



(10) **DE 10 2013 220 737 A1** 2015.04.16

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 220 737.9**

(22) Anmeldetag: **14.10.2013**

(43) Offenlegungstag: **16.04.2015**

(51) Int Cl.: **G02F 1/01 (2006.01)**
H01S 3/091 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Technische Hochschule Wildau (FH), 15745
Wildau, DE**

(74) Vertreter:

**Maikowski & Ninnemann Patentanwälte, 10707
Berlin, DE**

(72) Erfinder:

**Ksianzou, Viachaslau, Dipl.-Phys., 12435 Berlin,
DE; Lisinetskii, Victor, Dr., 12437 Berlin, DE;
Schrader, Sigurd, Prof. Dr., 10405 Berlin, DE;
Sakhno, Oksana, Dr., 14169 Berlin, DE; Stumpe,
Joachim, Dr., 14641 Nauen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

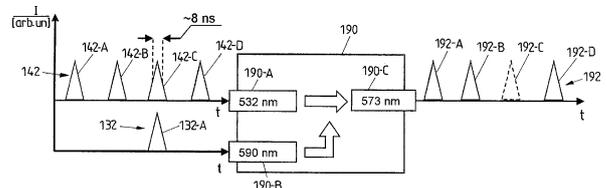
| | | |
|-----------|-------------------|-----------|
| DE | 600 34 687 | T2 |
| US | 7 417 788 | B2 |
| US | 5 742 415 | A |

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Modulieren und/oder Schalten eines optischen Signals mittels Licht und entsprechendes Verfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Modulieren und/oder Schalten eines optischen Signals (192) einer bestimmten Wellenlänge mit Hilfe optischer Signale (132) einer zweiten Wellenlänge. Insbesondere betrifft die Erfindung einen Modulator bzw. Schalter zum Modulieren bzw. Schalten eines Lichtsignals (192) mittels Licht, also einen Modulator und Schalter, der im Wesentlichen optische Komponenten, wie eine Lichtquelle, z.B. einen Laser, Umlenkspiegel, Filter, Oszillatoren, Linsen und optisch aktive Medien umfasst. Die Erfindung basiert auf der Nutzung eines opto-optischen Schaltprozesses, bei welchem die Besetzung eines optisch angeregten elektronischen Zustandes in einem optisch aktiven Medium (190) der Vorrichtung, welches Lichtemission in einem bestimmten Wellenlängenbereich als Lichtsignal (192) generiert, mit Licht einer anderen optischen Wellenlänge, einem Gate-Signal (132), signifikant verringert bzw. dieser Zustand komplett entvölkert wird, indem Elektronen aus dem angeregten Zustand des aktiven optischen Mediums (190) in Gegenwart des Gate-Signals (132) in den Grundzustand überführt werden. Infolge der Verringerung oder Entvölkerung dieses Zustandes reduziert sich die charakteristische Emission oder verschwindet nahezu vollständig. Dadurch, dass im optisch aktiven Medium dieser besonders effektive Schaltprozess genutzt wird, lässt sich ein komplettes optisches Durchschalten, also ein nahezu vollständiges Ein- oder Ausschalten der optischen Information mit Wechselwirkungslängen der interagierenden optischen Felder im Bereich von einigen Millimetern und darunter erreichen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Modulieren und/oder Schalten eines Lichtsignals mittels Licht.

[0002] Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine opto-optische Vorrichtung zum Modulieren und/oder Schalten eines Lichtsignals mittels Licht, also eine Vorrichtung, die im Wesentlichen optische Komponenten, wie Laser, Umlenkspiegel, Filter, Oszillatoren, Linsen und optisch aktive Medien umfasst.

[0003] Eine wesentliche Herausforderung bei derartigen opto-optischen Vorrichtungen ist es, ein optisches Signal, im Folgenden als Lichtsignal bezeichnet, wie beispielsweise einen Laserstrahl, möglichst schnell zu modulieren und/oder ein- oder auszuschalten, um hohe Signalübertragungsraten, d.h. hohe Bitraten, in optischen Übertragungssystemen erzielen zu können.

[0004] Eine opto-optische Vorrichtung ist beispielsweise aus der Literaturstelle S. Pressinotto et al.: „Ultrafast optical switching in distributed feedback polymer laser“, Applied Physics Letters 91, 191108 (2007), bekannt. Dort kommt ein optisch gepumpter verteilter Rückkopplungslaser (engl.: optically pumped distributed feedback laser; PDFB) auf Polymerbasis zum Einsatz. Als Pumplaser dient ein Titan:Saphir-Laser, also ein Festkörperlaser. Zum Einschalten des Lichtsignals werden Pumpimpulse auf ein optisch aktives Medium gegeben, die dort eine spontane Emission verursachen, welche ein Intensitätsmaximum bei einer Wellenlänge von etwa 575 nm aufweist. Die Pumpimpulse werden dazu aus der zweiten Harmonischen des von diesem Pumplaser bereitgestellten Lasersignals abgeleitet. Zum Ausschalten des Lichtsignals, also zum signifikanten Verringern des maximalen Intensitätswerts, werden dem optisch aktiven Medium Steuersignale, sogenannte Tor-Impulse (engl.: Gate-Impulse) zugeführt, welche spektral von den Pumpimpulsen getrennt sind. Die Gate-Impulse weisen eine Wellenlänge von etwa 780 nm auf. Die Gate-Impulse induzieren in dem optisch aktiven Medium die Erzeugung von Ladungsträgern. Eine solche Erzeugung von Ladungsträgern reduziert die Besetzungsinversion, die zur spontanen bzw. verstärkten spontanen Emission geführt hatte. Das Intensitätsmaximum bei der Emissionswellenlänge von 575 nm wird also signifikant reduziert, was einem Ausschalten des Lichtsignals entspricht.

[0005] Nachteilig an der oben vorgestellten vorbekannten opto-optischen Vorrichtung ist das aufwendig und kompliziert gestaltete optisch aktive Medium, welches das zu schaltende Lichtsignal emittiert. Zum Erzielen der oben genannten Effekte muss das optisch aktive Medium insbesondere eine Gitterstruktur aufweisen, welche aufwendig in der Herstellung ist.

Zudem müssen die Pump-Impulse und die Gate-Impulse in voneinander verschiedenen Winkeln in das optisch aktive Medium eingekoppelt werden, damit das Lichtsignal das optisch aktive Medium im stets gleichbleibenden Winkel verlässt. Dies ist für die Einkopplung des Lichtsignals in ein Faserkabel oder ein ähnliches Übertragungsmedium bedeutsam.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine opto-optische Vorrichtung vorzuschlagen, die einen vereinfachten Aufbau aufweist, sowie ein äußerst schnelles Schalten und/oder Modulieren eines Lichtsignals mittels Licht erlaubt.

[0007] Gemäß einem ersten Aspekt wird diese Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung zum Modulieren und/oder Schalten eines Lichtsignals mittels Licht gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1. Gemäß einem zweiten Aspekt wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Modulieren und/oder Schalten eines Lichtsignals mittels Licht gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 29. Merkmale vorteilhafter Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0008] Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich für einen Einsatz im Rahmen der Breitbandkommunikation, insbesondere der Ultrabreitbandkommunikation, in optischen Computern, in Routern, bei Freistrahilverbindungen, in integrierten optischen oder opto-elektronischen Bauelementen und bei vielen anderen Anwendungen der optischen Informationstechnologie.

[0009] Die Erfindung basiert auf der Nutzung eines opto-optischen Schaltprozesses, bei welchem die Besetzung oder die Besetzungsinversion eines optisch angeregten elektronischen Zustandes im optisch aktiven Medium des optischen Schaltelements, welches Lichtemission in einem bestimmten Wellenlängenbereich als Lichtsignal generiert, mit Licht einer anderen optischen Wellenlänge (der zweiten Wellenlänge), dem Gate-Signal, signifikant verringert bzw. dieser Zustand komplett entvölkert wird (engl.: „population dumping“ oder „population dump“), indem Elektronen aus dem angeregten Zustand des aktiven optischen Mediums in Gegenwart des Gate-Signals in den Grundzustand überführt werden. Infolge der Verringerung oder Entvölkerung dieses Zustandes reduziert sich die charakteristische Emission oder verschwindet nahezu vollständig. In dieser Art und Weise kann das vom optischen Schaltelement emittierte Lichtsignal extrem schnell moduliert und/oder geschaltet werden. Beispielsweise emittiert das optische Schaltelement mit dem optisch aktivem Medium auf den Empfang des Pump-Signals hin ein eingeschaltetes Lichtsignal und auf den Empfang des Gate-Signals hin ein ausgeschaltetes Lichtsignal. Diese Begriffe werden weiter unten näher erläutert.

[0010] Dadurch, dass im optisch aktiven Medium dieser besonders effektive Schalt- bzw. Modulationsprozess genutzt wird, kann ein komplettes optisches Durchschalten mit Wechselwirkungslängen der interagierenden optischen Felder im Bereich von einigen Millimetern und darunter erreicht werden.

[0011] Erfindungsgemäß kommt das optische Schaltelement zum Einsatz. Das optische Schaltelement kann eine einfache Wellenleitergeometrie beliebiger Form aufweisen. Ferner kann das optische Schaltelement bevorzugt aus lichtführenden, reflektierenden und/oder streuenden festen und/oder flüssigen Volumenmaterialien gebildet werden, beispielsweise aus einem Kristall, einem Glas, Polymeren, Flüssigkristallen und/oder Lösungen, um das Schalten und/oder Modulieren des Lichtsignals zu realisieren.

[0012] Die erfindungsgemäße Vorrichtung erlaubt somit ein opto-optisches Schalten mit extrem hohen Bitraten bei sehr kurzer Wechselwirkungslänge im optisch aktiven Medium des optischen Schaltelements sowie das Erstellen von schnellen optischen Übertragungstrecken für kurze, mittlere und lange Distanzen.

[0013] Nachfolgend werden weitere Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung beschrieben. Die Merkmale dieser weiteren Ausführungsformen können zur Bildung zusätzlicher Ausführungsformen miteinander kombiniert werden, sofern sie nicht ausdrücklich als alternativ zueinander beschrieben worden sind.

