bei kleinen Signalen über einen ausgewählten Bereich von Vorspannungen im Allgemeinen komplementär zu der des Lasers ist und daher die von dem Laser erzeugte Intermodulationsverzerrung annulieren kann.

**[0020]** Die vergrößerte Detailzeichnung zeigt eine Schicht **101** mit einer Gitterstruktur, eine MQW-aktive Schicht **102**, eine n-InP-Zwischenschicht **103**, eine Elektroabsorptionsschicht **104**, eine Fe InP-Region **105** und eine p InP-Region **106**.

**[0021]** Wie in der [Fig. 1](#) schematisch dargestellt ist, umfasst der Sender im vorliegenden Beispiel einen integrierten DFB-Laser/EA-Modulator. Er besitzt einen 395 µm langen InGaAs/InGaAsP MQW DFB-Laserabschnitt und einen 190 µm langen InGaAsP/InGaAsP MQW EA-Modulatorabschnitt, die voneinander durch einen passiven Wellenleiterabschnitt **6** von 100 µm getrennt sind. Die epitaktischen Schichten für Modulator und Laser werden nacheinander mittels MOVPE und durch eine 0,2 µm InP-Zwischenschicht getrennt abgeschieden. Die Epi-Schichten des Lasers wurden oberhalb des Modulator- und des passiven Wellenleiterabschnitts selektiv entfernt und vor dem Abscheiden einer hochohmigen, Fe-dotierten InP-Schicht werden Mesastrukturen geätzt, die zwischen den Abschnitten eine Stromsperrre sowie eine Isolierung ausbilden. Der fertig gestellte Chip wird in einem konfektionierten Hochgeschwindigkeitsmodul mit 14 Anschläßen und einer eingeschweißten, mit einer Linse abgeschlossenen Faser verpackt. Das bei Dauerstrichbetrieb gemessene Seitenmodenunterdrückungsverhältnis betrug über 40 dB und die elektrische Isolierung zwischen den DFB- und EA-Modulatorabschnitten betrug 2 MΩ. Die (auf 0 V normalisierte) Gleichstrommodulatortransmissionscharakteristik ist in der [Fig. 2](#) als Funktion der Modulatorsperrspannung gezeigt.

**[0022]** In der [Fig. 6](#) ist der Querschnitt der Vorrichtung genauer dargestellt und die [Fig. 7](#) zeigt die bei der Herstellung der Vorrichtung verwendete Kristallstruktur. Diese besteht aus den für einen DFB-Laser notwendigen Schichten, die oberhalb der zur Ausbildung eines EA-Modulators notwendigen Schichten abgeschieden sind. Wie oben angemerkt, wird als Abscheidetechnik MOVPE verwendet. Eine Analyse nach dem Abscheiden zeigte, dass die Wellenlänge maximaler Fotolumineszenz der Absorptionsschicht wie erfordert 1,5 µm betrug.

Bei der Herstellung der Vorrichtung werden auf dem Werkstück unter Verwendung der Elektronenstrahlolithografie Gitter zweiter Ordnung mit einer Phasenverschiebung von einer viertel Wellenlänge ausgebildet. Die Vorrichtung wird dann mit fotolithografischen Schritten und Schritten zum Abscheiden gestaltet. Eine ökonomische Prozessführung wird erreicht, indem der Laser- und der Modulatorabschnitt als vergrabene Heterostrukturen mit Fe-dotierten InP Stromsperrstrukturen entworfen werden, wodurch es ermöglicht wird, dass sie an der Ausbildung der Mesastruktur, an der Fe-dotierten InP Abscheidung, an dem Abscheiden der P-Kontaktschichten und an den Metallisierungsphasen teilnehmen. Ein zusätzlicher Fotolithografieschritt ist erforderlich, um die Laserschichten vor der Ausbildung der Mesastrukturen von dem Modulator und den passiven Abschnitten zu entfernen. Ein Abscheidungsschritt umfasst das Abscheiden von 1  $\mu\text{m}$  Fe-dotierten InP in der passiven Region, um den Laser- und den Modulatorabschnitt elektrisch voneinander zu isolieren. Dies wird nach dem Entfernen der P-Kontaktlaser von überall außer von oberhalb des aktiven Streifens in der Laser- und der Modulatorregion durchgeführt.

**[0023]** In diesem Beispiel wurde die Breite der Absorptionsschicht in dem Modulatorabschnitt mit einer SEM-(Scanning Electron Microscope = Rasterelektronenmikroskop) Analyse auf 1,7  $\mu\text{m}$  geschätzt. Das Stückchen wurde auf 90  $\mu\text{m}$  gedünnt. Es wurden Blöcke abgespalten, die auf beiden Seitenflächen mit Mehrschichtspiegelungsschichten versehen wurden, bevor sie für Untersuchungen und zum Verpacken angeritzt und in einzelne Chips aufgeteilt wurden.

