



(10) **DE 10 2008 056 096 B4** 2016.09.29

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 056 096.0**
(22) Anmeldetag: **04.11.2008**
(43) Offenlegungstag: **12.05.2010**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **29.09.2016**

(51) Int Cl.: **H01S 5/026 (2006.01)**
H01S 5/06 (2006.01)
H01S 5/04 (2006.01)
G02F 1/01 (2006.01)
G02F 2/00 (2006.01)

Innerhalb von neun 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. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Forschungsverbund Berlin e.V., 12489 Berlin, DE

(72) Erfinder:
Klehr, Andreas, Dr., 13156 Berlin, DE; Liero, Armin, 13187 Berlin, DE

(74) Vertreter:
**Gulde & Partner Patent- und
Rechtsanwaltskanzlei mbB, 10179 Berlin, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur selektiven Transmission eines optischen Signals**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Erzeugung gepulster Laserstrahlung, mit folgenden Verfahrensschritten:

– Einkoppeln eines optischen Signals in eine Vorrichtung zur selektiven Transmission eines optischen Signals mit variabler, einstellbarer Frequenz, wobei die Vorrichtung aufweist:

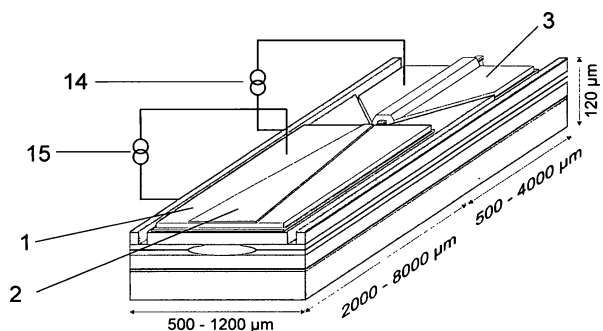
eine Einkoppelfacette (8) zur Einkopplung eines optischen Signals,

einen als ersten optischen Wellenleiter (3) ausgebildeten optischen Modulator, der mit der Einkoppelfacette (8) zusammenwirkt und über elektrische Kontakte mit einer ersten Treiberschaltung (14) verbunden ist, wobei der erste Wellenleiter (3) aus einem Material ausgebildet ist, dessen optische Transmission durch Injektion von elektrischen Ladungsträgern erhöht wird, wobei die erste Treiberschaltung (14) mindestens ein elektrisches Schaltelement (12) zur Injektion (3) elektrischer Ladungsträger für ein jeweils vorgegebenes Zeitintervall und mit einer vorgegebenen Wiederholfrequenz in den ersten Wellenleiter (3) aufweist,

einen als zweiten optischen Wellenleiter (1, 2) ausgebildeten optischen Verstärker zur Verstärkung und/oder Kontrasterhöhung des vom ersten Wellenleiter (3) in den zweiten Wellenleiter (1, 2) eingekoppelten optischen Signals, wobei der erste Wellenleiter (3) zwischen der Einkoppelfacette (8) und dem zweiten Wellenleiter (1, 2) angeordnet ist, und wobei der zweite optische Wellenleiter (1, 2) über elektrische Kontakte mit einer zweiten Treiberschaltung (15) verbunden ist, wobei die zweite Treiberschaltung (15) mindestens ein Schaltelement (10) aufweist, und eine Auskoppelfacette (9) zur Auskopplung der optischen Strahlung aus dem zweiten Wellenleiter (1, 2), wobei der Abstand zwischen dem Schaltelement (12) der ersten Treiberschaltung (14) und dem ersten optischen Wellenleiter (3) kleiner als 3 mm beträgt, und wobei

der erste optische Wellenleiter (3) eine Sektion zur Einkopplung (6), eine erste Absorbersektion (5), eine Pulspickersektion (4) sowie eine zweite Absorbersektion (18) aufweist, wobei die erste Treiberschaltung (14) ausgebildet ist, die optische Transparenz der Pulspickersektion (4) durch Injektion von elektrischen Ladungsträgern zu erhöhen, wobei die erste Treiberschaltung (14) weiterhin ausgebildet ist, während der Injektion von Ladungsträgern in die Pulspickersektion (4) an die erste Absorbersektion (5) und an die zweite Absorbersektion (18) ein elektrisches Feld in Gegenrichtung anzulegen, und

– intervallweise Injektion elektrischer Ladungsträger in den ersten Wellenleiter (3) zur selektiven Transmission des eingekoppelten optischen Signals, wobei während der Injektion von Ladungsträgern in die Pulspickersektion (4) an die erste Absorbersektion (5) und an die zweite Absorbersektion (18) ein elektrisches Feld in Gegenrichtung angelegt wird, wobei das selektierte optische Signal im zweiten optischen Wellenleiter (1, 2) verstärkt wird und/oder der Kontrast des selektierten optischen Signals im zweiten optischen Wellenleiter (1, 2) erhöht wird.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 2003 / 0 180 054 A1
US 2005 / 0 206 989 A1
EP 1 210 754 B1
EP 1 065 765 A2

**C.H. Kwok [u.a.]: "Twin-Contact High
Brightness Tapered Laser for High Modulation
Efficiency High Speed Signal Modulation". In:
Optoelectronic Materials and Devices III, Proc.
of SPIE, Vol. 7135, Paper No. 71351V, 7 Seiten,
Conference Date: 27. Oct. 2008**

**J.-M. Verdiell [u.a.]: "Semiconductor
MOPA with monolithically integrated 5GHz
electroabsorption modulator". In: Electronics
Letters, Vol. 31, No. 14, S. 1187-1189, Juli 1995**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur selektiven Transmission eines optischen Signals, insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur selektiven Transmission einzelner Pulse gepulster Laserstrahlung mit ultrakurzen Pulsbreiten (bis in den Femtosekunden-Bereich, vorzugsweise mit Pulsbreiten zwischen 100 ps–500 fs) bei extrem variablen Wiederholfrequenzen bis in den GHz-Bereich (vorzugsweise bis zu 300 MHz) für optische Wellenlängen zwischen 200nm–30 µm

[0002] Eine Vielzahl von Anwendungen, z.B. bestimmte Bereiche der Lasermaterialbearbeitung, der Photo- und Displaytechnik, von biomedizinischen Screeningstechniken auf der Basis der Fluoreszenzspektroskopie, Laserentfernungsmessung, LIDAR sowie der optischen Analytik erfordern die Bereitstellung von sehr kurzen optischen Impulsen (bis in den Femtosekunden-Bereich) geringer Folgefrequenz (bis zu 100 MHz). Da übliche Kurzpulslasersysteme Impulse mit hoher Folgefrequenz erzeugen, benötigt man schnelle optische Modulatoren (Pulspicker), die in der Lage sind, aus den schnellen Pulszügen einzelne Impulse zu selektieren und zu transmittieren, d.h. eine Frequenzteilung zu erreichen. Dann können diese vereinzelt Impulse getrennt weiterverarbeitet werden. Im Gegensatz zu rein modengekoppelten Lasersystemen, bieten Systeme mit Modulator die Möglichkeit, Pulse nahezu beliebiger Form, Länge und Wiederholrate zu erzeugen.

