



(10) **DE 10 2012 209 485 B4** 2015.10.22

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 209 485.7**
(22) Anmeldetag: **05.06.2012**
(43) Offenlegungstag: **05.12.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **22.10.2015**

(51) Int Cl.: **H01S 5/06 (2006.01)**
H01S 5/026 (2006.01)
G02F 1/03 (2006.01)
G02F 1/017 (2006.01)
G01S 7/48 (2006.01)
G01S 17/88 (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

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

(72) Erfinder:
**Hoffmann, Thomas, 13437 Berlin, DE; Liero,
Armin, 13187 Berlin, DE; Klehr, Andreas, Dr.,
13156 Berlin, DE; Schwertfeger, Sven, Dr., 10247
Berlin, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

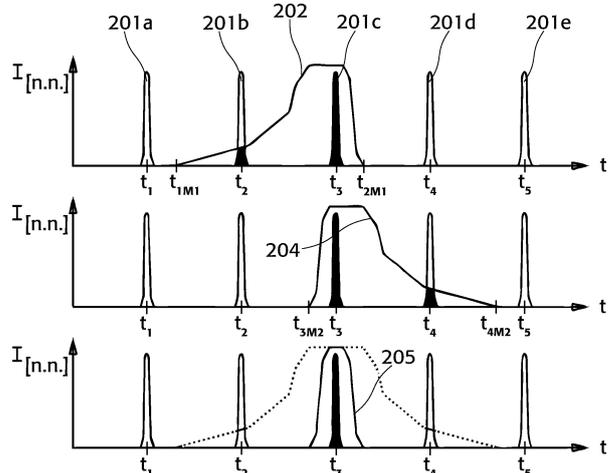
DE	10 2008 056 096	A1
US	2003 / 0 180 054	A1
US	2005 / 0 206 989	A1
US	5 798 856	A
EP	1 210 754	B1
EP	1 065 765	A2

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Selektion von optischen Pulsen**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Selektion von Pulsen (106, 201a, 201b, 201c, 201d, 201e), aufweisend:

- einen optischen Wellenleiter (105) zum Führen einer optischen Strahlung längs einer Achse (104);
- einen ersten elektro-optischen Modulator (101), der ausgebildet ist, die optische Transparenz des Wellenleiters (105) zu modulieren; und
- einen zweiten elektro-optischen Modulator (102), der ausgebildet ist, die optische Transparenz des Wellenleiters (105) zu modulieren, wobei
 - der erste Modulator (101) und der zweite Modulator (102) entlang der Achse (104) des Wellenleiters (105) nacheinander angeordnet sind; und
 - weiterhin mindestens eine Steuerschaltung (300, 301, 400, 401) vorgesehen ist, die ausgebildet ist, den ersten Modulator (101) und den zweiten Modulator (102) zeitlich versetzt anzusteuern, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerschaltung (300, 301, 400, 401) derart ausgebildet ist, dass
 - der erste Modulator (101) auf Transparenz geschaltet ist, während (t3M2) der zweite Modulator (102) von Absorption auf Transparenz umgeschaltet wird;
 - der zweite Modulator (102) auf Transparenz geschaltet ist, während (t2M1) der erste Modulator (101) von Transparenz auf Absorption umgeschaltet wird;

- eine Flanke (t3–t2M1), mit welcher der erste Modulator (101) von Transparenz auf Absorption umschaltet, steiler ist als eine Flanke (t3–t4M2), mit welcher der zweite Modulator (102) von Transparenz auf Absorption umschaltet; und
- eine Flanke (t3M2–t3), mit welcher der zweite Modulator (102) von Absorption auf Transparenz umschaltet, steiler ist als eine Flanke (t1M1–t3), mit welcher der erste Modulator (101) von Absorption auf Transparenz umschaltet.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Selektion von optischen Pulsen.

Stand der Technik

[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, z. B. modengekoppelte Laser, 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 Pulss Selektion ist die Verwendung von Pockels-Zellen bekannt, die mit nichtlinearen, spannungsabhängigen optischen Kristallen arbeiten. Auch Kerr-Zellen mit feldabhängiger Polarisierung sind bekannt. Hierfür werden nachteilhafterweise hohe Spannungen benötigt. Dabei sind die Kapazitäten, die entsprechend umgeladen werden müssen, ebenfalls sehr hoch. Damit ist die erreichbare minimale Pulswerte (und damit auch die maximale Eingangspulsfolgefrequenz) als auch die Folgefrequenz des Schalters (und damit die maximale Ausgangspulsfolgefrequenz) stark begrenzt. Es lassen sich Pulsweiten von einigen 10 ns (typisch 30 ns) erreichen. Die Folgefrequenz liegt bei einigen MHz.

[0004] Weiterhin ist zur Pulss Selektion 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 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 Pulss Selektion 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 ange-

legten elektrischen Feldes abhängt. Damit hängt die Transparenz des Kristalls von der angelegten Feldstärke ab. Elektrooptische Kristalle ändern somit ihre optische Dicke instantan als Funktion der Stärke eines angelegten äußeren elektrischen Feldes. Der Effekt ist abhängig von der Polarisierung 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 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 Pulss Selektion erfolgen.

[0006] Weiterhin ist zur Pulss Selektion die Verwendung eines integriert elektro-optischen Lichtmodulators auf Wellenleiterbasis bekannt. Das Basiselement ist ein phasengekoppelter 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] Bei den beschriebenen Lichtmodulatoren besteht der Nachteil, dass sie relativ groß und justageaufwändig sind, und dass die Modulationsfrequenz zum Separieren einzelner Impulse nicht groß genug ist.

[0008] US 2005/0206989 A1 offenbart einen multi-bandgap Modulator, der aufgrund separat ansteuerbarer Bereiche unterschiedlicher Bandlücke einen größeren Wellenlängenbereich aufweist bzw. Chirp kompensieren kann.

[0009] EP 1 065 765 A2 beschreibt einen Laser mit verbesserter Modulation über einen großen Wellenlängenbereich. Dazu werden Laserdiode und Modulator in einer Struktur, d. h. auf einem gemeinsamen Substrat aufgewachsen, wobei der Modulator mindestens einen ersten und einen zweiten Bereich aufweist, bei denen jeweils durch Anlegen einer Rückwärtsspannung eine Modulation des Lichts der Laserdiode erreicht wird.

[0010] US 2003/0180054 A1 offenbart einen optischen Modulator für ultraschnelle Pulse, wobei Treiberschaltung und Modulator auf einem gemeinsamen Substrat angeordnet sind und der Abstand zwischen der Treiberschaltung und dem optischen Modulator kleiner als ein Zehntel der Wellenlänge der Modulationsfrequenz ist. Durch Verringerung der Induktivität der elektrischen Leitungen zwischen Treiberschaltung

tung und optischem Modulator kann die maximale Modulationsfrequenz erhöht werden.