**[0024]** In der fertig als Sender montierten Form sitzt der Chip mit der p-Seite nach oben auf einem metallisierten Diamanten. Vom Diamanten zur Masseebene des Gehäuses ist eine Verbindung mit niedriger Impedanz vorgesehen, die als negativer elektrischer Anschluss des DFB und als positiver Anschluss des in Sperrrichtung gepolten Modulators dient. Damit die Chiptemperatur kontrolliert werden kann, enthält das Gehäuse einen Thermistor und ein Peltier-Kühlelement. Ein K-Typ-Anschlussstecker großer Bandbreite (40 GHz) wird verwendet, um einen elektrischen Hochgeschwindigkeitskontakt zur p-Seite des Modulators zu schaffen. An der p-Seite des DFB wird ein elektrischer Gleichstromkontakt angebracht. Damit der Laserausgang direkt überwacht werden kann, wird eine Fotodiode nahe der DFB-Seitenfläche zur Messung der Leistung des Senders angeordnet.

**[0025]** Die [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) zeigen das Betriebsverhalten des Senders. An der Laser-EA-Modulatorvorrichtung wurden bei Hochfrequenzen, die für einen fasergespeisten zellularen GSM Funkbetrieb (Mittenfrequenz um 950 MHz, Trägerabstand gleich 200 kHz) relevant sind, Standardzweitontests ausgeführt. Um die Hochfrequenz zwischen dem Laser und dem Modulator aufzuteilen, wurde ein Leistungsteiler verwendet, wobei letzterer über das Dämpfungsglied **5** und eine Phasenanpassung gespeist wird.

**[0026]** Das Spektrum, das erhalten wird, wenn eine Hochfrequenz ausschließlich an den Laser angelegt wird, ist in der [Fig. 3a](#) für eine Modulatorspannung von -1,21 V gezeigt. Es wurden anfänglich Abstimmungen an dem fest einstellbaren Dämpfungsglied (grob) und der Modulatorspannung (fein) vorgenommen, wobei die Hochfrequenz nur an dem Modulatorabschnitt anlag, so dass die Intermodulationsprodukte dritter und fünfter Ordnung in etwa dieselben Amplituden aufwiesen wie diejenigen, bei denen die Hochfrequenz nur an den Laser angelegt wurde, aber mit einem viel geringeren detektierten Signalpegel. Im Anschluss daran wurde, um eine maximale Annullierung der Verzerrung zu erreichen, die Modulatorspannung optimiert, wobei an beide Elemente eine Hochfrequenz angelegt wurde. Das in [Fig. 3b](#) dargestellte detektierte Spektrum zeigt deutlich die Annullierung der Intermodulationsprodukte dritter und fünfter Ordnung wenn die Spannung optimiert wird, aber dennoch verbleibt der detektierte Trägerpegel innerhalb 1 dB von dem, was ohne Annullierung der Verzerrung gemessen wurde.

**[0027]** Mehr als eine Kombination aus Dämpfung und Versorgungsspannung ergab eine Annullierung der Verzerrung. In einem weiteren Beispiel wurde eine Vorspannung von -0,12 V an den Modulator angelegt und ein Dämpfungsverhältnis von 26 dB verwendet. Es wurde wiederum eine Annullierung der Intermodulationsprodukte erreicht. [Fig. 4](#) zeigt für diese Modulatorvorspannung von -0,12 V die Abhängigkeit der Intermodulationsverzerrung dritter Ordnung bei einer hochfrequenten Eingangsleistung sowohl mit als auch ohne einer, an den Modulator angelegten Hochfrequenz. Der Empfänger wurde in diesem Fall von einer einfachen, mit 50  $\Omega$  abgeschlossenen PIN-Fotodiode gebildet. Der Fotostrom betrug bei dieser Messung 0,9 mA, das einen, von Schrotrauschen dominierten Rauschuntergrund bei -167 dB·Hz ergibt. Die Annullierung der Verzerrung ergibt eine Verbesserung des nebenschwingungsfreien dynamischen Bereichs (SFDR; für spurious-free dynamic range) von 96 dB·Hz<sup>2/3</sup> auf 117 dB·Hz<sup>6/7</sup>.

**[0028]** Die [Fig. 5a](#) und [Fig. 5b](#) zeigen die zum Erhalt der oben ausgeführten Ergebnisse verwendeten zwei Konfigurationen in einer detaillierteren Darstellung. In diesen Schaltungen werden die Ansteuersignale in ei-

nem Leistungsverbinder **51** kombiniert und durch einen Verstärker **52** geleitet. Das resultierende Signal wird mittels eines 3 dB-Kopplers **53** aufgeteilt. Ein Teil des Signals wird dann in die Steuerleitung zur Laserdiode **54** eingekoppelt. Der Versorgungsgleichstrom  $i_{dc}$  beträgt 154 mA. Der andere Teil des Signals wird durch ein 20 dB-Dämpfungsglied und eine Steuerstufe **55** geleitet und an den Steuereingang des elektrooptischen Modulators gekoppelt. In dem in der [Fig. 5a](#) vorgestellten Fall ist ein weiteres Dämpfungsglied **56** in den Signalweg zum Modulator **57** eingefügt. Die Steuerstufe **55** kann eine Mikrowellenphasenpassung zur Anpassung der Phase an der Steuerleitung zum Modulator umfassen, damit diese an die der Steuerleitung zum Laser angepasst wird. In diesem Beispiel umfasst die Stufe ein Mikrowellenstreifenleiterpaar, das relativ zueinander bewegt wird, um die erforderliche Phasenänderung zu erbringen. Zusätzlich kann, wie in der [Fig. 9](#) schematisch dargestellt, eine Rückkopplung von dem optischen Ausgang des Senders verwendet werden, um die an dem Modulator anliegende Vorspannung zu steuern. Um dies zu vereinfachen, können dem Ansteuersignal zwei Hochfrequenztöne resistiv hinzugefügt werden. Hierbei wird am Ausgang des Senders ein optischer Koppler verwendet, der einen kleinen Anteil der Ausgangsleistung abspaltet. Dieser wird, um den Frequenzunterschied der zwei Hochfrequenztöne auszulesen, gefiltert und, um ein Steuersignal für den Modulator mit einem geeigneten Pegel zu erzeugen, durch eine Gleichrichterdiode geleitet und verstärkt.