[0003] Zur Pulsselektion ist die Verwendung von Pockelszellen bekannt, die mit nichtlinearen, spannungsabhängigen optischen Kristallen arbeiten. Hierfür werden nachteilhafterweise hohe Spannungen benötigt. Dabei sind die Kapazitäten, die entsprechend umgeladen werden müssen, ebenfalls sehr hoch. Damit ist die erreichbare minimale Pulsweite (damit auch die maximale Eingangs-Pulsfolgefrequenz) und auch die Folgefrequenz des Schalters (und damit die maximale Ausgangs-Pulsfolgefrequenz) stark begrenzt. Es lassen sich Pulsweiten von einigen 10 ns (typisch 30 ns) erreichen. Die Folgefrequenz liegt bei einigen MHz.

[0004] Weiterhin ist zur Pulsselektion die Verwendung von akusto-optischen Modulatoren bekannt. Durch Anlegen einer HF-Spannung wird ein stehendes Ultraschallfeld erzeugt. Dieses Feld lenkt dann die optischen Laserimpulse ab. Zum Aufbau eines stehenden Feldes wird Zeit benötigt. Damit lassen sich kurze Impulse von minimal einigen ns erreichen. Die Folgefrequenz ist durch die maximale mittlere Leistung begrenzt, so dass man auch nicht wesentlich über 10 MHz erreicht.

[0005] Weiterhin ist zur Pulsselektion die Verwendung von elektro-optischen Modulatoren bekannt.

Der einfachste Fall der elektro-optischen Modulatoren besteht aus einem Kristall, z.B. Lithiumniobat, bei dem der Brechungsindex von der Stärke des angelegten elektrischen Feldes abhängt. Elektrooptische Kristalle ändern somit ihre optische Dicke instantan als Funktion der Stärke eines angelegten äußeren elektrischen Feldes. Der Effekt ist abhängig von der Polarisation der einfallenden Strahlung. Für zwei orthogonal zueinander polarisierte Strahlen beträgt der Gangunterschied gerade dann 180°, wenn die sogenannte $\lambda/2$ -Spannung angelegt wird. Bei entsprechender Kristalljustierung dreht sich für linear polarisiert einfallendes Licht die Polarisationssebene um 90°. Ein Polarisator entfernt das Licht vollständig aus dem Strahlengang. Durch Variation der anliegenden Spannung kann die Intensität des durchgehenden Lichtes dann moduliert werden. Der Modulator kann somit in einfacher Weise als Phasenverzögerungsplatte mit elektrisch einstellbarer Verzögerung verstanden werden. Somit kann durch Variation der Spannung eine optische Pulsselektion erfolgen.

[0006] Weiterhin ist zur Pulsselektion die Verwendung eines integriert elektro-optischen Lichtmodulators auf Wellenleiterbasis bekannt. Das Basiselement ist ein fasergekoppelter Mach-Zehnder Amplitudenmodulator auf der Basis des ferroelektrischen Kristallmaterials Lithiumniobat. Die Modulation erfolgt durch elektrooptische Verstimmung des Wellenleiter-Interferometers infolge einer an das Elektrodensystem angelegten elektrischen Spannung.

[0007] In US 2005/0206989 A1 wird ein elektro-optischer Modulator mit hoher optischer Bandbreite offenbart. Ein elektro-optischer Modulator mit Treiberschaltung ist aus US 2003/0180054 A1 bekannt. Weitere optische Modulatoren sind EP 1 065 765 A2 und EP 1 210 754 B1 sowie den Veröffentlichungen Kwok et al., „Twin-Contact High Brightness Tapered Laser for High Modulation Efficiency High Speed Signal Modulation“, Proc. of SPIE Vol. 7135, 71351V (2008) und Verdiell et al., „Semiconductor MOPA with monolithically integrated 5GHz electroabsorption modulator“, Electron. Lett. 31(14), 1187–1189 (1995) zu entnehmen.

[0008] Bei den beschriebenen Lichtmodulatoren besteht der Nachteil, dass sie relativ groß und justageaufwändig sind, und die Modulationsfrequenz zum Ausschneiden einzelner Impulse begrenzt ist.

[0009] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Lichtmodulation anzugeben, mit denen sehr kurze optische Pulse bis in den Femtosekunden-Bereich mit geringer Folgefrequenz selektiert werden können, wobei die Folgefrequenz in einem Bereich zwischen einigen Hz – in den GHz Bereich variabel sein soll. Weiterhin soll eine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete Vorrichtung im Vergleich zu den Vorrichtungen

im Stand der Technik möglichst kostengünstig ausgebildet sein.

[0010] Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Erzeugung gepulster Laserstrahlung, mit den Verfahrensschritten:

- i) Einkoppeln eines optischen Signals in eine Vorrichtung zur selektiven Transmission eines optischen Signals mit variabler, einstellbarer Frequenz, wobei die Vorrichtung aufweist: eine Einkoppelfacetten zur Einkopplung eines optischen Signals, einen als ersten optischen Wellenleiter ausgebildeten optischen Modulator, der mit der Einkoppelfacetten zusammenwirkt und über elektrische Kontakte mit einer ersten Treiberschaltung verbunden ist, wobei der erste Wellenleiter aus einem Material ausgebildet ist, dessen optische Transmission durch Injektion von elektrischen Ladungsträgern erhöht wird, wobei die erste Treiberschaltung mindestens ein elektrisches Schaltelement zur Injektion elektrischer Ladungsträger für ein jeweils vorgegebenes Zeitintervall und mit einer vorgegebenen Wiederholfrequenz in den ersten Wellenleiter aufweist, einen als zweiten optischen Wellenleiter ausgebildeten optischen Verstärker zur Verstärkung und/oder Kontrasterhöhung des vom ersten Wellenleiter in den zweiten Wellenleiter eingekoppelten optischen Signals, wobei der erste Wellenleiter zwischen der Einkoppelfacetten und dem zweiten Wellenleiter angeordnet ist, und wobei der zweite optische Wellenleiter über elektrische Kontakte mit einer zweiten Treiberschaltung verbunden ist, wobei die zweite Treiberschaltung mindestens ein Schaltelement aufweist, und eine Auskoppelfacetten zur Auskopplung der optischen Strahlung aus dem zweiten Wellenleiter, wobei der Abstand zwischen dem Schaltelement der ersten Treiberschaltung und dem ersten optischen Wellenleiter kleiner als 3 mm beträgt, und wobei der erste optische Wellenleiter eine Sektion zur Einkoppeljustage, eine erste Absorbersektion, eine Pulpickersektion sowie eine zweite Absorbersektion aufweist, wobei die erste Treiberschaltung ausgebildet ist, die optische Transparenz der Pulpickersektion durch Injektion von elektrischen Ladungsträgern zu erhöhen, wobei die erste Treiberschaltung weiterhin ausgebildet ist, während der Injektion von Ladungsträgern in die Pulpickersektion an die erste Absorbersektion und an die zweite Absorbersektion ein elektrisches Feld in Gegenrichtung anzulegen, und
- ii) intervallweise Injektion elektrischer Ladungsträger in den ersten Wellenleiter zur selektiven Transmission des eingekoppelten optischen Signals, wobei während der Injektion von Ladungsträgern in die Pulpickersektion an die erste Absorbersektion und an die zweite Absorbersektion ein elektrisches Feld in Gegenrichtung angelegt wird, wobei das selektierte optische Signal