[0011] Nachteilig an den vorgenannten Modulatoren ist jedoch, dass sich je nach Intensität der Pulse in der Pulspickersektion – d. h. im Modulator – aufgrund von Rekombinationsprozessen Ladungsträger bilden können, die zu einer ungewollten Transparenz der Pulspickersektion führen, obwohl keine Ladungsträger über die Kontakte injiziert werden. Somit verfügt der optische Modulator über eine relativ geringe Durchschlagsfestigkeit.

[0012] EP 1 210 754 B1 beschreibt einen elektro-optischen Modulator mit einem großen Extinktionsverhältnis und einer verbesserten nichtlinearen Extinktionskurve, wobei eine Halbleiterlaserquelle, der elektro-optische Modulator sowie ein Halbleiterverstärker auf einem Substrat integriert sind. Aus diesem Grund kann diese Vorrichtung nicht zur Modulation extern erzeugter Laserpulse dienen, da diese nicht eingekoppelt werden können. Darüber hinaus lassen sich mit der Vorrichtung lediglich geringe Leistungen modulieren.

[0013] Weitere elektro-optische Modulatoren sind aus US 5 798 856 A und DE 10 2008 056 096 A1 bekannt.

Offenbarung der Erfindung

[0014] Erfindungsgemäß wird eine Vorrichtung zur Selektion von Pulsen offenbart, umfassend: einen optischen Wellenleiter zum Führen einer optischen Strahlung längs einer Achse; einen ersten elektro-optischen Modulator, der ausgebildet ist, die optische Transparenz des Wellenleiters zu modulieren; einen zweiten elektro-optischen Modulator, der ausgebildet ist, die optische Transparenz des Wellenleiters zu modulieren; wobei der erste Modulator und der zweite Modulator entlang der Achse des Wellenleiters nacheinander angeordnet sind, wobei weiterhin mindestens eine Steuerschaltung vorgesehen ist, die ausgebildet ist, den ersten Modulator und den zweiten Modulator derart zeitlich versetzt anzusteuern, dass der erste Modulator auf Transparenz geschaltet ist, während der zweite Modulator von Absorption auf Transparenz umgeschaltet wird, der zweite Modulator auf Transparenz geschaltet ist, während der erste Modulator von Transparenz auf Absorption umgeschaltet wird, eine Flanke, mit welcher der erste Modulator von Transparenz auf Absorption umschaltet, steiler ist als eine Flanke, mit welcher der zweite Modulator von Transparenz auf Absorption umschaltet und eine Flanke, mit welcher der zweite Modulator von Absorption auf Transparenz umschaltet, steiler ist als eine Flanke, mit welcher der erste Modulator von Absorption auf Transparenz umschaltet.

[0015] Vorteil dieser Erfindung ist, dass jeder elektro-optische Modulator auf das schnelle Schalten genau je einer Flanke (Attack oder Release) optimiert wird. Zwei optimierte Flanken infolge zeitlich differenter Ansteuerung unterschiedlicher Modulatoren werden erfindungsgemäß schneller geschaltet als zwei Flanken (Attack und Release) infolge eines einzelnen elektro-optischen Modulators. Somit kann die primäre Pulsrate vergrößert werden und dennoch eine saubere Unterdrückung einzelner Pulse stattfinden, also eine Modulation mit größerer spektraler Bandbreite stattfinden.

[0016] Bezüglich des Vorteils der Erfindung kommt es nicht primär auf die Wellenlängen der Lichtpulse und ebenfalls nicht auf die Breite eines einzelnen Pulses an, sondern vielmehr auf den zeitlichen Abstand zwischen den Pulsen, im übertragenen Sinne auch Folgefrequenz oder Pulsrate genannt, und insbesondere auf die durch zeitliche Verkürzung verbesserte Torbreite als der zeitliche Abstand zwischen öffnender Flanke des ersten Modulators (bei bereits geöffneter Stellung, Transparenz, des zweiten Modulators) und schließender Flanke des zweiten Modulators (bei noch geöffneter Stellung, Transparenz, des ersten Modulators). Der Übergang von geöffneter Stellung (Transparenz) zu geschlossener Stellung (Absorption) und auch die entgegengesetzte Schaltungsrichtung wird vorzugsweise durch elektrischen Steuerstrom am jeweiligen elektro-optischen Modulator erreicht. Beispielsweise werden Laserdiode und Modulator in einer Struktur, d. h. auf einem gemeinsamen Substrat, aufgewachsen, wobei der Modulator mindestens einen ersten und einen zweiten Bereich aufweist, bei denen jeweils durch Anlegen einer Rückwärtsspannung eine Modulation des Lichts der Laserdiode erreicht wird.

[0017] Erfindungsgemäß können ultrakurze (z. B. im Pikosekundenbereich) elektrische Torbreiten für die Transparenzschaltung von Halbleitersektionen zur optischen Pulss Selektion von Pulsen mit Folgefrequenzen im GHz-Bereich erreicht werden.

[0018] Da die Transparenz der elektro-optischen Modulatoren, auch Sektionen genannt, durch die elektrischen Ansteuerimpulse erzeugt wird, kann durch eine zeitversetzte Ansteuerung der Sektionen mit geringem zeitlichen Versatz die Transparenzzeit, und damit die Durchlasszeit (Torbreite) für in diese Sektionen eingekoppelte optische Pulse, stark verringert werden. Durch Verschiebung des Delays zwischen den Ansteuerstromimpulsen kann die Transparenzzeit zur Selektion von Laserpulsen gezielt variiert werden. Somit können aus einer Folge von Laserpulsen hoher Frequenz einzelne kurze Laserpulse (sofern gewünscht mit geringerer Folgefrequenz) ausselektiert werden. Diese vereinzelt Pulse können dann getrennt weiterverarbeitet werden.

[0019] Ein weiterer Vorteil ist, dass die Ansteuerung auf je eine Flanke optimiert werden kann und es dabei einfacher ist, die Schaltung nicht für variable Pulsbreite ausstatten zu müssen, sondern auf eine Pulsbreite hin zu optimieren. Das Delay der Ansteuerung zwischen erster und zweiter Sektion bestimmt dann die Torbreite. Somit geht mit gewonnener Performance der Hüllkurve eine einfachere Schaltungstechnik der Ansteuerung erfindungsgemäß einher.

[0020] Die elektrische Pulsformung für nur jeweils eine Flanke ist schaltungstechnisch einfacher realisierbar, als wenn für beide Flanken hohe Steilheit erforderlich wäre.