[0014] Das optische Schaltelement ist zum Empfangen des Pump-Signals und des Gate-Signals ausgebildet. Dazu weist es den wie auch immer gearteten Pumpsignaleingang und den wie auch immer gearteten Gatesignaleingang auf, die auch als gemeinsamer Eingang implementiert sein können. Ferner weist das optische Schaltelement das optisch aktive Medium auf, welches in Abhängigkeit von diesen beiden Signalen das geschaltete und/oder modulierte Lichtsignal emittiert. Je nach Art der Emission des Lichtsignals durch das optische Schaltelement wird nachfolgend auch von einem eingeschalteten Lichtsignal oder von einem ausgeschalteten Lichtsignal gesprochen. Dabei soll die Formulierung „ausgeschaltetes Lichtsignal“ nicht etwa suggerieren, dass das optische Schaltelement notwendigerweise überhaupt kein Licht emittiert. Vielmehr unterscheiden sich insbesondere die Spektren des eingeschalteten Lichtsignals einerseits und des ausgeschalteten Lichtsignals andererseits derart voneinander, dass ein Empfänger des Lichtsignals basierend auf den voneinander verschiedenen Spektren erkennen kann, ob es sich um ein eingeschaltetes Lichtsignal oder um ein ausgeschaltetes Lichtsignal handelt. Ein Empfänger des Lichtsignals interpretiert also

beispielsweise das eingeschaltete Lichtsignal als einen HIGH-Pegel, also beispielsweise als logische „1“, und das ausgeschaltete Lichtsignal als einen LOW-Pegel, also als eine logische „0“.

[0015] Das optische Schaltelement ist bevorzugt ausgebildet, bei Zufuhr von Energie mittels des Pump-Signals und/oder des Gate-Signals das Lichtsignal in Gestalt von elektromagnetischer Strahlung in einem oder mehreren der nachstehenden Spektralbereiche zu emittieren: Mikrowellenstrahlung, Terahertzstrahlung, fernes Infrarot, Infrarot, und/oder nahes Infrarot, sichtbare Strahlung, Ultraviolett.

[0016] Das optische Schaltelement ist ferner bevorzugt ausgebildet, das eingeschaltete Lichtsignal auf den Empfang des Pump-Signals hin durch Lumineszenz, bevorzugt Superlumineszenz, zu emittieren, die ein erstes Spektrum aufweist, welches sich über einen Lumineszenzwellenlängenbereich erstreckt und in welchem ein Intensitätsmaximum bei einer Emissionswellenlänge innerhalb des Lumineszenzwellenlängenbereichs liegt.

[0017] Das Pump-Signal erzeugt also beispielsweise in dem optisch aktiven Medium eine Besetzung oder eine Besetzungsinversion, die zu der Lumineszenz führt, also zu dem angeregten Zustand. Bei der Besetzung oder der Besetzungsinversion entsteht ein Intensitätsmaximum bei der Emissionswellenlänge innerhalb des Lumineszenzwellenlängenbereichs. Üblicherweise weist dieses Intensitätsmaximum einen signifikant höheren Betrag auf, als eine über das erste Spektrum gemittelte Intensität.

[0018] Empfängt das optische Schaltelement nun das Gate-Signal, ist das optische Schaltelement bevorzugt ausgebildet, das ausgeschaltete Lichtsignal derart zu emittieren, dass dieses ein zweites Spektrum aufweist, indem bei der Emissionswellenlänge eine Intensität vorherrscht, die gegenüber dem Intensitätsmaximum signifikant vermindert ist. Dabei weist das Gate-Signal bevorzugt einen Grundfrequenzanteil auf, der innerhalb des Lumineszenzwellenlängenbereichs liegt.

[0019] Zum Emittieren dieser wenigstens zwei voneinander verschiedenen Spektren weist das optische Schaltelement das optisch aktive Medium auf, das in Abhängigkeit von Gate-Signal und Pump-Signal in voneinander verschiedene Zustände versetzt werden kann.

[0020] Mit anderen Worten ist das optisch aktive Medium ausgebildet, auf Empfang des Pump-Signals hin einen angeregten Zustand einzunehmen, von welchem aus das eingeschaltete Lichtsignal aufgrund der Besetzung oder der Besetzungsinversion (engl.: „population inversion“) emittiert wird. In dem „angeregten“ Zustand befinden sich also eine Viel-

zahl (Besetzung) oder die Mehrzahl (Besetzungsinversion) von Teilchen des optisch aktiven Mediums in einem energetisch höheren Zustand als in einem energetisch niedrigeren Zustand.

[0021] Ferner ist das optisch aktive Medium bevorzugt ausgebildet, auf den Empfang des Gate-Signals hin einen „Grundzustand“ einzunehmen, von welchem aus das ausgeschaltete Lichtsignal emittiert wird. Dieser Grundzustand wird dadurch erreicht, dass das Gate-Signal eine Abnahme oder vollständige Entvölkerung von energiereichen Besetzungen des angeregten Zustands verursacht. Diese Abnahme wird in der Fachsprache auch als besagtes „Population Dumping“ bzw. als „Population Dump“ bezeichnet.

[0022] Bei einer Ausführungsform weist das optisch aktive Medium des optischen Schaltelementes eine Polymerschicht auf. Diese Polymerschicht ist bevorzugt ausgebildet, wahlweise in den angeregten Zustand oder in den Grundzustand versetzt zu werden. Vorzugsweise ist die Polymerschicht zwischen wenigstens zwei Glasschichten oder anderen geeigneten Schichten, z.B. beschichteten Siliziumwafern, niedrigbrechenden Polymersubstraten etc., angeordnet und bildet somit wellenführende Eigenschaften aus. Bevorzugt umfasst die Polymerschicht ein organisches Polymer. Beispielsweise handelt es sich bei dem Polymer um das Polymer NOA-68, das von dem Unternehmen Norland Products aus den USA vertrieben wird.

[0023] Die Polymerschicht ist bevorzugt mit einem Farbstoff, d.h. einem Chromophor bzw. einem Lumino-phor, dotiert, wie beispielsweise mit dem Farbstoff Pyrromethene 567, welcher beispielsweise von dem Unternehmen Exciton aus den USA vertrieben wird. Aufgrund der Dotierung mit dem Farbstoff entspricht das Lumineszenzspektrum der dotierten Polymerschicht weitestgehend dem des Farbstoffes und ist vergleichsweise breit.

[0024] Bei einer Ausführungsform weist das optisch aktive Medium eine Schichtstruktur auf. Das optische Schaltelement ist beispielsweise durch eine oder mehrere ebene Schichten gebildet, von denen wenigstens eine das optisch aktive Medium bildet.

[0025] Die Schichten weisen bevorzugt keine Gitterstruktur oder sonstige anderweitige Struktur auf, die aufwändig und kostenintensiv in der Herstellung sind. Die Schichten des optischen Schaltelementes weisen also insbesondere keine Gitterstruktur, Lochungen oder ähnliches auf, die die Homogenität der Materialverteilung beeinträchtigen könnten. Die Schichtstruktur des optisch aktiven Mediums des optischen Schaltelementes erlaubt ein einfaches und unkompliziertes Ankoppeln der Vorrichtung an ein weiteres Übertragungsmedium zum Übertragen des emittier-

ten Lichtsignals. Ferner können sowohl das Gate-Signal als auch das Pump-Signal in demselben Winkel in das optisch aktive Medium eingekoppelt werden.

[0026] Das Wellenleiterelement ist beispielsweise gebildet durch einen Kern (engl. Core) aus einem bestimmten Material, umgeben von einem Mantel (engl. Cladding) aus einem anderen Material, wobei mindestens eine dieser beiden Komponenten das optisch aktive Medium bildet.

[0027] Beide Komponenten, also Kern und Mantel, können auch aus mehreren Schichten aufgebaut sein oder eine Gradientenstruktur besitzen. Die Querschnittsgeometrie des Wellenleiterelements kann planar, dreieckig, rechteckig, vieleckig, zirkular, oval oder von ähnlicher Form sein. Die Schichten weisen keine Gitterstruktur oder sonstige anderweitige Struktur auf, die aufwendig und kostenintensiv in der Herstellung sind.

[0028] Die Schichtstruktur ist bevorzugt dadurch ausgebildet, dass die Länge und/oder die Breite des optischen Schaltelementes ein Vielfaches der Höhe des optischen Schaltelementes betragen.

[0029] Das optische Schaltelement ist bevorzugt derart angeordnet, dass das Gate-Signal und oder das Pump-Signal in einer Einfallrichtung auf das optische Schaltelement fallen, die in etwa senkrecht zu einer durch die Länge und Breite gebildeten Oberfläche des optischen Schaltelementes liegt. Ferner ist das optische Schaltelement bevorzugt ausgebildet, das Lichtsignal in einer Emissionsrichtung zu emittieren, die in etwa senkrecht zu der Einfallrichtung des Pump-Signals und/oder Gate-Signals liegt. Dies erleichtert sowohl die Installation des optischen Schaltelementes innerhalb der Vorrichtung als auch die Ankopplung eines Empfängers zum Empfangen des emittierten Lichtsignals.

[0030] Der Brechungsindex der dotierten Polymerschicht beträgt beispielsweise $n = 1,56$. Der Brechungsindex der wenigstens zwei Glasschichten beträgt beispielsweise $n = 1,513$. Die Polymerschicht ist beispielsweise mit einer Gewichtskonzentration von 0,5 % dotiert. Das optische Schaltelement ist bevorzugt derart angeordnet, dass das Pump-Signal und/oder das Gate-Signal zunächst senkrecht auf eine der wenigstens zwei Glasschichten (oder andere Schichten mit ähnlichen Eigenschaften, s.o.) eintreffen und sodann in das optisch aktive Medium, also in die mit dem Farbstoff dotierte Polymerschicht eindringen. Dort wird durch das Pumpsignal ein Lichtsignal in Form eines Lumineszenzsignals erzeugt. Aufgrund der beiden Glasschichten wirkt das optische Schaltelement als Wellenleiterelement und ermöglicht verstärkte spontane Emission, in der Fachliteratur auch als Amplified Spontaneous Emission (ASE) bezeichnet. In dieser Konfiguration wird das Lichtsi-

gnal senkrecht zum einfallenden Pump-Signal ausgekoppelt und somit parallel zu den Glasschichten.