im zweiten optischen Wellenleiter verstärkt wird und/oder der Kontrast des selektierten optischen Signals im zweiten optischen Wellenleiter erhöht wird. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten. Ein besonderer Vorteil einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Vorrichtung besteht darin, dass ultrakurze Pulse mit Pulsbreiten kleiner als 10 ps mit einer Folgefrequenz bis in den GHz Bereich selektiert werden können.

[0011] Dazu weist ein zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneter optischer Modulator eine Einkoppelfacetten und einen ersten optischen Wellenleiter auf, der aus elektrisch halbleitenden Materialien ausgebildet, mit der Einkoppelfacetten zusammenwirkt und über elektrische Kontakte mit einer ersten Treiberschaltung verbunden ist, wobei der erste Wellenleiter derart ausgebildet ist, dass die optische Transparenz des ersten Wellenleiters durch Injektion von elektrischen Ladungsträgern in den ersten Wellenleiter (um mindestens 10%, bevorzugter 50%) erhöht wird, wobei die erste Treiberschaltung mindestens ein Schaltelement aufweist und ausgebildet ist, über die Kontakte des ersten Wellenleiters für sehr kurze Zeitintervalle und entsprechend einer vorgegebenen Wiederholfrequenz elektrische Ladungsträger in den ersten Wellenleiter zu injizieren. Weiterhin weist der erfindungsgemäße optische Modulator einen zweiten optischen Wellenleiter auf, wobei der erste Wellenleiter zwischen der Einkoppelfacetten und dem zweiten Wellenleiter angeordnet ist, und wobei der zweite Wellenleiter aus halbleitenden Materialien ausgebildet ist und über elektrische Kontakte mit einer zweiten Treiberschaltung verbunden ist, wobei die zweite Treiberschaltung mindestens ein Schaltelement aufweist, und der zweite Wellenleiter und die zweite Treiberschaltung ausgebildet sind, das vom ersten Wellenleiter in den zweiten Wellenleiter eingekoppelte optische Signal zu verstärken und/oder dessen Kontrast zu erhöhen, wobei weiterhin eine Auskoppelfacetten zur Auskopplung der optischen Strahlung aus dem zweiten Wellenleiter vorgesehen ist.

[0012] Erfindungsgemäß können sehr kurze optische Pulse mit Pulsbreiten bis in den Femtosekunden-Bereich mit geringer Folgefrequenz selektiert werden können, in dem der Abstand zwischen dem Schaltelement der ersten Treiberschaltung und dem ersten optischen Wellenleiter kleiner als 3 mm beträgt und der Abstand zwischen dem Schaltelement der zweiten Treiberschaltung und dem zweiten optischen Wellenleiter kleiner als 3 mm beträgt.

[0013] Vorzugsweise beträgt der Abstand zwischen dem Schaltelement der ersten Treiberschaltung und dem ersten optischen Wellenleiter kleiner als 2 mm (noch bevorzugter kleiner 1 mm). Vorzugsweise beträgt der Abstand zwischen dem Schaltelement der zweiten Treiberschaltung und dem zweiten optischen

Wellenleiter kleiner als 2 mm (noch bevorzugter kleiner 1 mm). Gemäß der vorliegenden Erfindung wird als Abstand zwischen dem elektrischen Schaltelement und dem Wellenleiter als Abstand zwischen dem Ausgang (z.B. Drain) des elektrischen Schaltelements und dem Mittelpunkt des vertikal zur Lichtausbreitungsrichtung angeordneten Bereich des Wellenleiters verstanden, durch den (über die Lichteintrittsfacette) die zu modulierende Strahlung in den Wellenleiter eingekoppelt wird.

[0014] Vorzugsweise weisen die Lichteintrittsfacette und die Lichtaustrittsfacette eine optische Transmission für die zu modulierende optische Strahlung (die zwischen 200 nm–30 µm liegen kann) größer als 80%, noch bevorzugter größer als 90% auf.

[0015] Vorzugsweise besitzen der erste Wellenleiter im transparent geschalteten Zustand (d.h. während der Injektion von Ladungsträgern) eine optische Transmission für die zu modulierende optische Strahlung (die zwischen 200 nm–30 µm liegen kann) größer als 50%, noch bevorzugter größer als 90% und im nicht-transparent geschalteten Zustand eine optische Transmission kleiner 50%, noch bevorzugter kleiner als 30%, noch bevorzugter kleiner als 1%. Vorzugsweise ist die erste Treiberschaltung ausgebildet, in den ersten Wellenleiter elektrische Ladungsträger für ein jeweils vorgegebene Zeitintervall und mit einer vorgegebenen Wiederholfrequenz zu injizieren, wobei das Zeitintervall vorzugsweise zwischen 10 ps und 1 ns und die Wiederholfrequenz vorzugsweise zwischen 1 kHz und 1 GHz beträgt.

[0016] Grundsätzlich ist die Anordnung der elektrischen Schaltelemente der Treiberschaltung und des optischen Schalters (Wellenleiter) direkt nebeneinander mit einem erhöhten Aufwand aufgrund der Notwendigkeit des besonders genauen Positionierens während des Montagesprozesses verbunden, so dass es grundsätzlich nicht naheliegt, diese Komponenten mit einem Abstand kleiner als 3 mm anzuordnen. Es wurde jedoch gefunden, dass für das transparent-Schalten eine Wiederholfrequenzen bis in den GHz-Bereich bei extrem kurzen Pulsen bis in den Pikosekunden-Bereich durch geringe Induktivitäten erreicht werden können.