[0021] Beim ersten Modulator ist die zweite Flanke vorzugsweise steiler als die erste Flanke. Das Tor muss also schneller geschlossen als geöffnet werden können. Da ein solcher Schließvorgang aus elektrischer Sicht den Übergang der Ansteuerspannung von Null-Potential auf Plus-Potential bedeutet und so steiflankig wie möglich erfolgen soll, ist das Tor vorzugsweise ohne zusätzlich beschalteten Widerstand direkt mit einem Transistor verbunden, welcher einen aktiven elektrischen Pol des Tors während des Schließens gegen Plus-Potential zieht.

[0022] Die Startflanke des ersten Modulators dagegen kommt zustande, indem der Transistor hochohmig wird und der aktive elektrische Pol des Tors durch einen auf Plus-Potential gelegten Widerstand auf Plus-Potential gezogen wird.

[0023] Der ziehende Widerstand ist vorzugsweise größer als der Widerstand des in Durchlassrichtung geschalteten Transistors, um den Spannungsabfall über dem geschlossenen Transistor möglichst klein zu halten; und die Verlustleistung zu verkleinern. Aus diesem Schaltungsprinzip: Zieh-Widerstand des passiven Bauteils versus Saug-Widerstand des geschlossenen Transistors, ergibt sich die asymmetrische Flankensteilheit.

[0024] Beim zweiten Modulator ist die erste Flanke vorzugsweise steiler als die zweite Flanke. Das Tor muss also schneller geöffnet als geschlossen werden können. Da ein solcher Öffnungsvorgang aus elektrischer Sicht den Übergang der Ansteuerspannung von Null-Potential auf Plus-Potential bedeutet und so steiflankig wie möglich erfolgen soll, ist der aktive Pol des Tors vorzugsweise ohne zusätzlich beschalteten Widerstand direkt mit einem Transistor verbunden, der während des Öffnens des Tors auf Durchlass geschaltet ist und somit den aktiven Pol des Tors niederohmig gegen das Plus-Potential zieht.

[0025] Die Endflanke des zweiten Modulators dagegen kommt zustande, indem der Transistor hochohmig wird und der aktive elektrische Pol des Tors durch

einen auf Masse gelegten Widerstand auf Null-Potential gesaugt wird.

[0026] Der saugende Widerstand ist vorzugsweise größer als der Widerstand des in Durchlassrichtung geschalteten Transistors, um den Spannungsabfall über dem geschlossenen Transistor möglichst klein zu halten; zum einen, um die Verlustleistung zu verkleinern, und zum anderen, um den aktiven Pol des Tors möglichst gut durchzusteuern. Aus diesem Schaltungsprinzip: Zieh-Widerstand des geschlossenen Transistors versus Saug-Widerstand des passiven Bauteils, ergibt sich beim zweiten elektrischen Tor auch die asymmetrische Flankensteilheit.

[0027] Auch ist es denkbar, die steiflankige Schließ- und Öffnungsansteuerung mittels symmetrischer Spannungsversorgung und zweier in Gegentakt arbeitender Transistoren zu realisieren, so dass im Öffnungszustand (Transparenz) der aktive Pol des Tors durch den invertierenden Transistor auf negative Spannungsversorgung gezogen wird, und im Schließzustand (Absorption) der aktive Pol des Tors durch den nichtinvertierenden Transistor auf positive Spannungsversorgung (Plus-Potential) gezogen wird. Somit sind keine weiteren Widerstände nötig, um passiv in die Gegenrichtung ziehen zu müssen, sondern nur noch aktive niederohmige Schalter (in Gegentakt geschaltete Transistoren) nötig, welche infolge ihrer Niederohmigkeit parasitäre Kapazitäten besser überwinden und somit steile Flanken in beiden Richtungen ermöglichen. Somit wäre erreicht, dass mit nur einem Tor sowohl eine schnelle Startflanke als auch eine schnelle Endflanke möglich wird.

[0028] Die Realisierung dieser Variante erfolgt jedoch unter der Randbedingung, dass die dort benötigten p-Kanal-, bzw. pnp-Transistoren vergleichsweise schlechtere Schalteigenschaften besitzen, als beispielsweise n-Kanal-, bzw. npn-Transistoren. Die Schaltvariante unter Verwendung von n-Kanal- bzw. npn-Transistoren ist daher bevorzugt.

[0029] Auch ist es möglich, dass ein Trägersubstrat aus einem halbleitenden Material vorgesehen ist, wobei der Wellenleiter und die mindestens eine Steuerungsschaltung integriert auf dem Trägersubstrat angeordnet sind.

[0030] Vorteil ist das Integrieren von optischer und elektrischer Struktur während der Herstellung, wodurch kleinste Abmessungen ermöglicht werden.

[0031] Es ist bevorzugt, dass der optische Wellenleiter einen ersten Bereich zur Lichteinkopplung und einen zweiten Bereich zur Lichtauskopplung aufweist, wobei der erste Modulator und der zweite Modulator zwischen dem ersten Bereich zur Lichteinkopplung und dem zweiten Bereich zur Lichtauskopplung angeordnet sind.

[0032] Vorteil ist das Nutzen der Vorrichtung als zusätzliches Element in einem Lichtweg, also auch das hintereinander schalten können. Somit können auch extern erzeugte Laserpulse moduliert werden. Auch ist es möglich, dass der erste Modulator und/oder der zweite Modulator durch eine Halbleiterlaser-Struktur ausgebildet ist.

[0033] Die Halbleiterlaser-Struktur kann auch eine Laserdiode umfassen, die preiswert herstellbar ist.

[0034] Auch ist es möglich, dass der erste Modulator und/oder der zweite Modulator durch eine Ridge-Waveguide-Halbleiterlaser-Struktur ausgebildet sind. Der Ridge-Waveguide dient der Wellenführung.

[0035] Vorteil ist die kompakte Bauweise und infolge kleiner Abmessungen die Fähigkeit, höchste Frequenzen behandeln zu können.

[0036] Auch ist es möglich, dass die Vorrichtung als monolithisch integriertes elektro-optisches Element ausgebildet ist.

[0037] Mit anderen Worten ausgedrückt, kann sowohl der optische Wellenleiter, die elektro-optischen Modulatoren als auch die elektronische Ansteuerung der elektro-optischen Modulatoren in einem mehrschichtigen, festen Block integriert sein. Die Schichten können dabei Metall, Dielektrikum oder Halbleitermaterial umfassen. Die Modulatoren als auch deren Ansteuerschaltung oder Teile der Ansteuerschaltung und der Wellenleiter befinden sich dabei in unterschiedlichen Abschnitten eines monolithisch ausgebildeten Substrats.