**[0029]** [Fig. 8](#) zeigt eine alternative Ausführungsform, worin der elektrooptische Modulator von einem Mach-Zehnder-Planarbauelement gebildet wird, das im Handel unter der Bezeichnung GEC Advanced Optical Products Y-35-8931-02 erhältlich ist. Als optische Quelle wurde ein direkt modulierter DFB-Halbleiterlaser verwendet.

**[0030]** Wie oben erwähnt ist der erfindungsgemäße Sender, vor allem zur Verwendung in einer analogen optischen Verbindung innerhalb eines zellulären Funksystems geeignet. [Fig. 9](#) veranschaulicht ein solches System, worin ein Sender, wie beispielsweise der in [Fig. 1](#) dargestellte, in einer zentralen Station **91** angeordnet ist, die mit einer Anzahl von zellulären GSM Basisstationen **92** durch eine optische Faserverbindung **93** (zur einfacheren Darstellung sind in der Figur nur eine einzelne Verbindung und eine einzelne Basisstation gezeigt) verbunden ist. In der zellulären Basisstation wird das optische Hochfrequenzträgersignal zur Übertragung an mobile Stationen **94** in ein elektrisches Hochfrequenzsignal umgewandelt. Dies kann zum Beispiel unter Verwendung von Verfahren erfolgen, die in der Veröffentlichung von H. Ogawa, Trans. on Microwave Theory and Techniques, Band 39, Nr. 12. Dez. 1991, Seite 2045–2051 offenbart sind.

Tabelle 1

Schicht	Material	Dicke
A: Substrat	n InP S-dotiert $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	300 $\mu\text{m}$
B: Pufferschicht	n InP S-dotiert $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	3 $\mu\text{m}$
C: Begrenzungsschicht	Q 1.10 undotiert 200 Å dick	mit Schicht D insgesamt 0,215 $\mu\text{m}$
D: MQW Absorptions- schicht	13 Folgen 95 Å dicker, undotier- ter Q1.59 Töpfe und 55 Å dicker undotierter Q1.10 Barrieren	mit Schicht C insgesamt 0,215 $\mu\text{m}$
E: Zwischenschicht	n InP S-dotiert $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$	0,2 $\mu\text{m}$
F: Begrenzungsschicht	Q1.30 undotiert, 100 Å dick	mit Schicht G insgesamt 0,138 $\mu\text{m}$
G: MQW Gewinnschicht	8 Folgen von 80 Å dicken, undo- tierten ternären Töpfen und 80 Å dicken, undotierten Q1.30 Bar- rieren	mit Schicht F insgesamt 0,138 $\mu\text{m}$
H: Gitterschicht	p Q1.10 Zn-dotiert $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$	0,2 $\mu\text{m}$
I: Deckschicht	p InP Zn-dotiert $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$	0,05 $\mu\text{m}$

### Patentansprüche

1. Optischer Sender (1) umfassend:
  - a) einen direkt modulierten Halbleiterlaser (2), der einen Eingang für ein analog elektrisch modulierendes Hochfrequenzsignal umfasst; und
  - b) einen nichtlinearen optischen Intensitätsmodulator (3), der seriell mit dem optischen Ausgang des Lasers verbunden ist und der einen Eingang für ein analoges elektrisch modulierendes Hochfrequenzsignal umfasst, das dem an den Laser angelegten Signal entspricht, wobei der Modulator (3) eine Transfercharakteristik aufweist, die ausgebildet ist, die Intermodulationsverzerrung im optischen Signalausgang des Lasers zumindest teilweise zu annulieren.
2. Sender (1) nach Anspruch 1, worin der Modulator (3) von einem Elektroabsorptions-Modulator gebildet wird.
3. Sender (1) nach Anspruch 2, worin der Elektroabsorptions-Modulator mit dem Halbleiterlaser (2) integriert ausgeführt ist.
4. Sender (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, worin der Laser (2) von einem DFB-Laser gebildet wird.
5. Sender (1) nach Anspruch 4, worin der Laser (2) von einem Multi-Quantum-Well (MQW) Distribut-  
ed-Feedback (DFB)-Laser gebildet wird und der Modulator (3) als MQW Elektroabsorptions-Modulator ausge-  
bildet ist.
6. Sender (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, worin der Modulator (3) von einer Mach-Zehnder-Vorrich-  
tung gebildet wird.

7. Sender (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, der zum Linearisieren des optischen Ausgangssignals ferner eine Steuerschaltung zum aktiven Steuern des Modulators (3) umfasst.

8. Sender (1) nach Anspruch 7, worin die Steuerschaltung einen Detektor zum Überwachen des Ausgangs des Senders umfasst und der Ausgang der Steuerschaltung mit einem Steuereingang des Modulators (3) verbunden ist und bei Verwendung an den Steuereingang ein, vom Ausgangssignal des Detektors abhängiges Steuersignal anlegt.