[0017] Vorzugsweise sind der erste optische Wellenleiter und der zweite optische Wellenleiter auf demselben Substrat integriert. Besonders bevorzugt sind der erste optische Wellenleiter und der zweite optische Wellenleiter durch ein monolithisches Mehrsektions-Halbleiterbauelement ausgebildet, d.h. der erste und der zweite Wellenleiter können durch Epitaxie und Layout gemeinsam ausgebildet werden, sind jedoch räumlich voneinander getrennt.

[0018] In einer weiteren, bevorzugten Ausführungsvariante weist der erste optische Wellenleiter eine

erste Absorbersektion, eine Pulspickersektion (entspricht der über die Kontakte transparent bzw. nicht-transparent zu schaltende Wellenleitersektion) sowie eine zweite Absorbersektion auf, wobei die erste Treiberschaltung ausgebildet ist, die optische Transparenz der Pulspickersektion durch Injektion von elektrischen Ladungsträgern zu erhöhen (d.h. die Pulspickersektion transparent bzw. nicht-transparent zu schalten), wobei die erste Treiberschaltung so ausgebildet ist, dass während der Injektion von Ladungsträgern in die Pulspickersektion an die erste Absorbersektion und an die zweite Absorbersektion ein elektrisches Feld in Gegenrichtung anzulegen, wodurch ein Durchschlagen des zu modulierenden Signals effizient verhindert werden kann. Insbesondere ist es sonst möglich, dass sich in der Pulspickersektion aufgrund von Absorptionsprozessen Ladungsträger bilden, die zu einer ungewollten Transparenz der Pulspickersektion führen, obwohl keine Ladungsträger über die Kontakte injiziert werden. Das elektrische Feld in Gegenrichtung saugt die Ladungsträger ab, sodass ohne Injektion von Ladungsträgern in die Pulspickersektion durch elektrischen Strom keine Transparenz der Pulspickersektion erreicht werden kann. Vorzugsweise sind die erste Absorbersektion zwischen Einkoppelfacette und Pulspickersektion und die zweite Absorbersektion zwischen Pulspickersektion und Auskoppelfacette angeordnet. Weiterhin ist es bevorzugt, dass eine Sektion zur Einkoppeljustage zwischen der Einkoppelfacette und der ersten Absorbersektion angeordnet ist.

[0019] Vorzugsweise weist die erste Treiberschaltung einen ersten Ansteuergenerator und die zweite Treiberschaltung einen zweiten Ansteuergenerator auf, wobei Mittel zur Einstellung der Frequenz des ersten Ansteuergenerators und/oder Mittel zur Einstellung der Frequenz des zweiten Ansteuergenerators vorgesehen sind. Hierdurch ist es möglich, die Wiederholfrequenz des Pulspickers zu variieren. Vorzugsweise sind der erste Ansteuergenerator und der zweite Ansteuergenerator miteinander synchronisiert, wobei die Frequenz des ersten Ansteuergenerators ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz des zweiten Ansteuergenerators ist.

[0020] Vorzugsweise weist der erste optischen Wellenleiter und der zweite optische Wellenleiter einen Abstand zwischen 10 µm und 500 µm auf. Vorzugsweise weist die erste Absorbersektion und die Pulspickersektion bzw. die Pulspickersektion und die zweite Absorbersektion einen Abstand zwischen 10 µm und 500 µm auf.

[0021] Vorzugsweise ist der erste optische Wellenleiter als ridge waveguide ausgebildet.

[0022] Hierbei wird die laterale Wellenführung durch einen Brechungsindexsprung in der Epitaxieebene erreicht, der durch selektives Ätzen eines Steges

(ridges) in den Wellenleiter erzeugt wird. Vorzugsweise liegen die Stegbreiten im Bereich von 1,5–10µm. Durch diese Steggeometrie wird nicht nur die optische Welle eingeeengt, sondern auch der Stromfluss auf den Stegbereich begrenzt. Hierdurch erreicht man geringere Laserschwelen und eine bessere Wellenführung. Für die Modulation (transparent/nicht transparent Schalten) benötigt man mit dieser Geometrie nur geringere Modulationsströme. Stegwellenleiterlaser zeigen ein sehr gutes, nahezu gaußförmiges Strahlprofil mit (Beugungsmaßzahl $M^2 \sim 1$).

[0023] Vorzugsweise ist der erste optische Wellenleiter als Breitstreifenlaser ausgebildet.

[0024] Bei Breitstreifenlasern ist die optische Wellenführung schlechter und der benötigte Modulationsstrom höher. Typischerweise liegen die Breiten für den elektrischen Kontakt im Bereich von > 10–400 µm. Vorteil dieser Laser ist, dass höhere optische Leistungen geschaltet bzw. erzeugt werden können. Nachteil ist das schlechtere Strahlprofil ($M^2 < 10$) der emittierten Strahlung.

[0025] Vorzugsweise ist der zweite Wellenleiter als Taperlaser ausgebildet ist. Durch die Benutzung eines Trapezteils als 2. Wellenleiter wird erreicht, dass die mit gutem Strahlprofil aus dem ridge waveguide Wellenleiter in den Trapezwellenleiter eingekoppelte Strahlung, verstärkt werden kann, ohne das sich das Strahlprofil signifikant ändert. Man erhält verstärkte Strahlung mit gutem Strahlprofil ($M^2 < 2-3$). Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0026] Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Vorrichtung zur selektiven Transmission eines optischen Signals in einer schematischen, perspektivischen Darstellung,

[0027] Fig. 2 eine schematische Darstellung der Vorrichtung gemäß Fig. 1 in Aufsicht,

[0028] Fig. 3 eine schematische Darstellung eines zweites Ausführungsbeispiels zur selektiven Transmission eines optischen Signals in Aufsicht,

[0029] Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel einer Treiberschaltung einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Vorrichtung, und

[0030] Fig. 5 eine Darstellung der zu modulierenden Impulsfolge aus einem modegelockten Diodenlaser mit einer Frequenz von 4GHz (obere Abbildung) sowie die transmittierte Impulsfolge (ausselektierte Impulse) nach Durchlauf durch eine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Vorrichtung (untere Abbildung).

[0031] Die Fig. 1 und Fig. 2 zeigen ein Ausführungsbeispiel einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Vorrichtung zur selektiven Transmission eines optischen Signals in schematischer Darstellung.