[0038] Vorteil ist infolge einheitlicher Herstellung die Kontakt- und Verbindungssicherheit der einzelnen Elemente, gerade auch im Hinblick auf Stabilität und Funktionssicherheit.

[0039] Auch ist es möglich, dass weiterhin ein elektro-optischer Verstärker vorgesehen ist, der mit dem Wellenleiter verbunden ist.

[0040] Vorzugsweise umfasst dieser elektro-optische Verstärker ebenfalls eine integrierte Halbleiterlaser-Struktur mit elektrischen Anschlüssen. Der Verstärker ist vorzugsweise (in Bezug auf die Lichtausbreitungsrichtung) hinter den elektro-optischen Toren angeordnet.

[0041] Vorteil ist die Möglichkeit, die vorhandene Lichtleistung nach der Modulation erhöhen zu können.

[0042] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Selektion von optischen Pulsen mit verbesserter Flankensteilheit mit folgenden Verfahrensschritten offenbart: Einkoppeln einer Pulsfolge in den optischen

Wellenleiter; steuerbares Absorbieren von Teilen der Pulsfolge im ersten elektro-optischen Modulator; steuerbares Absorbieren von Teilen der modulierten Pulsfolge im zweiten elektro-optischen Modulator, wobei der erste Modulator auf Transparenz geschaltet ist, während der zweite Modulator von Absorption auf Transparenz umgeschaltet wird, und wobei der zweite Modulator auf Transparenz geschaltet ist, während der erste Modulator von Transparenz auf Absorption umgeschaltet wird, wobei der erste Modulator auf Transparenz geschaltet ist, während der zweite Modulator von Absorption auf Transparenz umgeschaltet wird, der zweite Modulator auf Transparenz geschaltet ist, während der erste Modulator von Transparenz auf Absorption umgeschaltet wird, eine Flanke, mit welcher der erste Modulator von Transparenz auf Absorption umschaltet, steiler ist als eine Flanke, mit welcher der zweite Modulator von Transparenz auf Absorption umschaltet und eine Flanke, mit welcher der zweite Modulator von Absorption auf Transparenz umschaltet, steiler ist als eine Flanke, mit welcher der erste Modulator von Absorption auf Transparenz umschaltet.

[0043] Vorteil ist die verbesserte Flankensteilheit sowohl beim Schließen als auch beim Öffnen des Lichtkanals.

[0044] Auch ist es möglich, dass eine periodische Pulsfolge in den optischen Wellenleiter eingekoppelt wird, wobei die Periodendauer der Pulsfolge größer als der zeitliche Abstand zwischen einem ersten Zeitpunkt, an dem der zweite Modulator von Absorption auf Transparenz umgeschaltet wird, und einem zweiten Zeitpunkt, an dem der erste Modulator von Transparenz auf Absorption umgeschaltet wird, ist.

[0045] Vorteil der Periodizität ist die Energiekonzentration auf kurze Zeitdauer und somit Erzeugung hoher punktueller Intensität bei moderater Dauerlast und moderater Wärmeabführung.

[0046] Auch ist es denkbar, dass die Periodendauer der Pulsfolge kleiner als der zeitliche Abstand zwischen einem ersten Zeitpunkt, an dem der erste Modulator von Absorption auf Transparenz umgeschaltet wird (erste, nicht steile Flanke), und einem zweiten Zeitpunkt, an dem der zweite Modulator von Absorption auf Transparenz umgeschaltet wird (erste, steile Flanke), ist, wobei der zweite Zeitpunkt dem ersten Zeitpunkt folgt.

[0047] Vorteil ist die Behandlung kürzester Pulsfolgen trotz moderater elektrischer Schaltgeschwindigkeit.

Zeichnungen

[0048] Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen und nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0049] Es zeigen:

[0050] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung in Draufsicht,

[0051] Fig. 2 das Pulsregime vor, zwischen und hinter beiden Modulatoren nach dem erfindungsgemäßen Verfahren,

[0052] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer ersten bevorzugten Ausführungsvariante der Ansteuerungsschaltungen für die Modulatoren,

[0053] Fig. 4 eine schematische Darstellung einer zweiten bevorzugten Ausführungsvariante der Ansteuerungsschaltungen für die Modulatoren, und

[0054] Fig. 5 eine schematische, perspektivische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0055] Fig. 1 zeigt die erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung mit einem optischen Wellenleiter **105** (Achse **104** erstreckt sich entlang der Lichtausbreitungsrichtung), mit einer ersten Facette **100** zur Lichteinkopplung, einer zweiten Facette **103** zur Lichtauskopplung, einem ersten Ridge-Waveguide-Modulator **101** und einem zweiten Ridge-Waveguide-Modulator **102**. Entlang der Lichtausbreitungsrichtung **104**, zwischen erster Facette **100** und zweiter Facette **103** sind die erste Wellenleiter-Sektion als erster elektro-optischer Modulator **101** und die zweite Wellenleiter-Sektion als zweiter elektro-optischer Modulator **102** integriert.

[0056] Die Modulatoren **101** und **102** können auch als elektro-optische Tore oder Sektionen bezeichnet werden, da sie den Lichtweg schließen und öffnen können. Die Pulse **106** an der ersten Facette **100** stellen im Zusammenhang mit den Pulsen an der zweiten Facette **103** die Funktion des Pulspickers dar, welcher den mittleren Puls (der dargestellten Pulsfolge) unterdrückt, um aus drei Pulsen lediglich zwei Pulse zu selektieren.

[0057] Es werden optische Pulse **106** in das Halbleiterbauelement **107** mit integriertem Wellenleiter **105** eingekoppelt, durch die zwei Sektionen **101**, **102** geleitet und in jeder Sektion durch je eine Sektion elektrisch gesteuerten Transparenz- oder Absorptionszustand zur Auskopplung gebracht oder absorbiert. Kennzeichnend für die Erfindung ist, dass die erste Treiberschaltung **300** und die zweite Treiberschaltung **301** ausgebildet sind, den ersten Modulator **101** und den zweiten Modulator **102** zeitlich versetzt anzusteuern.

[0058] Fig. 2 zeigt Intensitäts-Zeit-Diagramme im Zeitbereich t , mit einzelnen Eingangspulsen **201a**, **201b**, **201c**, **201d**, **201e**, auch Pulsregime genannt, und resultierendem Ausgangspuls **201c**.