9. Zelluläres Funksystem, das eine analoge optische Verbindung zwischen einer zentralen Station (91) und einer dezentralen Basisstation umfasst, und worin die zentrale Station (91) einen optischen Sender nach einem der vorangehenden Ansprüche umfasst, der so ausgebildet ist, dass er ein moduliertes optisches Signal zur Übertragung über die analoge optische Verbindung erzeugt.

10. Verfahren zum Erzeugen eines analogen optischen Hochfrequenzsignals, das das Anlegen eines analog elektrisch modulierenden Hochfrequenzsignals an einen Halbleiterlaser (2) und das Anlegen eines entsprechenden analog elektrisch modulierenden Hochfrequenzsignals an einen nichtlinearen elektrooptischen Modulator (3) umfasst, der mit dem optischen Ausgang des Lasers (2) verbunden ist und wobei der Modulator eine Transfercharakteristik aufweist, die ausgebildet ist, um die Intermodulationsverzerrung in dem optischen Signalausgang des Lasers (2) zumindest teilweise zu annullieren.

11. Verfahren nach Anspruch 10, das ferner ein aktives Steuern des Modulators (3) und ein Linearisieren des optischen Signals hierdurch umfasst.

12. Verfahren nach Anspruch 11, worin der Schritt zum aktiven Steuern umfasst:

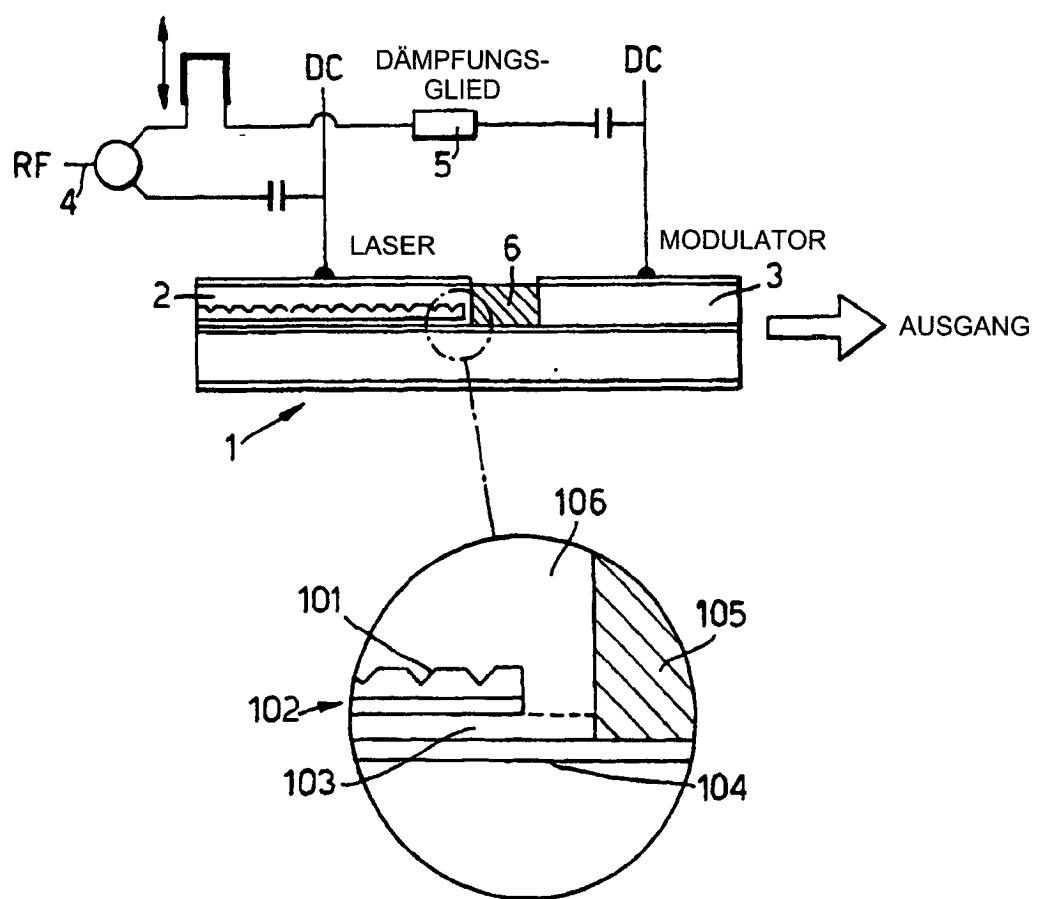
- i) Detektieren eines optischen Ausgangssignals des Senders; und
- ii) Ändern eines an den Modulator (3) angelegten Steuereingangssignals in Abhängigkeit von dem optischen Ausgangssignal.

13. Verfahren zum Betreiben eines zellulären Funksystems, umfassend:

- a) Erzeugen eines analogen optischen Hochfrequenzsignals an einer zentralen Station (91) nach einem der Ansprüche 10 bis 12;
- b) Übertragen des optischen Signals über eine optische Verbindung an eine dezentrale Basisstation; und
- c) nachfolgendes Herleiten eines elektrisch ausgeprägten Hochfrequenzsignals aus dem optischen Signal für eine Funkübertragung durch die dezentrale Basisstation.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Fig.1.