[0032] Die Anordnung wird mit monolithischen 2- oder Mehrsektions-Halbleiterbauelementen (Fig. 3) aufgebaut. Dabei ist mindestens eine erste Sektion durch einen Wellenleiter **3** (1. Wellenleiter, z.B. ridge waveguide) ausgebildet, die für eine hohe zeitliche Auflösung bis hin in den Pikosekunden-Bereich sorgt, während mindestens eine zweite Sektion **2** (2. Wellenleiter) die optische Leistung im monolithischen Bauelement nach Durchgang durch die erste Sektion erhöht und den Kontrast im langsameren Zeitbereich (größer 1 ns) verbessert. Mit anderen Worten bildet die erste Sektion **3** einen ultraschnellen optischen Schalter aus, der bis in den Pikosekunden-Bereich zwischen transparent und nicht-transparent geschaltet werden kann, während die zweite Sektion die Pulse, die im Falle einer transparent geschalteten ersten Sektion die zweite Sektion erreichen, in einem langsameren Zeitbereich (größer 1 ns) verstärkt bzw. den Kontrast verbessert. Mit anderen Worten wird aus einer ultraschnellen Pulsfolge ein einzelner Puls durch transparent Schalten der ersten Sektion zur zweiten Sektion transmittiert, wobei eine Vielzahl nachfolgender Pulse durch nicht-transparent Schalten der ersten Sektion absorbiert bzw. gedämpft werden. Die Frequenz bzw. Folge, mit der einzelne der ultraschnellen Pulse transmittiert werden, kann erfindungsgemäß eine Frequenz bis in den GHz Bereich aufweisen. In der zweiten Sektion werden die transmittierten, ultraschnellen Pulse in einem langsameren Zeitbereich (größer 1 ns) verstärkt bzw. deren Kontrast verbessert.

[0033] Entscheidend für eine hohe Geschwindigkeit des transparent Schaltens der ersten Sektion **3** ist die schnelle Umladung der Kapazitäten des Wellenleiters **3**. Damit die Zeitkonstanten klein bleiben, werden Wellenleiter **3** und Treiberschaltung **14** als Einheit aufgebaut. Geringe Induktivitäten L_1 und damit kurze Schaltzeiten erreicht man durch extrem kleine Aufbauten mit sehr kurzen Zuleitungen (Fig. 4).

[0034] Der Schalter S1 sorgt für schnelles Anschalten des Wellenleiterstroms für den ersten Wellenleiter **3**, während der Schalter S2 den Wellenleiter **3** ausschaltet, die Kapazität C entlädt und den Strom übernimmt. Die positive Flanke des Eingangsimpulses schließt den Schalter S1 und der Strom fließt über R_1 , S1 und L_1 über den Wellenleiter **3** und Kondensator C. Nach einer einstellbaren Zeitkonstante schließt zusätzlich S1 und der Strom fließt jetzt über den niederohmigeren S2 und entlädt dabei auch den Kondensator C. Damit kann dann nur über ein kurzes Zeitintervall, das im Wesentlichen durch die Zeitkonstante des Ansteuerungsgenerators **13** vorgegeben ist, Trans-

parenz des Wellenleiters **3** eintreten. Das Schalten des Wellenleiters **3** wird somit nur von einer Flanke getriggert und ist von der Länge des Eingangsimpulses unabhängig. Kurze Zeit nach dem Impuls ist die Schaltung wieder einsatzbereit. Dadurch können hohe Folgefrequenzen realisiert werden. Dieses Delay kann aber auch von externen Komponenten separat erzeugt werden, um eine größere Variabilität zu erreichen.

[0035] Durch Einspeisung von Offset-Spannungen lässt sich die Ansteuerung der selbstleitenden FET's (S1, S2) verbessern. Das Sperrverhalten der Laserdioden (Wellenleiter) lässt sich durch Einfügen von Offsetspannungen positiv beeinflussen.

[0036] Eine nachfolgende zweite Sektion (Wellenleiter **1**, **2**, z.B. Trapezsektion) erhöht die maximale Ausgangsleistung und verstärkt den Kontrast für Eingangsimpulse, die weiter vom zu selektierenden Impuls entfernt sind. Der Aufbau der Ansteuerschaltung **15** erfolgt analog **Fig. 4**. Wegen der notwendig höheren Ströme hat die Treiberstufe **15** eine höhere Stromergebigkeit.

[0037] Zur stärkeren Entkopplung dieser beiden Sektionen **2**, **3** ist es in einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante vorgesehen, weitere Sektionen **5**, **18** einzufügen.

[0038] Insbesondere bilden der elektrische Treiber (Halbleitertransistoren S1, S2) und das optische Element (Wellenleiter **3**) eine integrierte Funktionseinheit. Wird als Ausgangssignal ein cw-Lasersignal eingespeist, kann durch eine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Vorrichtung auch gepulste Laserstrahlung aus cw-Laserstrahlung erzeugt werden.

[0039] **Fig. 5** zeigt eine Messung einer Impulsfolge aus einem (nicht gezeigten) modegelockten Diodenlaser mit einer Folgefrequenz von 4GHz (obere Darstellung) sowie die nach Durchgang durch den erfindungsgemäßen Pulspicker erhaltene Impulsfolge (ausselektierte Impulse des Eingangssignals- untere Darstellung).

Bezugszeichenliste

1	Trapezsektion des (zweiten) optischen Wellenleiters/ optischen Verstärkers
2	verstärkender Bereich des optischen Wellenleiters/ optischen Verstärkers
3	(erster) optischer Wellenleiter/ optischer Schalter
4	Pulspickersektion
5	erste Absorbersektion
6	Sektion zur Einkoppeljjustage

8	Einkoppelfacetten
9	Auskoppelfacetten
10	Ansteuertransistor für den zweiten Wellenleiter
11	Ansteuergenerator für den zweiten Wellenleiter
12	Ansteuertransistor für den ersten Wellenleiter
13	Ansteuergenerator für den ersten Wellenleiter
14	Treiberschaltung für den ersten Wellenleiter
15	Treiberschaltung für den zweiten Wellenleiter
16	Vorverstärker für den ersten Wellenleiter
17	Vorverstärker für den zweiten Wellenleiter
18	zweite Absorbersektion
RW	Ridge Waveguide-Wellenleiter
TP	Trapezbereich
R1, R2	Widerstand
S1, S2	Transistor
L1	Induktivität
C	Kapazität