[0059] Das obere Diagramm stellt die Transparenzfunktion des ersten Modulators **101** dar, skizziert als Hüllkurve **202**, welche den skizzierten ersten Puls **201a**, vierten Puls **201d** und fünften Puls **201e** komplett ausblendet und den zweiten Puls **201b** teilweise und den dritten Puls **201c** vollständig durchlässt (Transparenz). Der schematisch dargestellte schwarze Füllstand innerhalb eines schwarz konturierten mit weißer Füllfläche skizzierten Pulses stellt gemäß dessen Füllstandshöhe die Nicht-Dämpfung des jeweiligen Pulses dar. Mit anderen Worten: komplett schwarzer Füllstand bedeutet ungehindertes Durchqueren des Lichtkanals und somit Transparenzschaltung des Modulators.

[0060] Der Zeitpunkt t_{1M1} ist am Beginn der steigenden Startflanke der Hüllkurve **202**, beispielsweise definierbar als Zeitpunkt, zu welchem ein bestimmter Intensitätsschwellwert überschritten wird.

[0061] Der Zeitpunkt t_{2M1} ist am Ende der fallenden Endflanke der Hüllkurve **202**, beispielsweise definierbar als Zeitpunkt, zu welchem ein bestimmter Intensitätsschwellwert unterschritten wird.

[0062] Das mittlere Diagramm stellt die Transparenzfunktion des zweiten Modulators **102** dar, skizziert als Hüllkurve **204**.

[0063] Das untere Diagramm stellt die aus beiden Modulatoren **101**, **102** resultierende Transparenzfunktion dar, skizziert als Hüllkurve **205**. Die Hüllkurve **205** ist das Resultat der beiden auf Steilheit optimierten Flanken, so dass die Hüllkurve **205** so dicht wie möglich den durchzulassenden, mit schwarzem Füllstand, Puls **201c** umkleidet, während die gestrichelte Linie die zeitliche Überlagerung beider Hüllkurven **202**, **204** andeutet, aus denen die Hüllkurve **205** resultiert.

[0064] Anhand der Hüllkurve **202** ist zu erkennen, dass die nicht steile Öffnungsflanke, von Absorption auf Transparenz umschaltend, eine längere Attack Zeit in Anspruch nimmt als die Release Zeit der steilen Schließflanke, von Transparenz auf Absorption umschaltend.

[0065] Wird die Zeit zwischen zwei Punkten, welche durch das Berühren der Zeitachse durch den Beginn und das Ende einer jeden Hüllkurve **202**, **204**, **205** entstehen, als Transparenzphase bezeichnet, so ist deutlich erkennbar, dass die resultierende Transparenzphase im unteren Diagramm infolge Hüllkurve **205** erfindungsgemäß deutlich verkürzt ist infolge

zeitlich versetzter Ansteuerung der beiden Sektionen **101** und **102**.

[0066] Fig. 3 stellt schematisch zwei Varianten einer elektrischen Schaltung zur Ansteuerung des elektro-optischen Tores dar, welche vorzugsweise im Halbleiterelement integriert sind.

[0067] Die Variante **300** zeigt ein aktives Element **304**, vorzugsweise einen Transistor Q1, der mit einem elektrischen Modulationssignal **302** versorgt wird und dieses Signal **302** verstärkt zum Treiben eines elektro-optischen Tores **303**, vorzugsweise ein RW-Modulator. G1 ist die Stromversorgung der Schaltung.

[0068] Die Signalform des Modulationssignals **302** kann grundsätzlich beliebig sein, doch vorzugsweise einen hysteresee-, sinus- oder puls-förmigen Spannungs-Zeit-Verlauf aufweisen.

[0069] Die Variante **301** zeigt ein aktives Element **307**, vorzugsweise einen Transistor Q2, der mit einem elektrischen Modulationssignal **305** versorgt wird und dieses Signal **305** verstärkt zum Treiben des elektro-optischen Tores **306**, vorzugsweise ein RW-Modulator. G2 ist die Stromversorgung der Schaltung.

[0070] In Zusammenhang mit dem oberen Pulsregime der Fig. 2 ist die Schaltung **300** vorzugsweise als Ansteuerung des zweiten Modulators **102** mit Hüllkurve **204** zu verwenden, während die Schaltung **301** vorzugsweise als Ansteuerung des ersten Modulators **101** mit Hüllkurve **202** zu verwenden ist.

[0071] Fig. 4 stellt im Schaltbild **400** eine Anordnung dar, bei der der Modulator in einen Resonanzkreis einbezogen ist, mit einem elektrischen Steuersignal **402**, welches baubedingt auf eine dem elektro-optischen Tor **403**, vorzugsweise RW-Modulator, innewohnende parasitäre Induktivität L1 und parasitäre Kapazität C1 trifft. Der Vorteil dieser Anordnung ist, dass die geschwindigkeitsmindernde Wirkung der parasitären Elemente durch Resonanzbetrieb vermieden wird. Das Schaltbild **401** zeigt ein puls-förmiges Steuersignal **404**, welches ein aktives Element **405** aus zwei Transistoren Q21, Q22 steuert, um ein elektro-optisches Tor **406**, vorzugsweise einen RW-Modulator, zu treiben. G2 ist die Stromversorgung der Schaltung. Schaltbild **401** skizziert die Schaltung zweier Transistoren im Gegentakt, wobei die symmetrische Stromversorgung nicht dargestellt, jedoch denkbar ist. Ebenso denkbar ist die Integration eines Bootstrap-Kondensators zwischen Source S und Gate G, um die parasitäre Kapazität des Transistors noch besser kompensieren zu können.

[0072] Fig. 5 zeigt eine schematische, perspektivische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsvari-

ante der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Insbesondere offenbart Fig. 5 ein Substrat **500** mit horizontal aufgeschichteten Funktionselementen wie z. B. untere Mantelschicht **501**, unterer Teil des Wellenleiters **502**, aktive Schicht **503** in welcher sich das Licht in Ausbreitungsrichtung **506** ausbreitet, oberer Teil des Wellenleiters **504**, obere Mantelschicht **505**. Ein erster Modulator **507** und ein zweiter Modulator **509** sind entlang eines Lichtausbreitungskanal **506** voneinander beabstandet angeordnet. Der Modulator **507** weist einen ersten Rippenwellenleiter **508** und der Modulator **509** weist einen zweiten Rippenwellenleiter **510** auf. Jeder Modulator **507**, **509** umfasst elektrisch leitendes Material und ist dadurch elektrisch mit je einer (hier nicht dargestellten) Steuerschaltung (siehe Fig. 3 und Fig. 4) verbunden.