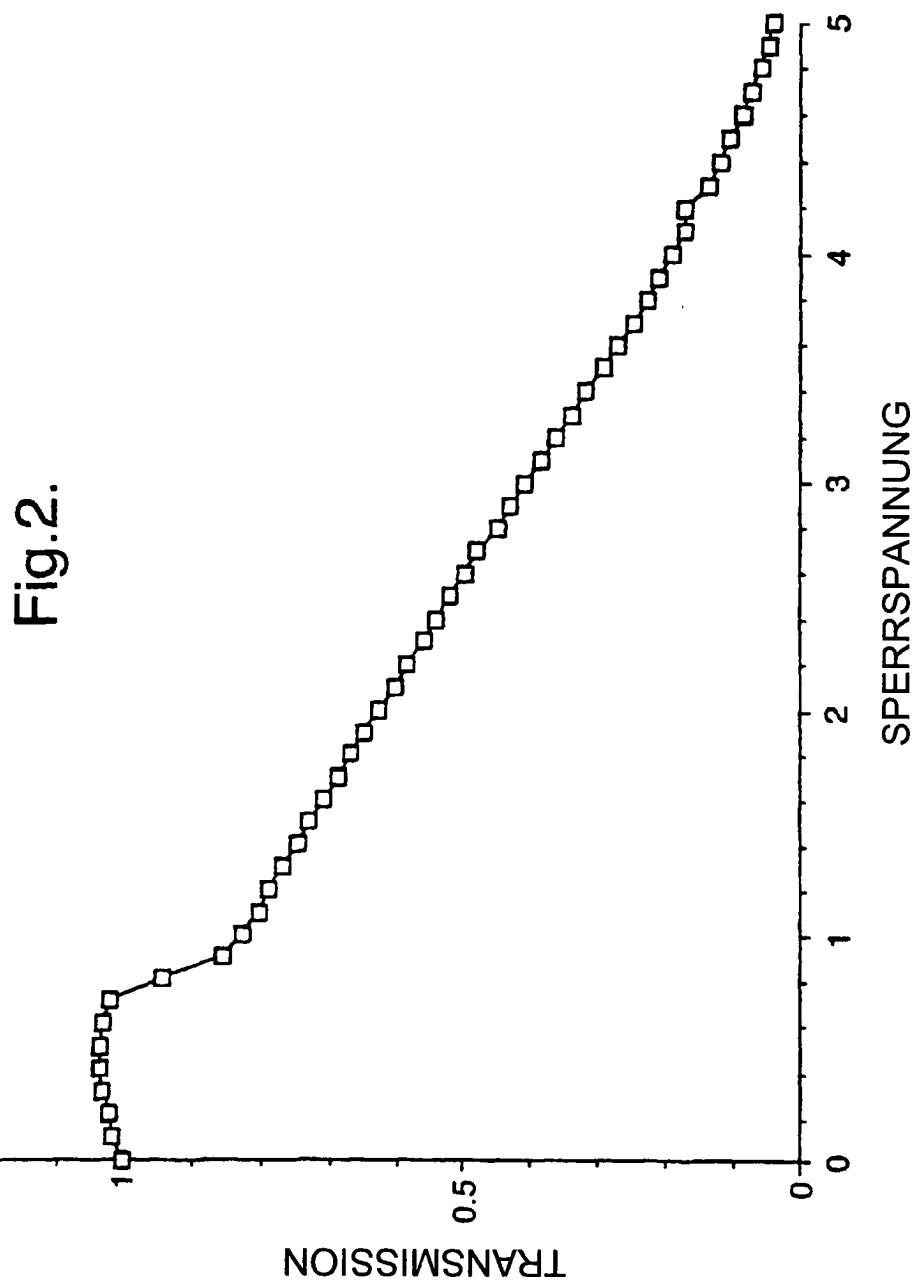


Fig.3A.

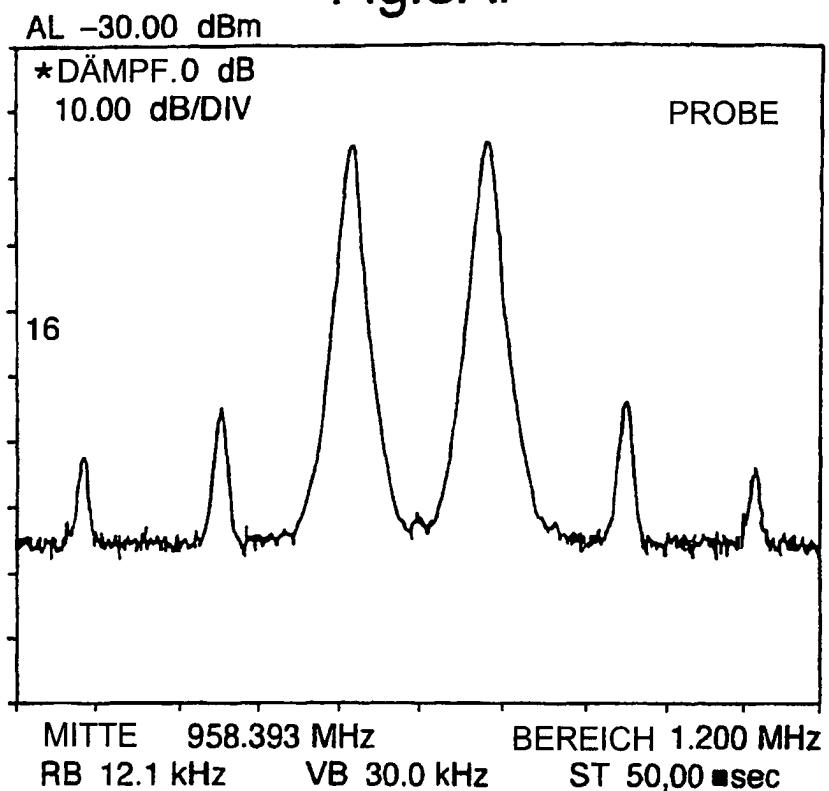


Fig.3B.