[0031] Mit anderen Worten ist das optische Schaltelement mit der planaren Struktur ausgebildet, das Lichtsignal in eine Richtung zu emittieren, die senkrecht zu einer Einfallrichtung des Pump-Signals und/oder Gate-Signals liegt. Dabei erlaubt die Verbindung von Polymer als Träger für den Farbstoff ein optisches Schalten innerhalb des optischen Schaltelements. Das optische Schaltelement kann also insbesondere in der Vorrichtung integriert sein. Die Polymerschicht weist beispielsweise eine Höhe von 6 µm auf. Die Länge und Breite des optischen Schaltelements können zur Ausbildung der Schichtstruktur ein Vielfaches dieses Betrages aufweisen.

[0032] Der erste Wellenlängenbereich des ersten Signals ist bevorzugt derart gewählt, dass das Gate-Signal besagten Grundfrequenzanteil aufweist. Da das erste Spektrum der mit dem Farbstoff dotierten planaren Polymerschicht vergleichsweise breit ist, ist dies vergleichsweise einfach zu bewerkstelligen. Das Gate-Signal wird in der mit dem Farbstoff dotierten Polymerschicht aufgrund der dort herrschenden Besetzung oder Besetzungsinversion des angeregten Zustandes zunächst ebenfalls verstärkt. Diese Verstärkung führt gleichzeitig zu der besagten Abnahme der energiereichen Besetzungen des angeregten Zustands (das sog. population dumping). Dadurch kommt es zu einer Verschiebung des Intensitätsmaximums, so dass bei der Emissionswellenlänge eine Intensität vorherrscht, die gegenüber dem Intensitätsmaximum während des angeregten Zustands signifikant vermindert ist. Auf diese Art und Weise kann ein äußerst schneller Ausschaltvorgang bzw. eine äußerst schnelle Modulation realisiert werden.

[0033] Bei einer konkreten Ausführungsform der Vorrichtung zum Schalten und/oder Modulieren eines Lichtsignals ist eine Lichtquelle, wie beispielsweise ein Laser vorgesehen, die zum Erzeugen eines gepulsten oder modulierten Lichtstrahls ausgebildet ist. Bevorzugt ist die Lichtquelle ausgebildet, die Intensität und/oder die Polarisation und/oder die Wellenlänge des Lichtstrahls zu variieren. Außerdem umfasst die Vorrichtung bevorzugt:

- einen Splitter, der zum Splitten des Lichtstrahls in ein erstes Signal mit einem ersten Wellenlängenbereich und in ein zweites Signal mit einem zweiten Wellenlängenbereich ausgebildet ist;
- einen Ausschaltsignalpfad, dem das erste Signal zugeführt ist und der zum Erzeugen des Gate-Signals in Abhängigkeit vom ersten Signal ausgebildet ist;
- einen Einschaltsignalpfad, dem das zweite Signal zugeführt ist und der zum Erzeugen des Pump-Signals in Abhängigkeit vom zweiten Signal ausgebildet ist; und

– ein Auskopplungselement, das zum Empfangen und Weiterleiten des Gate-Signals und des Pump-Signals als Zwischensignal ausgebildet ist, wobei das optische Schaltelement zum Empfangen des Zwischensignals angeordnet ist und das optisch aktive Medium zum Aussenden des Lichtsignals in Abhängigkeit vom Zwischensignal ausgebildet ist.

[0034] Bevorzugt handelt es sich bei dem Laser, der beispielhaft die Lichtquelle realisiert, um einen Festkörperlaser, wie beispielsweise einen Neodym-dotierten Yttrium-Aluminium-Granat-Laser. Die Erfindung ist aber auf keinen bestimmten Typ der Lichtquelle beschränkt, sondern es kommen auch Festkörperlaser, Diodenlaser, Leuchtdioden und dergleichen zum Erzeugen intensiver elektromagnetischer Strahlung in Betracht, aus der das Pump-Signal und/oder das Gate-Signal abgeleitet werden können.

[0035] Generell, also unabhängig von der oben genannten konkreten Konfiguration, kann das Signal, aus dem das Gate-Signal und/oder das Pump-Signal erzeugt wird, mittels eines des Folgenden bereitgestellt werden: durch eine elektromagnetische Energiequelle; durch Laserlicht-Impulse, mittels Röntgen- und/oder Gamma-Strahlung; mittels einer elektrischen Gleich- und/oder Wechselspannung und/oder gepulsten elektrischen Spannung.

[0036] Alternativ oder zusätzlich ist bei einer Ausführungsform ein Sensor an der Vorrichtung vorgesehen, der zum Empfangen einer die Vorrichtung umgebenden Strahlung, wie Höhenstrahlung, oder ähnlicher Signale, ausgestaltet und angeordnet ist, wobei der Sensor ausgebildet ist, die empfangene Strahlung in das Gate-Signal und/oder das Pump-Signal zu wandeln

[0037] Der Splitter, der zum Splitten des gepulsten Laserstrahls in das erste Signal und das zweite Signal ausgebildet ist, stellt das erste Signal und das zweite Signal bevorzugt jeweils ebenfalls als gepulstes Lasersignal bereit, wobei das erste Signal besagten ersten Wellenlängenbereich aufweist und das zweite Signal besagten zweiten Wellenlängenbereich, die insbesondere voneinander verschieden sind. Beispielsweise ist das erste Signal eine erste harmonische Komponente des gepulsten Laserstrahls und das zweite Signal eine zweite harmonische Komponente des gepulsten Laserstrahls. Beispielsweise ist also der Splitter ausgebildet, das erste Signal als dritte Harmonische des gepulsten Laserstrahls bereitzustellen und das zweite Signal als zweite Harmonische des gepulsten Laserstrahls.

[0038] Der Einschaltsignalpfad ist ausgebildet, das zweite Signal in das Pump-Signal zu wandeln, beispielsweise derart, dass das Pump-Signal eine Vielzahl von Pump-Impulsen und/oder eine Vielzahl von Pumpimpulsfolgen umfasst.

[0039] Der Ausschaltsignalpfad ist ausgebildet, das erste Signal in das Gate-Signal zu wandeln, beispielsweise derart, dass das Gate-Signal einen oder mehrere Gate-Impulse umfasst.

[0040] Das Wandeln des ersten Signals in dem Ausschaltsignalpfad und das Wandeln des zweiten Signals in dem Einschaltsignalpfad geschehen bevorzugt ausschließlich durch optische Elemente.

[0041] Das von dem Ausschaltsignalpfad bereit gestellte Gate-Signal und das von dem Einschaltsignalpfad bereit gestellte Pump-Signal sind beide dem Auskopplungselement zugeführt. Auch dieses Auskopplungselement ist bevorzugt ein optisches Element, wie beispielsweise ein Umlenkspiegel. Das Auskopplungselement ist ausgebildet, das Gate-Signal zeitgleich oder zeitverzögert zum Pump-Signal weiterzuleiten. Im Auskopplungselement erfolgt bevorzugt keine Verzögerung des Gate-Signals oder des Pump-Signals. Das Auskopplungselement ist somit bevorzugt ausgebildet, das Gate-Signal und das Pump-Signal gleichzeitig als Zwischensignal weiterzuleiten oder zeitversetzt voneinander weiterzuleiten, falls das Gate-Signal und das Pump-Signal zeitversetzt bei dem Auskopplungselement eintreffen. Sowohl das Pump-Signal als auch das Gate-Signal und folglich auch das Zwischensignal sind bevorzugt gepulste optische Signale.

[0042] Der Einschaltsignalpfad ist ausgebildet, das zweite Signal in das Pump-Signal zu wandeln, beispielsweise derart, dass das Pump-Signal eine Vielzahl von Pump-Impulsen und/oder eine Vielzahl von Pumpimpulsfolgen umfasst. Der Einschaltsignalpfad ist bevorzugt ausgebildet, dass Pump-Signal derart zu erzeugen, dass dieses ausgestaltet ist, das optisch aktive Medium durch Verursachen einer Besetzung oder einer Besetzungsinversion in einen angeregten Zustand zu versetzen, in welchem das optische Schaltelement ein eingeschaltetes Lichtsignal emittiert.

[0043] Der Ausschaltsignalpfad ist ausgebildet, das erste Signal in das Gate-Signal zu wandeln, beispielsweise derart, dass das Gate-Signal einen oder mehrere Gate-Impulse umfasst. Weiter ist der Ausschaltsignalpfad bevorzugt ausgebildet, das Gate-Signal derart zu erzeugen, dass dieses ausgestaltet ist, das optisch aktive Medium durch Verursachen einer spontanen Abnahme von energiereichen Besetzungen im angeregten Zustand in einen Grundzustand zu überführen, in welchem das optische Schaltelement ein ausgeschaltetes Lichtsignal emittiert.

[0044] Zum Erzeugen des Gate-Signals weist der Ausschaltsignalpfad beispielsweise einen optisch parametrischen Oszillator (OPO) auf, dem das erste Signal zugeführt ist. Bevorzugt ist dieser optisch parametrische Oszillator ausgebildet, eine Frequenz-

und/oder Energieadaption bei dem ersten Signal vorzunehmen.

[0045] Dem optisch parametrischen Oszillator ist bevorzugt ein Verzögerungselement nachgelagert, beispielsweise eine $\lambda/2$ -Platte oder eine $\lambda/4$ -Platte. Über dieses Verzögerungselement kann eine Intensitätsadaption durchgeführt werden.

[0046] Der optisch parametrische Oszillator und das Verzögerungselement des Ausschaltsignalpfades dienen insbesondere einer Verstärkung der Energie des ersten Signals. Beispielsweise hat ein Gate-Impuls des von dem Ausschaltsignalpfad bereitgestellten Gate-Signals eine Energie von 1 mJ. Demgegenüber hat ein Pump-Impuls des Pump-Signals, das von dem Einschaltsignalpfad bereitgestellt worden ist, beispielsweise eine Energie von 120 μ J, also etwa ein Zehntel von der Energie eines Gate-Impulses.