[0073] Der erste elektro-optische Modulator **507** und der zweite elektro-optische Modulator **508** werden erfindungsgemäß zeitlich versetzt angesteuert, so dass die Durchlasszeit (d. h. beide Modulatoren **507**, **509** sind transparent) der erfindungsgemäßen Vorrichtung deutlich reduziert werden kann.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Selektion von Pulsen (**106**, **201a**, **201b**, **201c**, **201d**, **201e**), aufweisend:
 - einen optischen Wellenleiter (**105**) zum Führen einer optischen Strahlung längs einer Achse (**104**);
 - einen ersten elektro-optischen Modulator (**101**), der ausgebildet ist, die optische Transparenz des Wellenleiters (**105**) zu modulieren; und
 - einen zweiten elektro-optischen Modulator (**102**), der ausgebildet ist, die optische Transparenz des Wellenleiters (**105**) zu modulieren, wobei
 - der erste Modulator (**101**) und der zweite Modulator (**102**) entlang der Achse (**104**) des Wellenleiters (**105**) nacheinander angeordnet sind; und
 - weiterhin mindestens eine Steuerschaltung (**300**, **301**, **400**, **401**) vorgesehen ist, die ausgebildet ist, den ersten Modulator (**101**) und den zweiten Modulator (**102**) zeitlich versetzt anzusteuern, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerschaltung (**300**, **301**, **400**, **401**) derart ausgebildet ist, dass
 - der erste Modulator (**101**) auf Transparenz geschaltet ist, während (t3M2) der zweite Modulator (**102**) von Absorption auf Transparenz umgeschaltet wird;
 - der zweite Modulator (**102**) auf Transparenz geschaltet ist, während (t2M1) der erste Modulator (**101**) von Transparenz auf Absorption umgeschaltet wird;
 - eine Flanke (t3–t2M1), mit welcher der erste Modulator (**101**) von Transparenz auf Absorption umschaltet, steiler ist als eine Flanke (t3–t4M2), mit welcher der zweite Modulator (**102**) von Transparenz auf Absorption umschaltet; und
 - eine Flanke (t3M2–t3), mit welcher der zweite Modulator (**102**) von Absorption auf Transparenz um-

schaltet, steiler ist als eine Flanke ($t_{1M1}-t_3$), mit welcher der erste Modulator (**101**) von Absorption auf Transparenz umschaltet.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Trägersubstrat aus einem halbleitenden Material vorgesehen ist, wobei der Wellenleiter (**105**) und die mindestens eine Steuerungschaltung (**300, 301, 400, 401**) auf dem Trägersubstrat angeordnet sind.

3. Vorrichtung mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der optische Wellenleiter (**105**)
 – einen ersten Bereich (**100**) zur Lichteinkopplung und
 – einen zweiten Bereich (**103**) zur Lichtauskopplung aufweist, wobei der erste Modulator (**101**) und der zweite Modulator (**102**) zwischen dem ersten Bereich (**100**) zur Lichteinkopplung und dem zweiten Bereich (**103**) zur Lichtauskopplung angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Modulator (**101**) und/oder der zweite Modulator (**102**) durch eine Halbleiter-Struktur ausgebildet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Modulator (**101**) und/oder der zweite Modulator (**102**) durch einen Ridge-Waveguide-Halbleiter ausgebildet ist.

6. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung als monolithisch integriertes elektro-optisches Element ausgebildet ist.

7. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass weiterhin ein elektro-optischer Verstärker vorgesehen ist, der mit dem Wellenleiter (**105**) verbunden ist.

8. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Modulatoren parallel geschaltet sind.

9. Verfahren zur Selektion von optischen Pulsen (**201a, 201b, 201c, 201d, 201e**) mit verbesserter Flankensteilheit mit einer Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, mit folgenden Verfahrensschritten:

- Einkoppeln einer Pulsfolge (**201a, 201b, 201c, 201d, 201e**) in den optischen Wellenleiter (**105**);
- steuerbares Absorbieren von Teilen der Pulsfolge (**201a, 201d, 201e**) im ersten elektro-optischen Modulator (**101**); und

– steuerbares Absorbieren von Teilen der modulierten Pulsfolge (**201a, 201b, 201e**) im zweiten elektro-optischen Modulator (**102**),
dadurch gekennzeichnet, dass

- der erste Modulator (**101**) auf Transparenz geschaltet ist, während (t_{3M2}) der zweite Modulator (**102**) von Absorption auf Transparenz umgeschaltet wird;
- der zweite Modulator (**102**) auf Transparenz geschaltet ist, während (t_{2M1}) der erste Modulator (**101**) von Transparenz auf Absorption umgeschaltet wird;
- eine Flanke (t_3-t_{2M1}), mit welcher der erste Modulator (**101**) von Transparenz auf Absorption umschaltet, steiler ist als eine Flanke (t_3-t_{4M2}), mit welcher der zweite Modulator (**102**) von Transparenz auf Absorption umschaltet; sowie
- eine Flanke ($t_{3M2}-t_3$), mit welcher der zweite Modulator (**102**) von Absorption auf Transparenz umschaltet, steiler ist als eine Flanke ($t_{1M1}-t_3$), mit welcher der erste Modulator (**101**) von Absorption auf Transparenz umschaltet.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine periodische Pulsfolge (**201a, 201b, 201c, 201d, 201e**) in den optischen Wellenleiter (**105**) eingekoppelt wird und die Periodendauer ($t_2-t_1, t_3-t_2, t_4-t_3, t_5-t_4$) der Pulsfolge (**201a, 201b, 201c, 201d, 201e**) größer ist als der zeitliche Abstand zwischen

- einem Zeitpunkt (t_{3M2}), an dem der zweite Modulator (**102**) von Absorption auf Transparenz umgeschaltet wird; und
- einem Zeitpunkt (t_{2M1}), an dem der erste Modulator (**101**) von Transparenz auf Absorption umgeschaltet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 und 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Periodendauer ($t_2-t_1, t_3-t_2, t_4-t_3, t_5-t_4$) der Pulsfolge (**201a, 201b, 201c, 201d, 201e**) kleiner ist als der zeitliche Abstand zwischen

- einem Zeitpunkt (t_{1M1}), an dem der erste Modulator (**101**) von Absorption auf Transparenz umgeschaltet wird; und
- einem Zeitpunkt (t_{3M2}), an dem der zweite Modulator (**102**) von Absorption auf Transparenz umgeschaltet wird.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