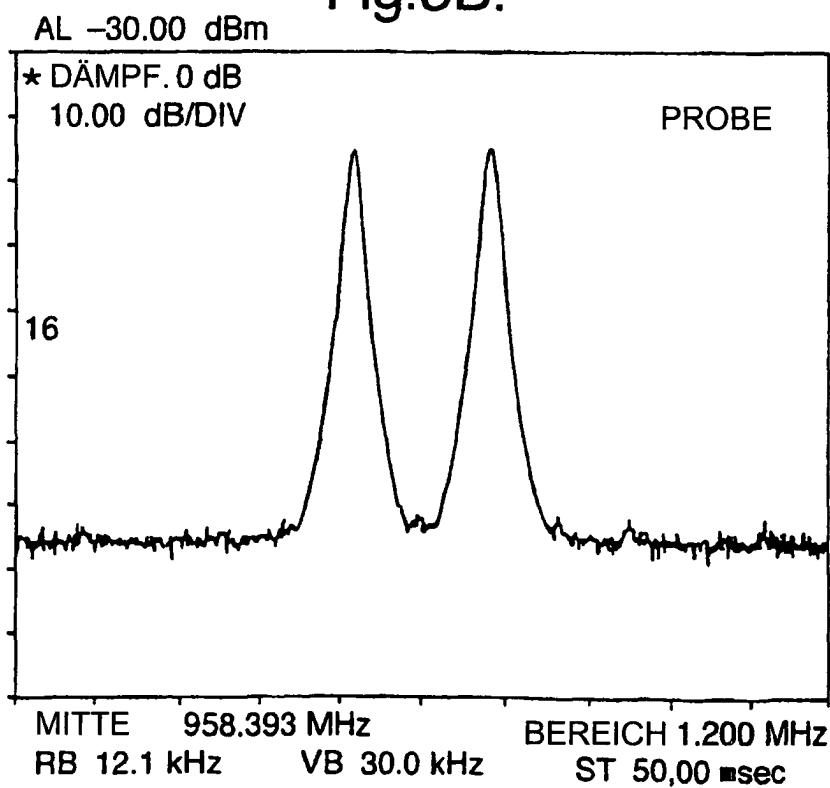
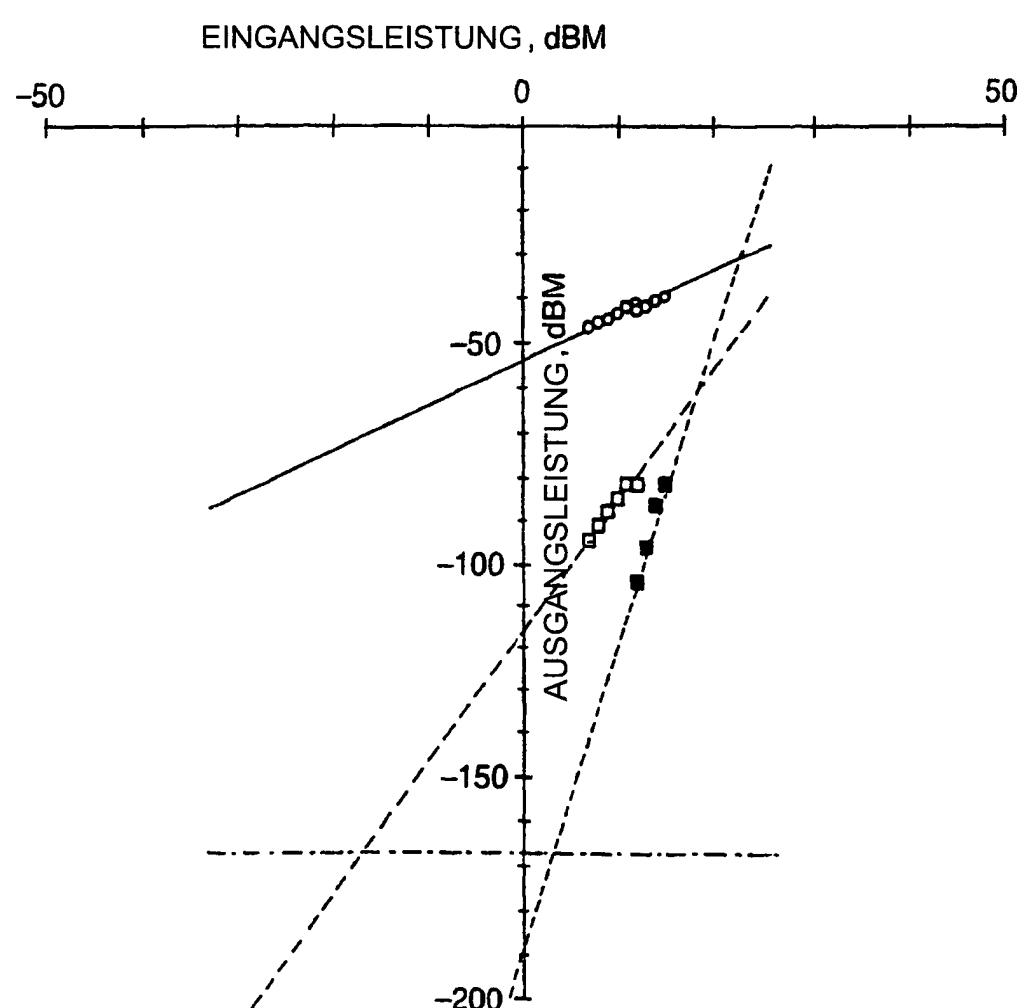
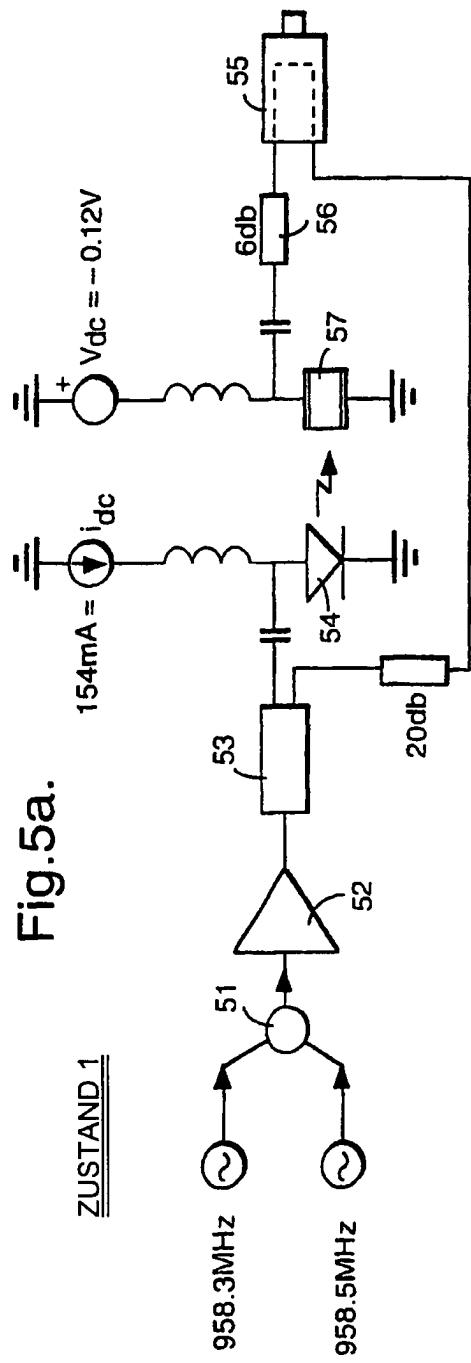