[0047] Der Einschaltsignalpfad weist bevorzugt ebenfalls ein Element zum Adaptieren der Energie und/oder der Frequenz des zweiten Signals auf, beispielsweise in Gestalt eines Filters.

[0048] Zum Anpassen einer Laufzeit des ersten Signals bzw. des Gate-Signals an eine Laufzeit des Pump-Signals bzw. des zweiten Signals weist die Vorrichtung eine Vielzahl von Gate-Signal-Umlenkspiegeln auf. Bevorzugt ist die Vielzahl der Gate-Signal-Umlenkspiegel derart angeordnet, dass das Gate-Signal während oder kurz nach dem Eintreffen des Pump-Signals bei dem Auskopplungselement eintrifft.

[0049] Bei dem Auskopplungselement erfolgt bevorzugt, wie gesagt, keine Verzögerung eines Signals. Damit trifft das Gate-Signal leicht zeitverzögert zum Pump-Signal in dem optischen Medium des optischen Schaltelements ein. Diese Zeitversetzung kann durch die Anzahl und den Abstand zwischen den Gate-Signal-Umlenkspiegeln exakt eingestellt werden.

[0050] Beispielsweise ist der Ausschaltsignalpfad ausgebildet, das Gate-Signal derart zu erzeugen, dass der Gate-Impuls des Gate-Signals zur selben Zeit am Auskopplungselement eintrifft, wie ein bestimmter Pump-Impuls der Pumpimpulsfolge des Pump-Signals. Beispielsweise ist also der Einschaltsignalpfad ausgebildet, das ihm zugeführte zweite Signal, welches beispielsweise als Einzelimpuls vorliegt, in eine Pumpimpulsfolge zu wandeln, welche beispielsweise zwei, drei oder mehrere einzelne Pump-Impulse aufweist. Beispielsweise ist der Ausschaltsignalpfad ausgebildet, das Gate-Signal derart zu erzeugen, dass ein Gate-Impuls des Gate-Signals zur selben Zeit am Auskopplungselement eintrifft wie

ein bestimmter Pump-Impuls der Pumpimpulsfolge des Pump-Signals.

[0051] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung ist ferner eine Linse vorgesehen, die dem Auskopplungselement zum Fokussieren des Zwischensignals nachgelagert ist. Die Linse ist also ausgebildet, das Zwischensignal auf die Oberfläche des optischen Schaltelements zu fokussieren. Bevorzugt handelt es sich bei der Linse um eine zylindrische Linse, die ausgebildet ist, das in strahlform vorliegende Zwischensignal mit etwa kreisförmigem Querschnitt in ein fokussiertes Signal zu transformieren, das einen etwa rechteckigen Querschnitt aufweist. Das fokussierte Signal fällt bevorzugt in zur Oberfläche des optischen Schaltelements senkrechter Richtung in das optische Schaltelement ein.

[0052] Bei einer anderen Ausführungsform ist das optische Schaltelement über eine erste Faser an das Auskopplungselement gekoppelt. Die erste Faser ist beispielsweise eine Multimodenfaser mit einem Durchmesser von 600 µm. Beispielsweise sind also das Pump-Signal und/oder das Gate-Signal einem Ankopplungsstück zugeführt, das über die erste Faser an das optische Schaltelement gekoppelt ist, so dass dem optischen Schaltelement das Pump-Signal und/oder das Gate-Signal zugeführt werden können.

[0053] Das Verfahren des zweiten Aspektes der Erfindung teilt die Vorteile der Vorrichtung des ersten Aspektes der Erfindung. Bevorzugte Ausführungsformen des Verfahrens entsprechen sinngemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen der Vorrichtung, insbesondere, wie sie in den Unteransprüchen angegeben sind.

[0054] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden bei der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren deutlich.

[0055] Es zeigen:

[0056] Fig. 1 schematisch und exemplarisch ein vereinfachtes Blockdiagramm eines optischen Schaltelements für eine erfindungsgemäße Vorrichtung;

[0057] Fig. 2 schematisch und exemplarisch einen zeitabhängigen Intensitätsverlauf eines Lichtsignals, eines Gate-Signals und eines Pump-Signals;

[0058] Fig. 3 schematisch und exemplarisch ein Blockdiagramm einer ersten Ausführungsform einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0059] Fig. 4 schematisch und exemplarisch ein optisches Schaltelement mit einem optisch aktiven Medium;

[0060] Fig. 5A und Fig. 5B schematisch und exemplarisch einen gemessenen Intensitätsverlauf eines Lichtsignals über der Wellenlänge, welches von der ersten Ausführungsform geschaltet worden ist;

[0061] Fig. 6 schematisch und exemplarisch ein Blockdiagramm einer zweiten Ausführungsform einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0062] Fig. 7 schematisch und exemplarisch gemessene Intensitätsverläufe eines Lichtsignals über die Zeit, welches von der zweiten Ausführungsform geschaltet worden ist, sowie eines Gate-Signals und eines Pump-Signals; und

[0063] Fig. 8 schematisch und exemplarisch einen gemessenen Intensitätsverlauf eines Lichtsignals über der Wellenlänge, welches von der zweiten Ausführungsform geschaltet worden ist.

[0064] Fig. 1 zeigt schematisch und exemplarisch ein vereinfachtes Blockdiagramm eines optischen Schaltelements **190** für eine erfindungsgemäße Vorrichtung. Das optische Schaltelement **190** weist zum Empfangen eines Pump-Signals **142** einen optischen Pumpsignaleingang **190-A** und zum Empfangen eines optischen Gate-Signals **132** einen Gatesignaleingang **190-B** auf. In Abhängigkeit von Pump-Signal **142** und Gate-Signal **132** gibt das optische Schaltelement **190** an einem Lichtsignalausgang **190-C** ein Lichtsignal **192** aus. Die Eingänge **190-A** und **190-B** sowie der Lichtsignalausgang **190-C** stellen also optische Verbindungen dar (engl.: optical interconnect), mit denen Informationen in Form optischer Signale zu oder von dem optischen Schaltelement **190** übertragen werden können.

[0065] Das Pump-Signal **142** und das Gate-Signal **132** werden üblicherweise als Lichtsignale mit zeitlich und räumlich schwankenden Mittelwerten von Größen wie Intensität, Feldstärke, Polarisation und/oder Wellenlänge oder als impulsartige Änderung dieser Größen bereitgestellt, beispielsweise als fs-, ps-, ns-, µs-, ms- oder längere bzw. kürzere Impulse, vorzugsweise als fs-, ps- oder ns-Impulse. Dabei ist es ausreichend, wenn eine der genannten Größen Änderungen aufweist. Die Signale **132** und **142** werden dem optischen Schaltelement **190** über die optischen Signaleingänge **190-A** und **190-B** zugeführt und dort in das Lichtsignal **192** einer anderen Wellenlänge konvertiert. Der Konvertierungsvorgang kann durch das Gate-Signal **132** zielgerichtet beeinflusst werden, um die gewünschte Modulation und/oder das gewünschte Ein- oder Ausschalten des am Lichtsignalausgang **190-C** anliegenden Lichtsignals **192** des optischen Schaltelements **190** zu erreichen.

[0066] Nachfolgend soll mit Bezug auf die **Fig. 2** ein exemplarischer Konvertierungsvorgang in dem optischen Schaltelement **190** erläutert werden. Die **Fig. 2** zeigt dazu schematisch und exemplarisch einen zeitabhängigen Intensitätsverlauf eines Lichtsignals **192**, eines Gate-Signals **132** und eines Pump-Signals **142**. Die Ordinatenachse gibt die Intensität I in einer beliebigen Einheit [arb.un.] an und die Abszissenachsen jeweils die Zeit in Nanosekunden [ns].

[0067] Das optische Schaltelement **190** umfasst beispielsweise ein optisch aktives Medium in Gestalt einer dotierten Polymer-Schicht. Auf eine genauere Ausgestaltung des optischen Schaltelements **190** wird an späterer Stelle mit Bezug auf die **Fig. 4** eingegangen.

[0068] Das Pump-Signal **142** und das Gate-Signal **132** werden beispielsweise mit einem Nd:YAG-Laser mit Frequenzverdoppler und -verdreifacher sowie einem optisch parametrischen Oszillator (engl.: optic parametric oscillator – OPO) erzeugt. Auf die Erzeugung dieser Signale mittels eines Lasers wird ebenfalls weiter unten näher eingegangen, insbesondere mit Bezug auf die **Fig. 3** und **Fig. 6**.

[0069] Das erzeugte Pump-Signal **142** umfasst unter anderem Pump-Impulse **142-1** bis **142-4** mit einer Pulslänge von ca. 8 ns und einer ersten Wellenlänge von 532 nm. Diese Pump-Impulse **142-1** bis **142-4** erzeugen in einem optisch aktiven Medium des optischen Schaltelements durch spontane und verstärkte spontane Lumineszenz Licht-Impulse (im Folgenden auch als ‚Signal-Impulse‘ bezeichnet) **192-A** bis **192-D** mit etwa gleicher Pulslänge, also ebenfalls etwa 8 ns, jedoch anderer Wellenlänge, beispielsweise 573 nm.

[0070] Weiterhin wird zum Beispiel mit Hilfe des OPOs das schmalbandige Gate-Signal **132** erzeugt, das einen Gate-Impuls **132-A** in einem zweiten Wellenlängenbereich, z.B. von 580 nm bis 650 nm, bevorzugt mit einer Halbwertsbreite von weniger als 1 nm und bevorzugt mit einer Impulsdauer von ebenfalls etwa 8 ns, umfasst. Dabei erreicht der Gate-Impuls **132-A** das aktive Medium des optischen Schaltelements **190** zeitlich synchronisiert mit den Pump-Impulsen **142-A** bis **142-D**, wenn die durch letztere generierten Licht-Impulse **192-A** bis **192-D** mit einer Wellenlänge von 573 nm wenigstens teilweise ausgeschaltet werden sollen. So können einzelne Licht-Impulse **192-A** bis **192-D** gezielt ausgeschaltet und mittels des Gate-Signals **132** die gewünschte Information auf die Licht-Impulsfolge des Lichtsignals **192** übertragen werden. Der Gate-Impuls **132-A** wird also zur Steuerung der in dem optischen Schaltelement generierten optischen Licht-Impulse **192-A** bis **192-D** genutzt. Beispielsweise schaltet ein über den Gate-signaleingang **190-B** zugeführter Gate-Impuls **132-A** den Licht-Impuls **192-C** aus, wenn dieser einen aus-

reichenden zeitlichen Überlapp mit dem Gate-Impuls **132-A** besitzt. Dann reduziert bzw. entvölkert (depopuliert) der Gate-Impuls **132-A** die im aktiven Medium des optischen Schaltelements induzierte Besetzung oder Besetzungsinversion des für die Lichtsignalerzeugung verantwortlichen elektronischen Zustandes und es entsteht ein „ausgeschaltetes Lichtsignal“. Dabei besitzen der Licht-Impuls **192-C** und der Gate-Impuls **132-C** vorzugsweise dieselbe zeitliche Länge.