Patentansprüche

- Verfahren zur Erzeugung gepulster Laserstrahlung, mit folgenden Verfahrensschritten:
 - Einkoppeln eines optischen Signals in eine Vorrichtung zur selektiven Transmission eines optischen Signals mit variabler, einstellbarer Frequenz, wobei die Vorrichtung aufweist:
 - eine Einkoppelfacetten (**8**) zur Einkopplung eines optischen Signals,
 - einen als ersten optischen Wellenleiter (**3**) ausgebildeten optischen Modulator, der mit der Einkoppelfacetten (**8**) zusammenwirkt und über elektrische Kontakte mit einer ersten Treiberschaltung (**14**) verbunden ist, wobei der erste Wellenleiter (**3**) aus einem Material ausgebildet ist, dessen optische Transmission durch Injektion von elektrischen Ladungsträgern erhöht wird, wobei die erste Treiberschaltung (**14**) mindestens ein elektrisches Schaltelement (**12**) zur Injektion (**3**) elektrischer Ladungsträger für ein jeweils vorgegebenes Zeitintervall und mit einer vorgegebenen Wiederholfrequenz in den ersten Wellenleiter (**3**) aufweist,
 - einen als zweiten optischen Wellenleiter (**1**, **2**) ausgebildeten optischen Verstärker zur Verstärkung und/oder Kontrasterhöhung des vom ersten Wellenleiter (**3**) in den zweiten Wellenleiter (**1**, **2**) eingekoppelten optischen Signals, wobei der erste Wellenleiter (**3**) zwischen der Einkoppelfacetten (**8**) und dem zweiten Wellenleiter (**1**, **2**) angeordnet ist, und wobei der zweite optische Wellenleiter (**1**, **2**) über elektrische Kontakte mit einer zweiten Treiberschaltung (**15**) verbunden ist, wobei die zweite Treiberschaltung (**15**) mindestens ein Schaltelement (**10**) aufweist, und

eine Auskoppelfacetten (9) zur Auskopplung der optischen Strahlung aus dem zweiten Wellenleiter (1, 2), wobei der Abstand zwischen dem Schaltelement (12) der ersten Treiberschaltung (14) und dem ersten optischen Wellenleiter (3) kleiner als 3 mm beträgt, und wobei

der erste optische Wellenleiter (3) eine Sektion zur Einkoppeljustage (6), eine erste Absorbersektion (5), eine Pulspickersektion (4) sowie eine zweite Absorbersektion (18) aufweist, wobei die erste Treiberschaltung (14) ausgebildet ist, die optische Transparenz der Pulspickersektion (4) durch Injektion von elektrischen Ladungsträgern zu erhöhen, wobei die erste Treiberschaltung (14) weiterhin ausgebildet ist, während der Injektion von Ladungsträgern in die Pulspickersektion (4) an die erste Absorbersektion (5) und an die zweite Absorbersektion (18) ein elektrisches Feld in Gegenrichtung anzulegen, und – intervallweise Injektion elektrischer Ladungsträger in den ersten Wellenleiter (3) zur selektiven Transmission des eingekoppelten optischen Signals, wobei während der Injektion von Ladungsträgern in die Pulspickersektion (4) an die erste Absorbersektion (5) und an die zweite Absorbersektion (18) ein elektrisches Feld in Gegenrichtung angelegt wird, wobei das selektierte optische Signal im zweiten optischen Wellenleiter (1, 2) verstärkt wird und/oder der Kontrast des selektierten optischen Signals im zweiten optischen Wellenleiter (1, 2) erhöht wird.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Wellenleiter (3) und der zweite Wellenleiter (1, 2) durch Epitaxie und Layout gemeinsam ausgebildet werden.

3. Verfahren nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als einzukoppelndes optisches Signal gepulste Laserstrahlung mit einer Pulsbreite kleiner als 10 ns verwendet wird.

4. Verfahren nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als einzukoppelndes optisches Signal gepulste Laserstrahlung mit einer Pulsbreite kleiner als 1 ns verwendet wird.

5. Verfahren nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als einzukoppelndes optisches Signal gepulste Laserstrahlung mit einer Pulsbreite kleiner als 1 ps verwendet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand zwischen dem Schaltelement (10) der zweiten Treiberschaltung (15) und dem zweiten optischen Wellenleiter (1, 2) kleiner als 3 mm beträgt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand zwischen dem Schaltelement (12) der ersten Treiberschaltung (14) und dem ersten optischen Wellenleiter (3) kleiner als 1 mm be-

trägt und der Abstand zwischen dem Schaltelement (10) der zweiten Treiberschaltung (15) und dem zweiten optischen Wellenleiter (1, 2) kleiner als 1 mm beträgt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste optische Wellenleiter (3) und der zweite optische Wellenleiter (1, 2) auf demselben Substrat integriert sind und der erste optischen Wellenleiter (3) und der zweite optische Wellenleiter (1, 2) aus elektrisch halbleitenden Materialien ausgebildet sind.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Treiberschaltung (14) einen ersten Ansteuergenerator (13) und die zweite Treiberschaltung (15) einen zweiten Ansteuergenerator (11) aufweist, und Mittel zur Einstellung der Frequenz des ersten Ansteuergenerators (13) und/oder Mittel zur Einstellung der Frequenz des zweiten Ansteuergenerators (11) vorgesehen sind.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste optischen Wellenleiter (3) und der zweite optische Wellenleiter (1, 2) einen Abstand zwischen 10µm und 500µm aufweisen.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Treiberschaltung (14) zur intervallweisen Injektion elektrischer Ladungsträger in den ersten Wellenleiter (3) derart ausgebildet ist, dass der erste Wellenleiter (3) während der Injektion von Ladungsträgern eine optische Transmission größer einem ersten Grenzwert aufweist, und der erste Wellenleiter (3) während eines Zeitintervall, in dem Ladungsträger nicht injiziert werden eine optische Transmission kleiner einem zweiten Grenzwert aufweist, wobei der erste Grenzwert größer als der zweite Grenzwert ist.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste optische Wellenleiter (3) als ridge waveguide und/oder der zweite Wellenleiter (1, 2) als Trapezlaser ausgebildet ist.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste optische Wellenleiter (3) als Breitstreifenlaser und/oder der zweite Wellenleiter (1, 2) als Trapezlaser ausgebildet ist.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schaltelement (12) der ersten Treiberschaltung (14)

und/oder das Schaltelement (**10**) der zweiten Treiberschaltung (**15**) als Transistor ausgebildet ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