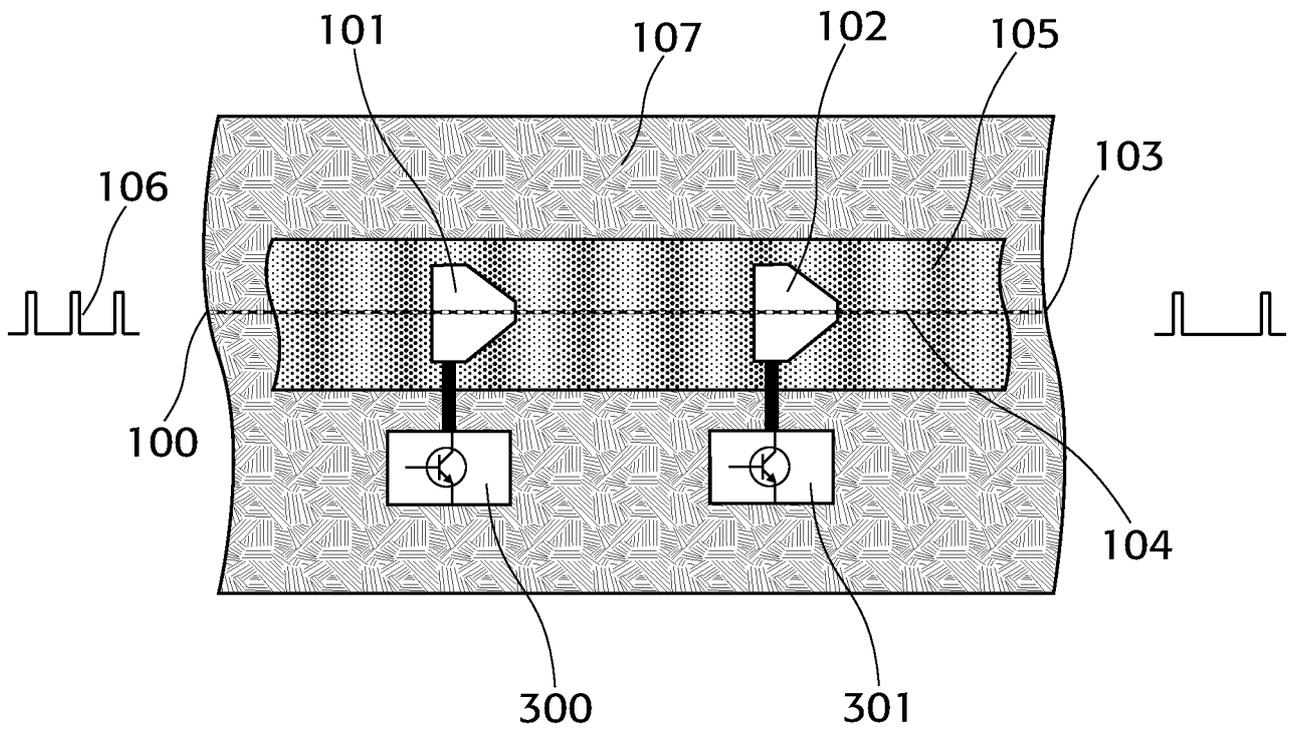


Fig. 1

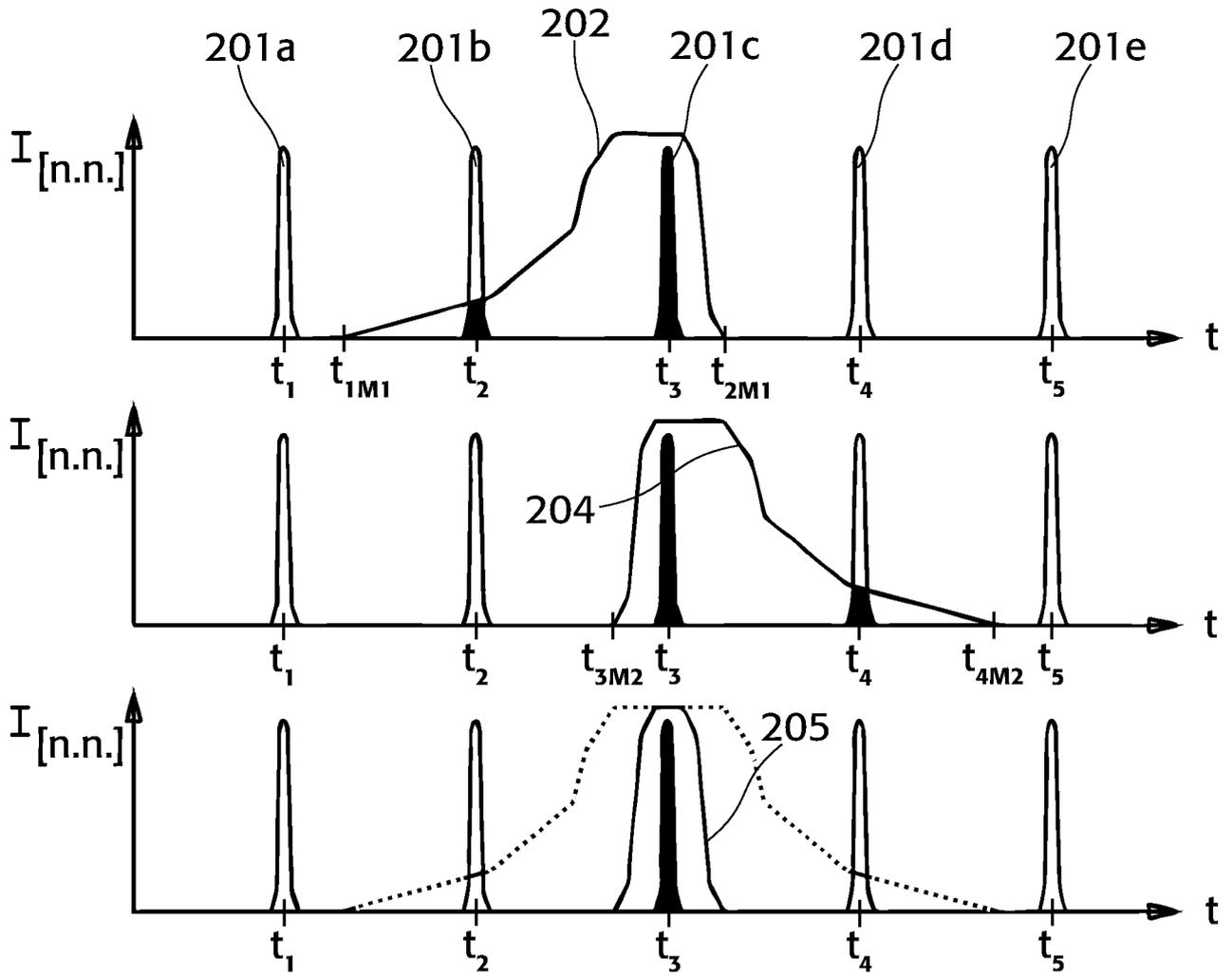
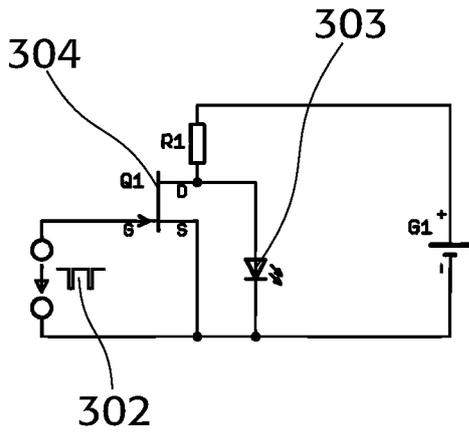