[0071] Die Formulierung „ausgeschaltetes Lichtsignal“ soll dabei nicht suggerieren, dass das optische Schaltelement **190** notwendigerweise überhaupt kein Licht emittiert. Vielmehr unterscheiden sich die Spektren eines eingeschalteten Lichtsignals (Licht-Impulse **192-A**, **192-B** und **192-D**) einerseits und des ausgeschalteten Lichtsignals (Licht-Impuls **192-C**) andererseits derart voneinander, dass ein Empfänger des Lichtsignals **192** basierend auf den voneinander verschiedenen Spektren erkennen kann, ob es sich um ein eingeschaltetes Lichtsignal oder um ein ausgeschaltetes Lichtsignal handelt. Ein Empfänger des Lichtsignals **192** interpretiert also beispielsweise das eingeschaltete Lichtsignal als einen HIGH-Pegel, also beispielsweise als logische „1“, und das ausgeschaltete Lichtsignal als einen LOW-Pegel, also als eine logische „0“.

[0072] Zum Emittieren dieser wenigstens zwei voneinander verschiedenen Spektren weist das optische Schaltelement **190** das optisch aktive Medium auf, das in Abhängigkeit von Gate-Signal **132** und Pump-Signal **142** in voneinander verschiedene Zustände versetzt werden kann, nämlich wenigstens einen angeregten Zustand und einen Grundzustand.

[0073] Das optisch aktive Medium des optischen Schaltelements **190** weist z.B. eine Polymerschicht auf, die ausgebildet ist, wahlweise in den angeregten Zustand oder in den Grundzustand versetzt zu werden. Die Polymerschicht ist z.B. zwischen wenigstens zwei Glasschichten oder anderen geeigneten Schichten, z.B. beschichteten Siliziumwafern, niedrigbrechenden Polymersubstraten etc., angeordnet und bildet somit wellenführende Eigenschaften aus. Beispielsweise umfasst die Polymerschicht ein organisches Polymer. Die Polymerschicht ist bevorzugt mit Farbstoff dotiert, wie beispielsweise mit dem Farbstoff Pyrromethene **567**.

[0074] Das optisch aktive Medium emittiert das über den Pumpsignaleingang **190-A** zugeführte Pump-Signal **142** in Form von Pump-Impulsen **142-A** bis **142-D** der ersten Wellenlänge von 532 nm als Lichtsignal **192** durch Lumineszenz, bevorzugt durch verstärkte spontane Emission (ASE), auch als Superlumineszenz bezeichnet. Diese weist ein Spektrum auf, welches sich über einen größeren Wellenlängenbereich erstreckt und in welchem ein ASE-Intensitäts-

maximum bei einer Emissionswellenlänge von 573 nm und somit innerhalb des Lumineszenzwellenlängenbereichs liegt. Üblicherweise weist dieses Intensitätsmaximum einen signifikant höheren Betrag auf, als das Maximum der spontanen Lumineszenz.

[0075] Empfängt das optische Schaltelement nun das Gate-Signal **132** der zweiten Wellenlänge von beispielsweise 590 nm, emittiert das optisch aktive Medium das durch das zugeführte Pump-Signal **142** erzeugte Lichtsignal **192** anderer Wellenlänge derart, dass dieses in Gegenwart des Gate-Signals **132** signifikant vermindert ist. Dabei weist das Gate-Signal **132** einen Grundfrequenzanteil auf, der innerhalb des Lumineszenzwellenlängenbereichs liegt.

[0076] Da das erste Spektrum der mit dem Farbstoff dotierten planaren Polymerschicht vergleichsweise breit ist, ist dies einfach zu bewerkstelligen. Das Gate-Signal **132** wird in der mit dem Farbstoff dotierten Polymerschicht aufgrund der dort herrschenden Besetzung oder Besetzungsinversion zunächst ebenfalls verstärkt. Diese Verstärkung führt gleichzeitig zu der besagten spontanen Abnahme der energiereichen Besetzungen des angeregten Zustands (das sog. Population Dumping). Dadurch kommt es zu einer Abnahme des Intensitätsmaximums, so dass bei der Emissionswellenlänge eine Intensität vorherrscht, die gegenüber dem Intensitätsmaximum während des angeregten Zustands signifikant vermindert ist. Auf diese Art und Weise kann ein äußerst schneller Ausschalt- oder sonstiger Modulationsvorgang realisiert werden.

[0077] Bei einer weiteren Ausführungsform ist durch geeignete Vorbehandlung, z.B. Einstellen einer permanenten Chromophordotierung in der Polymermatrix des optischen Schaltelements **190** beispielsweise ein polarisationsabhängiges Modulieren und/oder Schalten des Lichtsignals **192** möglich.

[0078] Auf diese Weise wird am Lichtsignalausgang **190-C** des optischen Schaltelements **190** das Lichtsignal **192** mit einer Folge von Licht-Impulsen **192-A** bis **192-D** in einer durch den Verlauf des Gate-Signals **132** festgelegten Sequenz bereitgestellt. Durch Variation der Gatsignalintensität lässt sich eine teilweise Entvölkerung eines für die Lichtsignalerzeugung verantwortlichen elektronischen Zustandes erreichen. Dadurch werden gezielt Schwankungen der Intensität des in dem optischen Schaltelement **190** erzeugten Lichtsignals **192** bzw. der darin enthaltenen Licht-Impulse **192-A** bis **192-D** erreicht. Je nach Stärke des Gate-Signals **132** ist entweder eine Modulation oder ein Ausschalten des erzeugten Lichtsignals **192** möglich. Erfindungsgemäß können sich die Modulation und/oder das Schalten auch auf die anderen der o.g. Größen oder Kombinationen aus diesen erstrecken, z.B. ein Modulieren und/oder Schalten der Polarisation des emittierten Lichtsignals.

[0079] Nun wird mit Bezug auf die **Fig. 3** eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Schalten und/oder Modulieren des Lichtsignals **192** näher erläutert.

[0080] **Fig. 3** zeigt schematisch und exemplarisch ein Blockdiagramm einer ersten Ausführungsform **100** einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Schalten und/oder Modulieren des Lichtsignals **192**.

[0081] Bei der Vorrichtung **100** stellt eine Lichtquelle in Gestalt eines Lasers **110**, wie ein Nd:YAG-Laser, gepulste Strahlen **112** bereit, beispielsweise in Form einer zweiten (532 nm) und einer dritten Harmonischen (355 nm) einer Grundwelle (1064 nm) des Lasers **110**, auch Fundamentale genannt, als kollineare, gepulste Strahlen **112**. Diese gepulsten Strahlen **112** werden im Folgenden als Laserstrahl **112** bezeichnet.

[0082] Der Splitter **120** empfängt den gepulsten Laserstrahl **112** und splittet diesen in ein erstes Signal **122** und ein zweites Signal **124**. Bei dem Splitter **120** handelt es sich beispielsweise um einen dichroitischen Spiegel, der den gepulsten Laserstrahl **112** in das erste Signal **122** mit einer Wellenlänge von 355 nm (dritte Harmonische) und in das zweite Signal **124** mit einer Wellenlänge von 532 nm (zweite Harmonische) auftrennt.

[0083] Das zweite Signal **124** wird von einem Einschaltsignalpfad **140** empfangen und ein Ausschaltsignalpfad **130** empfängt das erste Signal **122**.

[0084] Der Einschaltsignalpfad **140** erzeugt aus dem zweiten Signal **124** besagtes Pump-Signal **142** und der Ausschaltsignalpfad **130** aus dem ersten Signal **122** besagtes Gate-Signal **132**. Sowohl das Pump-Signal **142** als auch das Gate-Signal **132** sind einem optischen Schaltelement **190** der Vorrichtung **100** zugeführt. Das Pump-Signal **142** erzeugt in dem optisch aktiven Medium des optischen Schaltelements **190** eine Besetzung oder eine Besetzungsinversion (engl.: „population inversion“) und versetzt dieses damit in einen angeregten Zustand. Das Gate-Signal **132** verursacht in dem optisch aktiven Medium des Wellenleiters **190** eine spontane Abnahme von energiereichen Besetzungen und damit einen Übergang von dem angeregten Zustand in einen Grundzustand. Im angeregten Zustand emittiert das Wellenleiters **190** ein eingeschaltetes Lichtsignal **192-1** und im Grundzustand emittiert das optische Schaltelement **190** ein ausgeschaltetes Lichtsignal **192-2**, welches im Extremfall eine Intensität von etwa Null aufweist. Insoweit kann das Pump-Signal **142** auch als Einschaltsignal bezeichnet werden und das Gate-Signal **132** als Ausschaltsignal.

[0085] Im Folgenden werden die einzelnen Komponenten der Vorrichtung **100** näher erläutert, sodann werden die Signalformen näher beschrieben.

[0086] Der als Lichtquelle dienende Laser **110** ist bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel ein Neodym-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat-Laser (Nd: YAG-Laser). Der Laser **110** ist für einen Pulsbetrieb ausgestaltet und sendet den gepulsten Laserstrahl **112** aus, dessen zweite Harmonische eine Wellenlänge von etwa 532 nm aufweist und dessen dritte Harmonische eine Wellenlänge von etwa 355 nm aufweist.