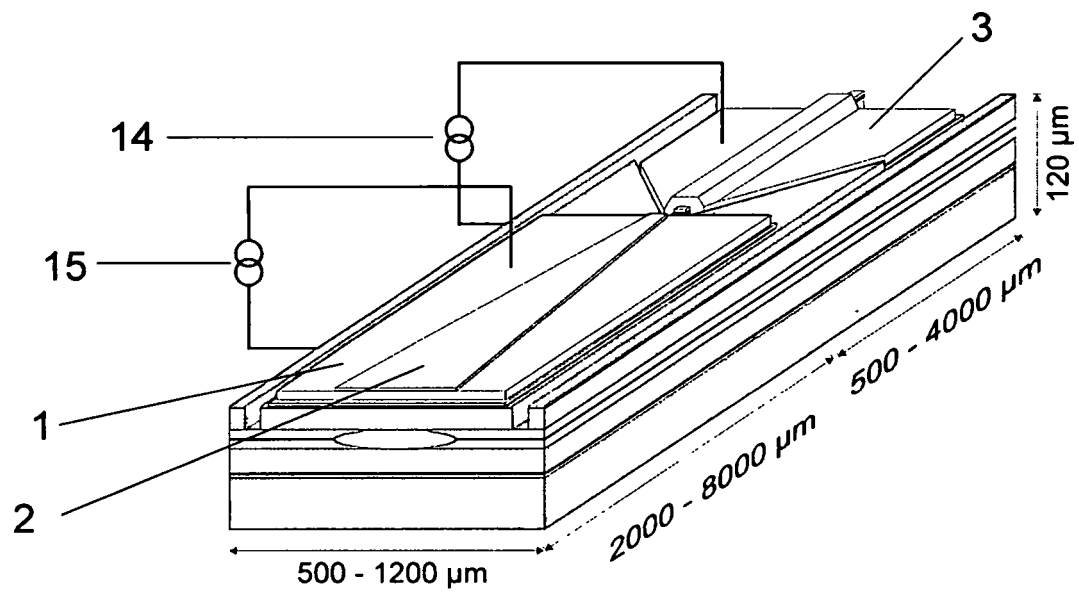


Fig. 1

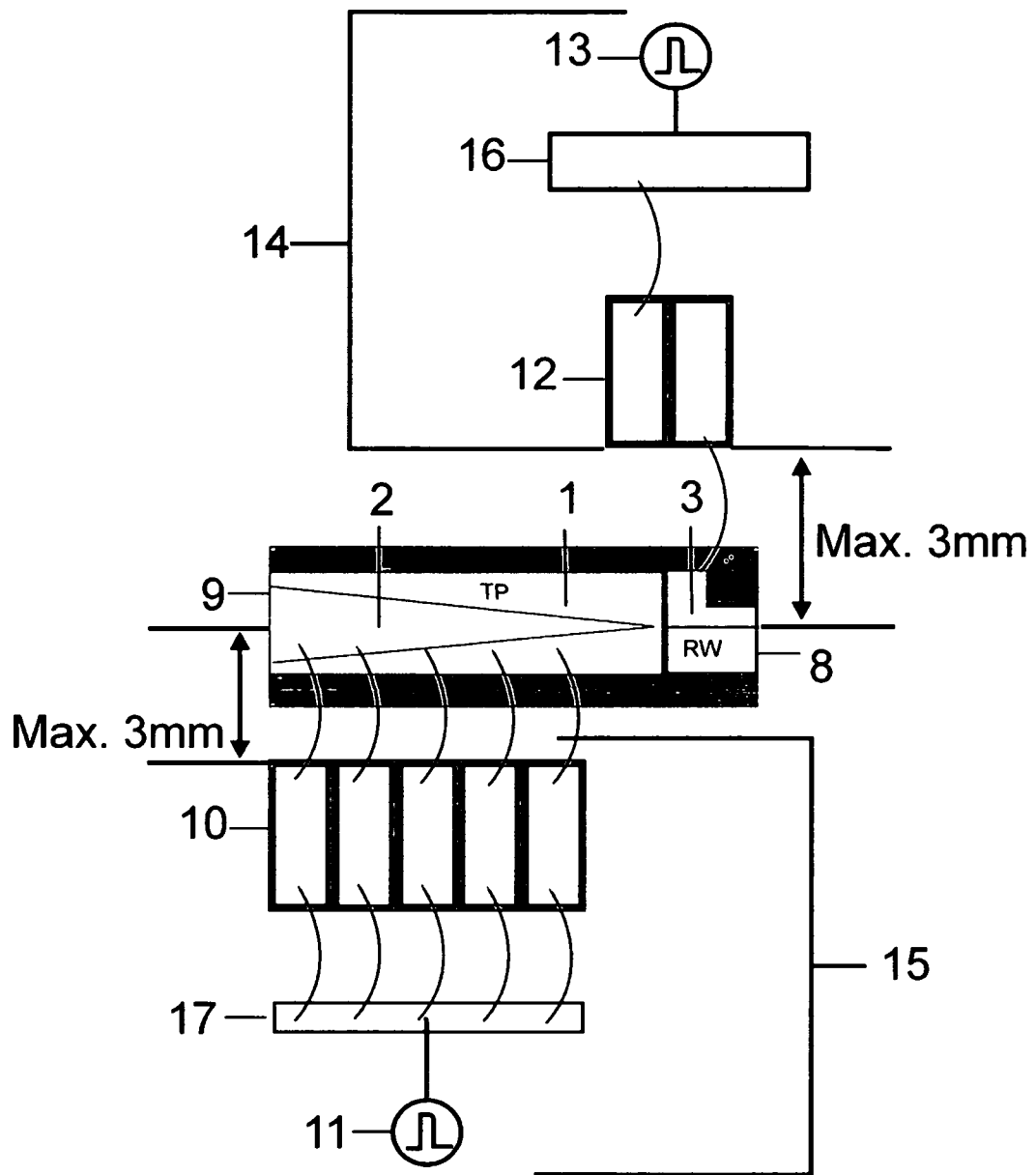


Fig. 2

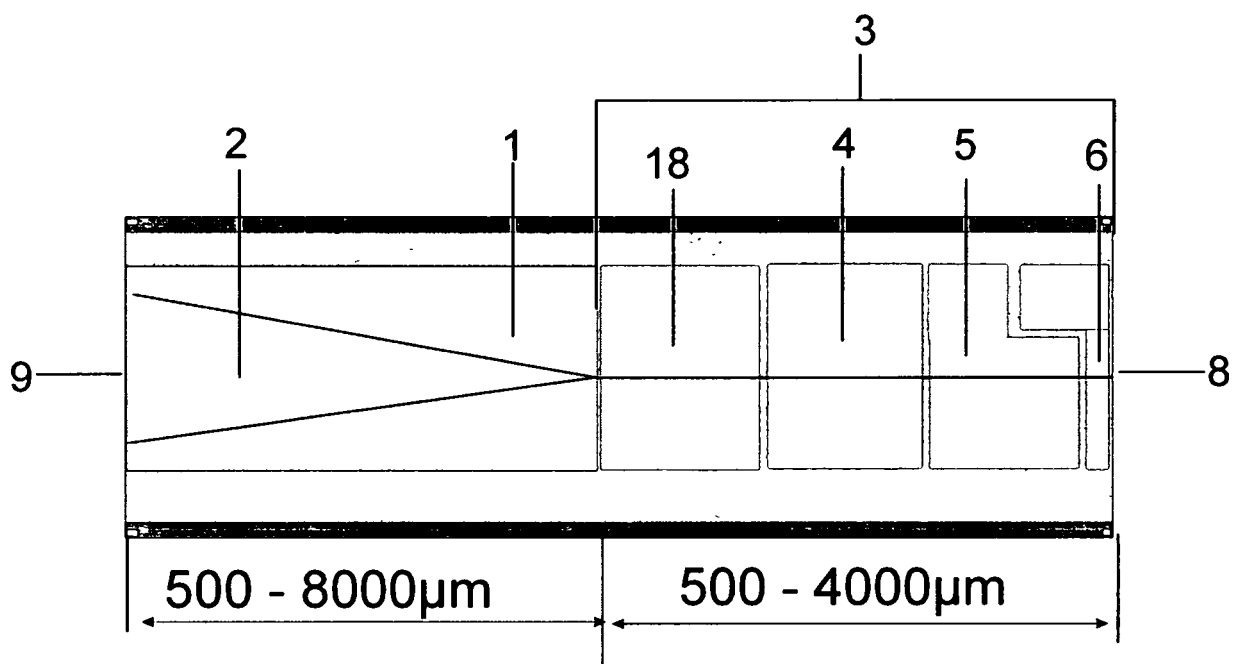