Fig. 2

300



301

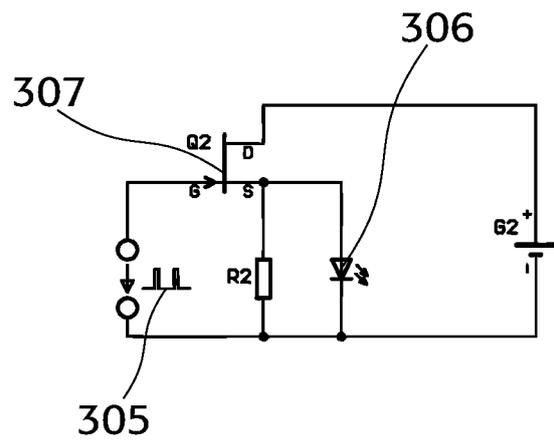
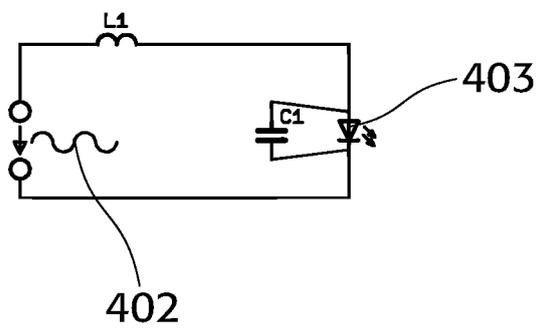


Fig. 3

400



401

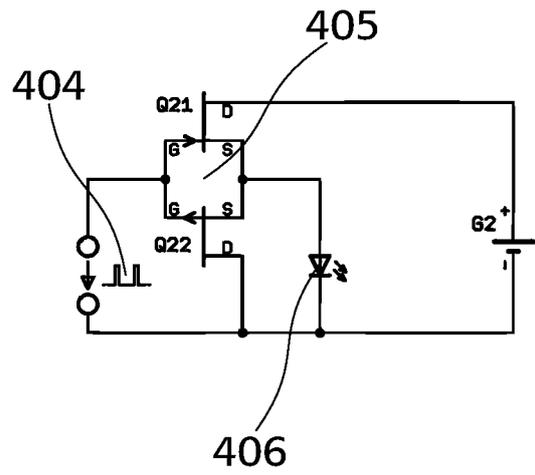


Fig. 4

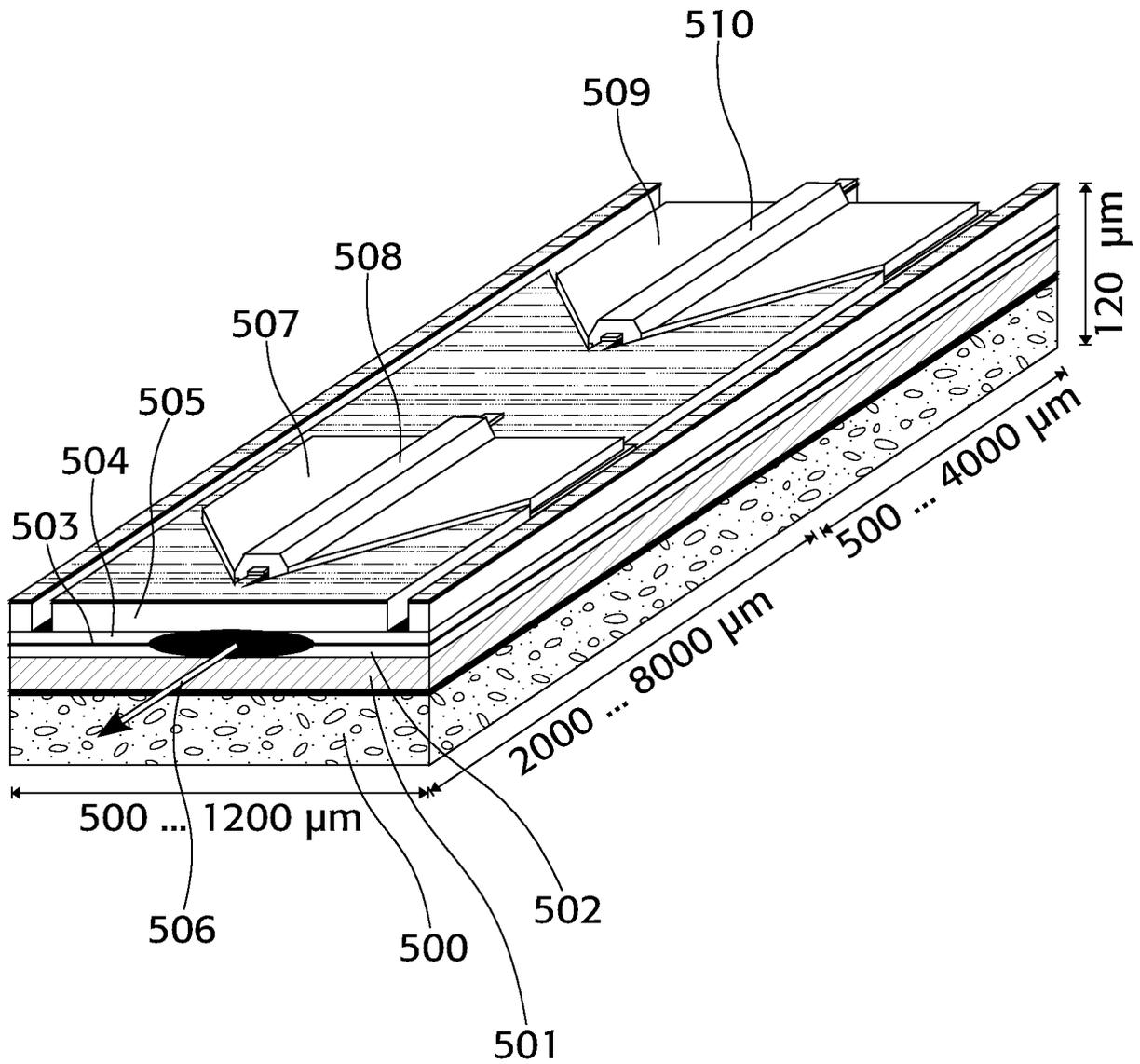


Fig. 5