Fig.4.



**ZUSTAND 1**  
**Fig.5a.**



**ZUSTAND 2**  
**Fig.5b.**

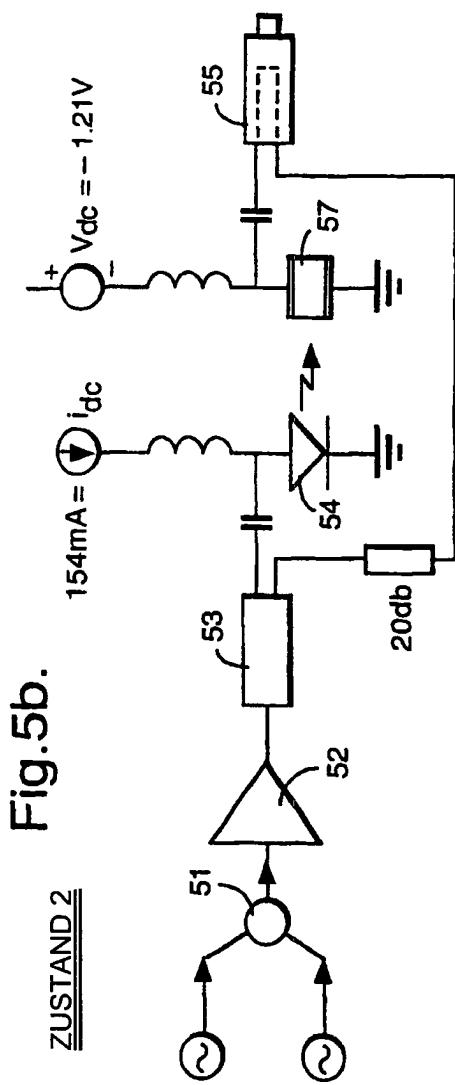


Fig.6.