[0087] Der dem Laser **110** in Laserstrahlrichtung nachgelagerter Splitter **120** teilt den gepulsten Laserstrahl **112** in das erste Signal **122** und in das zweite Signal **124**. Das erste Signal **122** ist die dritte Harmonische (also eine Komponente mit höherer Frequenz) des gepulsten Laserstrahls **112** und das zweite Signal **124** ist die zweite Harmonische (also niederfrequenter) des gepulsten Laserstrahls **112**. Das erste Signal **122** ist dem Ausschaltsignalpfad **130** zugeführt und das zweite Signal **124** dem Einschaltsignalpfad **140**.

[0088] Das zweite Signal **124**, also die zweite Harmonische des gepulsten Laserstrahls **112**, weist eine Vielzahl von Pulsen auf, wobei ein jeweiliger der Vielzahl Pulse eine Pulsdauer von etwa 8 ns aufweist und eine Energie von etwa 120 μ J besitzt.

[0089] Der Einschaltsignalpfad **140** weist zum Umlenken des zweiten Signals **124** einen Pumpsignalumlenkspiegel **144-1** auf. Dieser richtet das zweite Signal **124** auf ein Filter **146** des Einschaltsignalpfades **140**. Das Filter **146** filtert das zweite Signal **124** und adaptiert damit eine Energie des zweiten Signals **124**. Das Ausgangssignal des Filters **146** ist das bereits erwähnte Pump-Signal **142**, das einem Auskopplungselement **150** der Vorrichtung **100** zugeführt ist.

[0090] Das erste Signal **122**, also die dritte Harmonische des gepulsten Laserstrahls **112**, ist dem Ausschaltsignalpfad **130** zugeführt. Der Ausschaltsignalpfad **130** weist einen optisch parametrischen Oszillator **134** auf, der das erste Signal **122** empfängt. Der optisch parametrische Oszillator **134** wird also durch die dritte Harmonische des gepulsten Laserstrahls **112** gepumpt. Dem optisch parametrischen Oszillator **134** ist ein Verzögerungselement **136** nachgelagert, das eine $\lambda/2$ -Platte **136-3** aufweist, die zwischen einem ersten Polarisator **136-1** und einem zweiten Polarisator **136-2** des Verzögerungselements **136** angeordnet ist. Auch das Verzögerungselement **136** adaptiert die Energie des Ausgangssignals des optisch parametrischen Oszillators **134**. Das Ausgangssignal des Verzögerungselements **136** ist einem Gatesignal-Umlenkspiegel **138-1** zugeführt, welcher dieses zum Auskopplungselement **150** führt.

[0091] Das Auskopplungselement **150** richtet sowohl das Pump-Signal **142** als auch das Gate-Signal **132** auf eine Linse **160**, die beispielsweise als zylindrische Linse ausgestaltet ist. Das von dem Auskopplungselement **150** weitergeleitete Gate-Signal **132** oder das weitergeleitete Pump-Signal **142** oder eine Kombination davon wird im Folgenden als Zwischensignal **152** bezeichnet. Das Zwischensignal **152** ist also der Linse **160** zugeführt.

[0092] Die Linse **160** fokussiert das strahlförmige Zwischensignal **152** auf das optische Schaltelement **190**. Das Zwischensignal **152** liegt beispielsweise als Rundstrahl vor, was in der Vergrößerungsansicht zu den beiden Elementen **160** und **190** schematisch dargestellt ist. Die zylindrische Linse **160** wandelt das Zwischensignal **152** in ein fokussiertes Signal **162**. Bei dem fokussierten Signal **162** kann es sich also wahlweise um ein fokussiertes Gate-Signal **132**, um ein fokussiertes Pump-Signal **142** oder um ein kombiniertes fokussiertes Signal **162** handeln. Ist das Zwischensignal **152** das Gate-Signal **132**, so weist das fokussierte Signal **162** beim Eintreffen auf das optische Schaltelement **190** beispielsweise einen Querschnitt von 1×8 mm auf. Handelt es sich bei dem Zwischensignal **152** um das Pump-Signal **142**, so weist das fokussierte Signal **162** beim Eintreffen auf das optische Schaltelement **190** beispielsweise eine Querschnittsfläche von $0,05 \times 5$ mm auf.

[0093] Allgemein gesprochen wandelt das optische Schaltelement **190** das fokussierte Signal **162** in das Lichtsignal **192**, das entweder „eingeschaltet“ oder „ausgeschaltet“ sein kann. Das fokussierte Signal **162** fällt in etwa senkrecht zur räumlichen Ausdehnung des optischen Schaltelements **190** in das optische Schaltelement **190** ein, also senkrecht zu einer Oberfläche **190-4**. Das optische Schaltelement **190** emittiert das Lichtsignal **192** in etwa parallel zur räumlichen Ausdehnung des optischen Schaltelements **190**, wie es in der Fig. 3 durch die Pfeilrichtungen angedeutet ist.

[0094] Das optische Schaltelement **190** weist eine Schichtstruktur auf, wie es in der Fig. 4 und in der Vergrößerungsansicht von Fig. 3 dargestellt ist. Demnach weist das optische Schaltelement **190** eine Höhe H, eine Länge L sowie eine Breite B auf, wobei die Länge L und die Breite B des optischen Schaltelements **190** zur Ausbildung der Schichtstruktur beispielsweise ein Vielfaches der Höhe H betragen können. Das optische Schaltelement **190** ist derart angeordnet, dass das Zwischensignal **152** bzw. das fokussierte Signal **162** in einer Einfallrichtung auf das optische Schaltelement **190** einfällt, die in etwa senkrecht zu der durch die Länge und Breite gebildeten Oberfläche **190-4** des optischen Schaltelements **190** liegt. Das optische Schaltelement (**190**) emittiert das Lichtsignal **192** in einer Emissionsrichtung, die in et-

wa senkrecht zu der Einfallrichtung des Zwischensignals liegt.

[0095] Das optische Schaltelement **190** umfasst bei dem gezeigten Beispiel zwei Glasplatten **190-1** und **190-2**, zwischen denen eine Polymerschicht **190-3** angeordnet ist. Die Polymerschicht **190-3** ist mit einem Farbstoff dotiert. Bei der Polymerschicht **190-3** handelt es sich beispielsweise um das Polymer NOA-68 des Unternehmens Norland Products. Dotiert ist die Polymerschicht **190-3** beispielsweise mit dem Farbstoff Pyrromethene des Unternehmens Exciton. Die Polymerschicht **190-3** ist beispielsweise mit einer Gewichtskonzentration von etwa 0,5 % mit dem Farbstoff dotiert. Sie weist eine Schichtdicke von beispielsweise 6 μm auf. Der Brechungsindex der dotierten Polymerschicht **190-3** beträgt beispielsweise $n = 1,56$ und der Brechungsindex der Glasplatten **190-1** und **190-2** beträgt beispielsweise $n = 1,513$. Im Ergebnis unterstützt das optische Schaltelement **190** damit sowohl das Führen von TE- und TM-Moden, also das Führen von transversal-elektrischen (TE) Wellen als auch das Führen von transversal-magnetischen (TM) Wellen.

[0096] Eine erste Auswerteeinheit **200** empfängt das emittierte Lichtsignal **192** über ein Objektiv **210**, das das Lichtsignal **192** einem zweiten Ankopplungsstück **220** der ersten Auswerteeinheit **200** zuführt. Ein Spektrometer **240** der ersten Auswerteeinheit **200** ist über eine zweite Faser **230**, beispielsweise in Gestalt eines Glasfaserkabels, an das zweite Ankopplungsstück **220** gekoppelt. Die zweite Faser **230** weist beispielsweise einen Durchmesser von 600 μm auf.

[0097] Die während eines Versuchs von dem Spektrometer **240** gemessenen Signale sind in der **Fig. 5A** und der **Fig. 5B** dargestellt, worauf im Folgenden ebenfalls Bezug genommen wird. Bei der **Fig. 5A** und der **Fig. 5B** gibt die Abszissenachse jeweils die Wellenlänge λ in Nanometer [nm] an und die Ordinatenachse jeweils die Intensität I in einer beliebigen Einheit [arb. un.] an.

[0098] Nun soll ein Schaltvorgang der Vorrichtung **100** näher erläutert werden. Bei der Vorrichtung **100** beruht der Ausschaltvorgang im Wesentlichen darauf, dass das Gate-Signal **132** in der dotierten Polymerschicht **190-3** eine Abnahme von energiereichen Besetzungen erzwingt („Population Dumping“). Zuvor ist durch das Pump-Signal **142** in der dotierten Polymerschicht **190-3** eine Besetzung oder eine Besetzungsinversion verursacht worden, welche das optische Schaltelement **190** in den angeregten Zustand versetzt hat. In diesem Zustand emittiert das optische Schaltelement **190** das eingeschaltete Lichtsignal **192-1**, welches in der **Fig. 5A** und der **Fig. 5B** durch den durchgehenden Verlauf dargestellt ist. Es handelt sich bei dem eingeschalteten Lichtsignal **192-1** z.B. um besagte Superlumineszenz, die

auch als verstärkte spontane Emission (engl.: Amplified Spontaneous Emission, ASE) bezeichnet wird. Bei einer Emissionswellenlänge von etwa 573 nm liegt ein deutliches Intensitätsmaximum vor.