Fig. 3

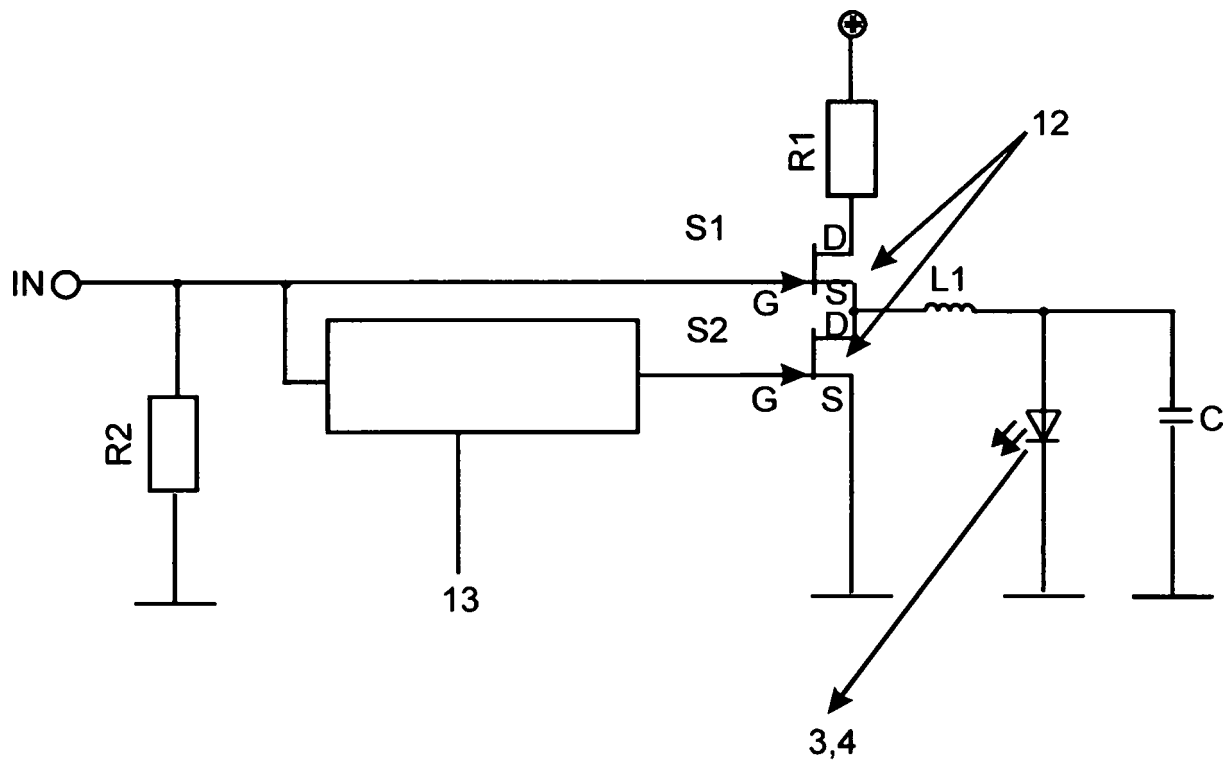


Fig. 4

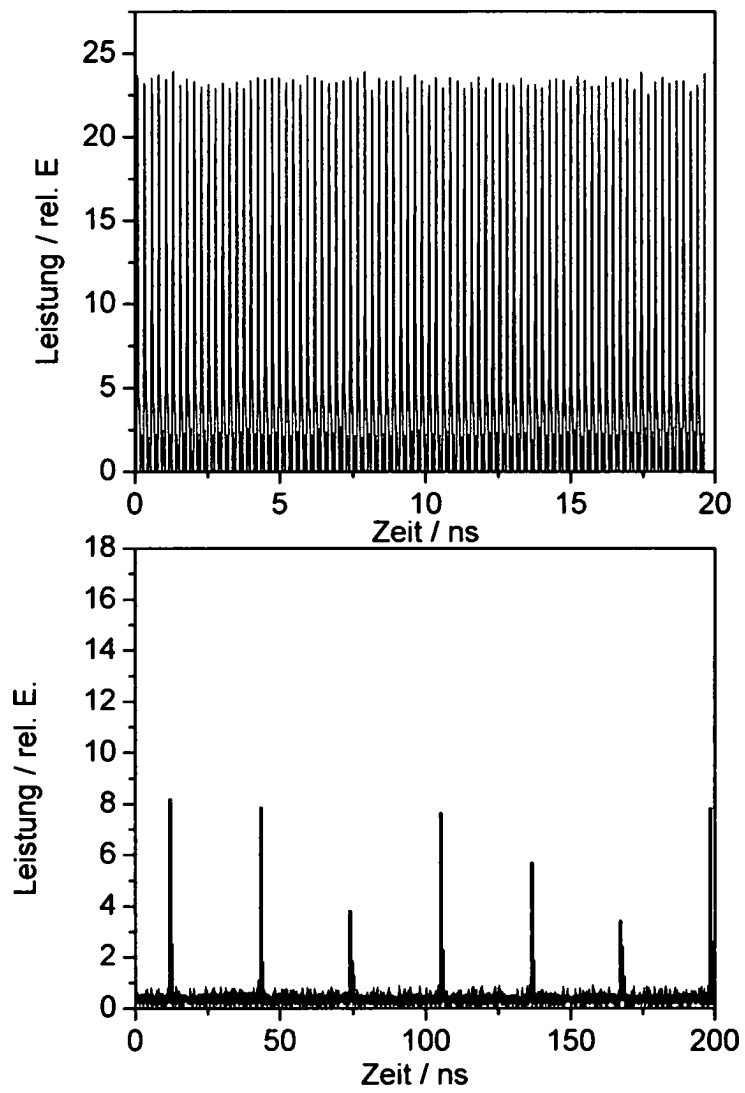


Fig. 5