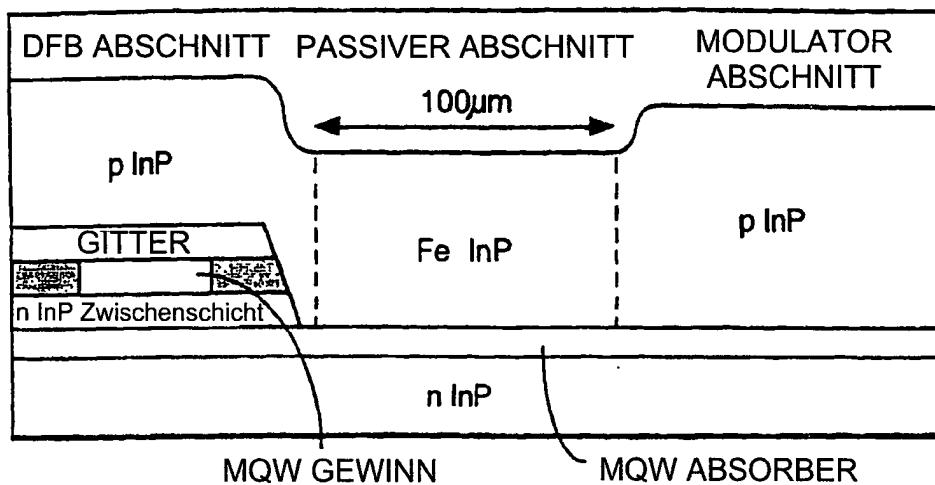


Fig.7.

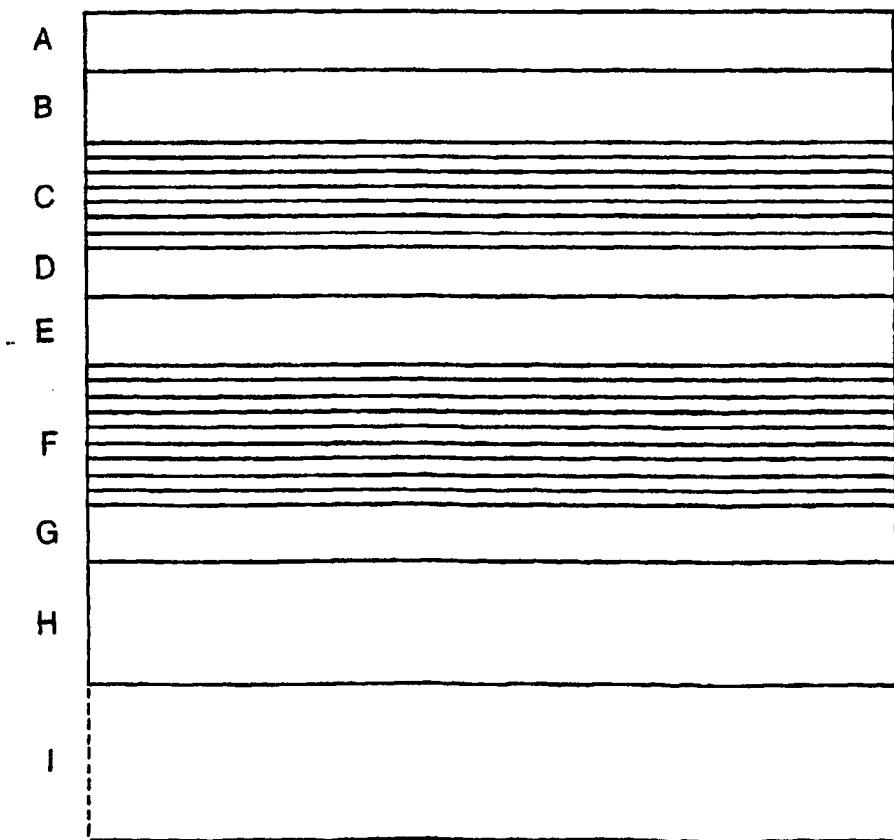


Fig.8.

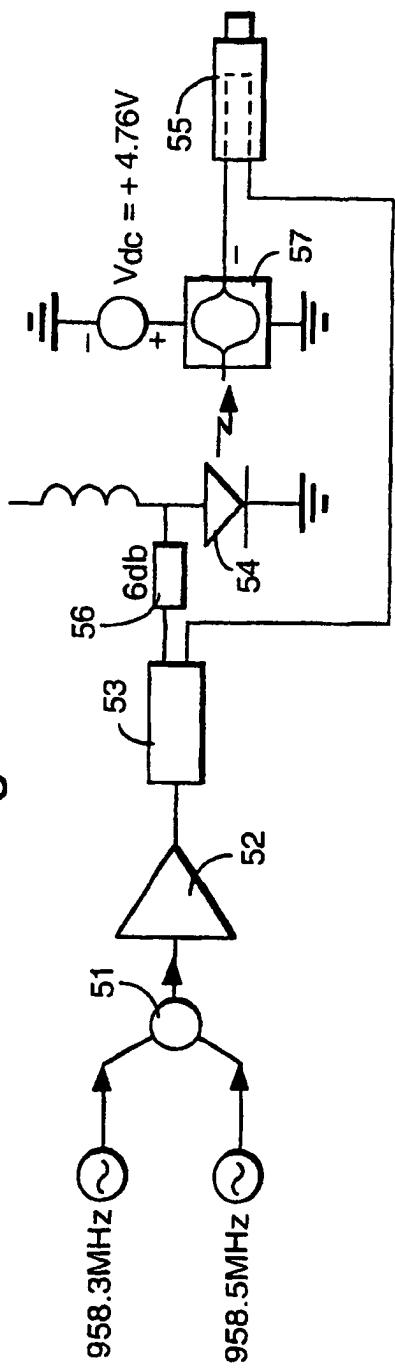


Fig.9.