[0099] Zum Ausschalten des Lichtsignals **192** koppelt die Vorrichtung **100** das Gate-Signal **132** in die dotierte Polymerschicht **190-3**. Das Gate-Signal **132** weist beispielsweise eine Wellenlänge aus dem Wellenlängenbereich von etwa 590 nm bis 630 nm auf. Damit liegt die Wellenlänge des Gate-Signals **132** im Spektrum des eingeschalteten Lichtsignals **192-1**. Obwohl also das Gate-Signal **132** und das Lichtsignal **192** voneinander verschiedene Wellenlängen aufweisen, nutzen beide für ihre Verstärkung in der dotierten Polymerschicht **190-3** dieselbe Besetzung oder Besetzungsinversion. Die Verstärkung des Gate-Signals **132** in der dotierten Polymerschicht **190-3** führt zu der eben beschriebenen erzwungenen Abnahme von energiereichen Besetzungen in der dotierten Polymerschicht **190-3** (das so genannte Population Dumping). Diese Abnahme von energiereichen Besetzungen führt dazu, dass das Intensitätsmaximum im Superlumineszenzspektrum signifikant abnimmt oder in Gänze verschwindet. Das Einkoppeln des Gate-Signals **132** in das im angeregten Zustand befindliche optische Schaltelement **190** führt also zu einem Ausschalten des Lichtsignals **192**, was in der **Fig. 5A** und der **Fig. 5B** durch den gestrichelten Verlauf dargestellt ist. Aus der **Fig. 5A** und der **Fig. 5B** geht auch hervor, dass der Schaltvorgang bei der Vorrichtung von der Wellenlänge des Gate-Signals **132** abhängig ist. **Fig. 5A** zeigt einen Ausschaltvorgang für ein Gate-Signal **132**, dessen Wellenlänge bei etwa 630 nm liegt; bei der **Fig. 5B** liegt sie bei etwa 590 nm. Mit anderen Worten liegt bei der **Fig. 5A** die Wellenlänge des Gate-Signals bei etwa 630 nm und bei der **Fig. 5B** bei etwa 590 nm. Die **Fig. 5A** und die **Fig. 5B** zeigen, dass das Gate-Signal **132** mit einem Grundfrequenzanteil, dessen Wellenlänge bei etwa 590 nm liegt, zu einer deutlicheren Absenkung des Intensitätsmaximums führt und damit den Ausschalt- oder Modulationsvorgang effizienter gestaltet.

[0100] **Fig. 6** zeigt ein schematisches und exemplarisches Blockdiagramm einer zweiten Ausführungsform **300** einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Die Funktionsweise der Vorrichtung **300** entspricht im Wesentlichen der Funktionsweise der in **Fig. 3** dargestellten Vorrichtung **100**. Die Vorrichtung **300** unterscheidet sich dadurch, dass der Einschaltpfad **140** und der Ausschaltpfad **130** anders ausgestaltet sind als bei der Vorrichtung **100**.

[0101] Der Ausschaltsignalpfad **130** weist bei dieser Ausführungsform **300** mehrere Gatesignal-Umlenkspiegel **138-1**, **138-2**, **138-3**, **138-4** und **138-5** auf, so dass nach Erzeugen des Gate-Signals **132** durch das erste Signal **122** eine Laufzeit des Gate-Signals **132** im ersten Signalpfad **130** gezielt eingestellt wer-

den kann. Der zweite Signalpfad **140** weist bei der Vorrichtung **300** eine Vielzahl von Pumpsignal-Umlenkspiegeln **144-1** bis **144-12** auf, wobei die Pumpsignal-Umlenkspiegel **144-2** und **144-6** semitransparent sind, so dass sie einen einfallenden Laserstrahl nicht nur reflektieren, sondern auch in der gezeigten Art und Weise passieren lassen. Der zweite Signalpfad **140** weist ferner zum Einstellen einer Energie des Pump-Signals **142** das Filter **146** auf, welches Filterelemente **146-1**, **146-2** und **146-3** umfasst. Aufgrund der gezeigten Anordnung erzeugt der zweite Signalpfad **140** aus dem zweiten Signal **124** das Pump-Signal **124** derart, dass dieses in Gestalt einer diskreten Pumpimpulsfolge (engl.: pump pulse train) vorliegt.

[0102] Das Pulssignal **142** und das Gate-Signal **132** sind dem Auskopplungselement **150** zugeführt, das in besagter Weise das Zwischensignal **152** erzeugt. Anders als bei der Vorrichtung **100** ist das Zwischensignal **152** bei der Vorrichtung **300** einem ersten Ankopplungsstück **170** zugeführt, das über eine erste Faser **180**, beispielsweise in Gestalt einer Glasfaser, an das optische Schaltelement **190** gekoppelt ist.

[0103] Das optische Schaltelement **190** ist wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 3** und **Fig. 4** ausgestaltet. Das optische Schaltelement **190** ist über die zweite Faser **230** an einen Monochromator **250** gekoppelt, der an ein Oszilloskop **260** gekoppelt ist. Das Oszilloskop **260** und der Monochromator **250** sind Teil einer zweiten Auswerteeinheit **400**, die dem Auswerten des von dem optischen Schaltelement **190** emittierten Lichtsignals **192** dient. Von dem Oszilloskop **260** gemessene Signale sind in der **Fig. 7** und in der **Fig. 8** dargestellt.

[0104] Bei der **Fig. 7** gibt die Abszissenachse die Zeit t in Nanosekunden [ns] an und die Ordinatenachse die Intensität I in einer beliebigen Einheit [arb. un.]. Bei der **Fig. 8** gibt die Abszissenachse die Wellenlänge λ in Nanometern [nm] an und die Ordinatenachse die Intensität I in einer beliebigen Einheit [arb. un.].

[0105] Das Pump-Signal **142** liegt in Gestalt der besagten Pumpimpulsfolge vor, und weist bei dem Beispiel gemäß **Fig. 6** drei Pulse auf, was in der **Fig. 7** durch den obersten Verlauf dargestellt ist. Dieses Pump-Signal **142** führt in der dotierten Polymerschicht **190-3** zu der Besetzungsinversion, wodurch das optische Schaltelement **190** das eingeschaltete Lichtsignal **192-1** emittiert, dessen Verlauf **192-1** in **Fig. 7** über der Zeit und in **Fig. 8** über der Wellenlänge dargestellt ist. Deutlich zu sehen ist im spektralen Verlauf des eingeschalteten Lichtsignals **192-1** neben dem Pumpsignal bei 532 nm wiederum ein lokales Intensitätsmaximum der Superlumineszenz bei einer Wellenlänge von etwa 573 nm.

[0106] Der Ausschaltsignalpfad **130** erzeugt das Gate-Signal **132** derart, dass dieses, wie in **Fig. 7** gezeigt, zeitlich in etwa mit dem zweiten Puls der Pumpsignalfolge des Pump-Signals **142** übereinstimmt. Durch die Einkopplung dieses Gate-Signals **132** in die dotierte Polymerschicht **190-3** des optischen Schaltelements **190** kommt es zu besagtem „Population Dumping“ und damit zu einer signifikanten Reduktion des lokalen Intensitätsmaximums der Superlumineszenz. Das optische Schaltelement **190** nimmt also wieder den Grundzustand ein und emittiert das ausgeschaltete Lichtsignal, dessen Verlauf **192-2** in der **Fig. 7** über der Zeit und in der **Fig. 8** über der Wellenlänge λ dargestellt ist. Ein Grundfrequenzanteil des Gate-Signals **192** liegt wieder bei einer Wellenlänge von etwa 590 nm.

[0107] Im Ergebnis verhalten sich die Vorrichtung **100** und die Vorrichtung **300** jeweils wie ein logisches UND-Gatter mit invertiertem Gate-Signal-Eingang (A & B), bei dem das eingeschaltete Lichtsignal **192-1** nur dann erzeugt wird, falls das Pumpsignal **142** (A) in die dotierte Polymerschicht **190-3** eingekoppelt wird, nicht jedoch das Gate-Signal **132** (B), ein Sachverhalt, welcher durch die Symbolik B ausgedrückt wird.

[0108] Zusammengefasst formuliert betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Modulieren und/oder Schalten eines optischen Signals einer bestimmten Wellenlänge mit Hilfe optischer Signale einer zweiten Wellenlänge. Insbesondere betrifft die Erfindung einen Modulator bzw. Schalter zum Modulieren bzw. Schalten eines Lichtsignals (**192**) mittels Licht, also einen Modulator und Schalter, der im Wesentlichen optische Komponenten, wie einen Laser, Umlenkspiegel, Filter, Oszillatoren, Linsen und optisch aktive Medien umfasst. Die Erfindung basiert auf der Nutzung eines opto-optischen Schaltprozesses, bei welchem die Besetzung oder die Besetzungsinversion eines optisch angeregten elektronischen Zustandes in einem optisch aktiven Medium der Vorrichtung, welches Lichtemission in einem bestimmten Wellenlängenbereich als Lichtsignal generiert, mit Licht einer anderen optischen Wellenlänge, einem Gate-Signal, signifikant verringert bzw. dieser Zustand komplett entvölkert wird, indem Elektronen aus dem angeregten Zustand des aktiven optischen Mediums in Gegenwart des Gate-Signals in den Grundzustand überführt werden. Infolge der Verringerung oder Entvölkerung dieses Zustandes reduziert sich die charakteristische Emission oder verschwindet nahezu vollständig. Dadurch, dass im optisch aktiven Medium dieser besonders effektive Schaltprozess genutzt wird, lässt sich ein komplettes optisches Durchschalten, also ein nahezu vollständiges Ein- oder Ausschalten der optischen Information mit Wechselwirkungslängen der interagierenden optischen Felder im Bereich von einigen Millimetern und darunter erreichen.

| | | | |
|-------------------------|--|------------|---|
| | Bezugszeichenliste | 250 | Monochromator |
| | | 260 | Oszilloskop |
| 100 | Erste Ausführungsform einer Vorrichtung zum Schalten und/oder Modulieren eines optischen Signals | 300 | Zweite Ausführungsform der Vorrichtung zum Schalten und/oder Modulieren eines optischen Signals |
| 110 | Lichtquelle, wie z.B. Laser | 400 | Zweite Auswerteeinheit |
| 112 | Gepulster Laserstrahl | | |
| 120 | Splitter | | |
| 122 | Erstes Signal | | |
| 124 | Zweites Signal | | |
| 130 | Ausschaltsignalpfad | | |
| 132 | Gate-Signal | | |
| 132-A | Gate-Impuls | | |
| 134 | Oszillator | | |
| 136 | Verzögerungselement | | |
| 136-1 | Erster Polarisierer | | |
| 136-2 | Zweiter Polarisierer | | |
| 136-3 | $\lambda/2$ -Platte | | |
| 138-1 bis 138-5 | Gate-Signal-Umlenkspiegel | | |
| 140 | Einschaltsignalpfad | | |
| 142 | Pump-Signal | | |
| 142-A bis 142-D | Pump-Impulse | | |
| 144-1 bis 144-12 | Pumpsignal-Umlenkspiegel | | |
| 146 | Filter | | |
| 146-1 bis 146-3 | Filterelemente | | |
| 150 | Auskopplungselement | | |
| 152 | Kombinationssignal | | |
| 160 | Linse | | |
| 162 | Fokussiertes Signal | | |
| 170 | Erstes Ankopplungsstück | | |
| 180 | Erste Faser | | |
| 190 | optisches Schaltelement | | |
| 190-A | Pumpsignaleingang | | |
| 190-B | Gatesignaleingang | | |
| 190-C | Lichtsignalausgang | | |
| 190-1 | Erste Glasschicht | | |
| 190-2 | Zweite Glasschicht | | |
| 190-3 | Polymerschicht | | |
| 190-4 | Oberfläche des optischen Schaltelements | | |
| | 190 | | |
| 192 | Lichtsignal | | |
| 192-A bis 192-D | Licht-Impulse | | |
| 192-1 | Eingeschaltetes Lichtsignal | | |
| 192-2 | Ausgeschaltetes Lichtsignal | | |
| 200 | Auswerteeinheit | | |
| 210 | Objektiv | | |
| 220 | Zweites Ankopplungsstück | | |
| 230 | Zweite Faser | | |
| 240 | Spektrometer | | |

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- S. Pressinotto et al.: „Ultrafast optical switching in distributed feedback polymer laser“, Applied Physics Letters 91, 191108 (2007) [0004]

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**100; 300**) zum Schalten und/oder Modulieren eines Lichtsignals (**192**) mittels Licht (**132, 142**), aufweisend

– erste Mittel (**110, 120, 140, 150**) zum Erzeugen eines Pump-Signals (**142**) mit einer ersten Wellenlänge;

– zweite Mittel (**110, 120, 130, 150**) zum Erzeugen eines Gate-Signals (**132**) mit einer von der ersten Wellenlänge verschiedenen zweiten Wellenlänge; und

– ein optisches Schaltelement (**190**) zum Empfangen des Pump-Signals (**142**) und des Gate-Signals (**132**), wobei die Vorrichtung (**100; 300**) ausgebildet ist,

– dem optischen Schaltelement (**190**) das Pump-Signal (**142**) zum Erzeugen einer Besetzung oder einer Besetzungsinversion in einem optisch aktiven Medium (**190-3**) des optischen Schaltelements (**190**) über einen Pumpsignaleingang (**190-A**) zuzuführen, wobei bei Besetzung oder Besetzungsinversion eine Vielzahl von Elektronen in einen angeregten Zustand versetzt werden; und

– dem optischen Schaltelement (**190**) das Gate-Signal (**132**) zum Erzwingen einer wenigstens teilweisen Entvölkerung in dem optisch aktiven Medium (**190-3**) über einen Gatesignaleingang (**190-B**) zuzuführen, wobei bei der Entvölkerung Elektronen von dem angeregten Zustand in einen Grundzustand übergehen und wobei das optische Schaltelement (**190**) ausgebildet ist, das Lichtsignal (**192**) in Abhängigkeit vom Zustand des optisch aktiven Mediums (**190-3**) zu emittieren.

2. Vorrichtung (**100; 300**) nach Anspruch 1, umfassend

– einen Lichtquelle (**110**), die zum Erzeugen eines gepulsten oder modulierten Lichtstrahls (**112**) ausgebildet ist;

– einen Splitter (**120**), der zum Splitten des Lichtstrahls (**112**) in ein erstes Signal (**122**) mit einem ersten Wellenlängenbereich und in ein zweites Signal (**124**) mit einem zweiten Wellenlängenbereich ausgebildet ist;

– einen Ausschaltsignalpfad (**130**), dem das erste Signal (**122**) zugeführt ist und der zum Erzeugen des Gate-Signals (**132**) in Abhängigkeit vom ersten Signal (**122**) ausgebildet ist;

– einen Einschaltsignalpfad (**140**), dem das zweite Signal (**124**) zugeführt ist und der zum Erzeugen des Pump-Signals (**142**) in Abhängigkeit vom zweiten Signal (**124**) ausgebildet ist; und

– ein Auskopplungselement (**150**), das zum Empfangen und Weiterleiten des Gate-Signals (**132**) und des Pump-Signals (**142**) als Zwischensignal (**152**) ausgebildet ist, wobei das optische Schaltelement (**190**) zum Empfangen des Zwischensignals (**152**) angeordnet ist und das optisch aktive Medium (**190-3**) zum Aussenden des Lichtsignals (**192**) in Abhängigkeit vom Zwischensignal (**152**) ausgebildet ist.

3. Vorrichtung (**100; 300**) nach Anspruch 1 oder 2, wobei das optische Schaltelement (**190**) ausgebildet ist, bei Zufuhr von Energie mittels des Pump-Signals (**142**) und/oder des Gate-Signals (**132**) das Lichtsignal (**192**) in Gestalt von elektromagnetischer Strahlung in einem oder mehreren der nachstehenden Spektralbereiche zu emittieren:

– Mikrowellenstrahlung,

– Terahertzstrahlung,

– fernes Infrarot, Infrarot, und/oder nahes Infrarot,

– sichtbare Strahlung,

– Ultraviolett.

4. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung (**100; 300**) ausgebildet ist, das Pump-Signal (**142**) und/oder das Gate-Signal (**132**) mittels eines des Folgenden bereitzustellen:

– durch eine elektromagnetische Energiequelle;

– durch Laserlicht oder durch eine andere intensive Lichtquelle,

– mittels Röntgen- und/oder Gamma-Strahlung;

– mittels einer elektrischen Gleich- und/oder Wechselspannung und/oder gepulsten elektrischen Spannung.

5. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend einen Sensor zum Empfangen einer die Vorrichtung umgebenden Strahlung, wie Höhenstrahlung, oder ähnlicher Signale, wobei der Sensor ausgebildet ist, die empfangene Strahlung in das Gate-Signal (**132**) und/oder das Pump-Signal (**142**) zu wandeln.

6. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das optisch aktive Medium (**190-3**) des optischen Schaltelements (**190**) transparente, feste und/oder flüssige Volumenmaterialien, wie einen Kristall, Glas, ein oder mehrere Polymere und/oder einen oder mehrere Flüssigkristalle umfasst.

7. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das optisch aktive Medium (**190-3**) eine Schichtstruktur aufweist.

8. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das optisch aktive Medium (**190-3**) des optischen Schaltelements (**190**) wenigstens eine Multischicht (**190-1, 190-2, 190-3**) umfasst, welche eine optische Wellenleiterstruktur ausbildet.

9. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das optisch aktive Medium (**190-3**) des optischen Schaltelements (**190**) eine Polymerschicht umfasst, welche bevorzugt mit einem Farbstoff dotiert ist, beispielsweise mit dem Farbstoff Pyrromethene 567.

10. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das optisch aktive Medium (**190-3**) des optischen Schaltelements (**190**) eine Polymerschicht (**190-3**) aufweist, die vorzugsweise zwischen wenigstens zwei Substraten (**190-1, 190-2**), wie Glassubstraten und/oder geeigneten anderen Substraten, wie beschichtete Silizium-Wafer, Polymersubstrate und andere optisch transparente Substrate mit niedrigerem Brechungsindex als das optisch aktive Medium (**190-3**), angeordnet ist.

11. Vorrichtung (**100; 300**) nach Anspruch 10, wobei von den wenigstens zwei Substraten (**190-1, 190-2**) mindestens eines (**190-1; 190-2**) ausgebildet ist, das Lichtsignal (**192**) zu erzeugen.

12. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das optische Schaltelement (**190**) eine Höhe (H), eine Länge (L) sowie eine Breite (B) aufweist, wobei die Länge (L) und/oder die Breite (B) des optischen Schaltelements (**190**) zur Ausbildung einer planaren Struktur ein Vielfaches der Höhe (H) betragen.

13. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das optische Schaltelement (**190**) derart angeordnet ist, dass das Pump-Signal (**142**) und/oder das Gate-Signal (**132**) bzw. das Zwischensignal (**152**) in einer Einfallrichtung auf das optische Schaltelement (**190**) fällt, die in etwa senkrecht zu einer durch die Länge und Breite gebildeten Oberfläche (**190-4**) des optischen Schaltelements (**190**) liegt, und ausgebildet ist, das Lichtsignal (**192**) in einer für eine Signalübertragung geeigneten Emissionsrichtung zu emittieren, beispielsweise in etwa senkrecht zu der Einfallrichtung des Pump-Signals (**142**) und/oder des Gate-Signals (**132**) bzw. des Zwischensignals (**152**).

14. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das optische Schaltelement (**190**) ausgebildet ist, ein eingeschaltetes Lichtsignal (**192-1**) auf den Empfang des Pump-Signals (**142**) hin durch Lumineszenz zu emittieren, die ein erstes Spektrum aufweist, welches sich über einen Lumineszenzwellenlängenbereich erstreckt und in welchem ein Intensitätsmaximum bei einer Emissionswellenlänge innerhalb des Lumineszenzwellenlängenbereichs liegt.

15. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das optische Schaltelement (**190**) ausgebildet ist, ein ausgeschaltetes Lichtsignal (**192-2**) auf Empfang des Gate-Signals (**132**) hin derart zu emittieren, dass dieses ein zweites Spektrum aufweist, in welchem bei der Emissionswellenlänge eine Intensität vorherrscht, die gegenüber dem Intensitätsmaximum signifikant vermindert ist oder dessen Polarisationsrichtung oder spektrale Lage signifikant verändert ist, wobei das Gate-Si-

gnal (**132**) einen Grundfrequenzanteil aufweist, dessen Wellenlänge innerhalb des Lumineszenzwellenlängenbereichs liegt.

16. Vorrichtung (**300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Pump-Signal (**142**) eine Vielzahl von Pump-Impulsen (**142-A bis 142-D**) umfasst. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Gate-Signal (**132**) einen Gate-Impuls (**132-A**) umfasst. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 17, wobei

- der Einschaltsignalpfad (**140**) ausgebildet ist, das Pump-Signal (**142**) derart zu erzeugen, dass dieses ausgestaltet ist, das optisch aktive Medium (**190-3**) durch Verursachen der Besetzung oder der Besetzungsinversion in einen angeregten Zustand zu versetzen, in welchem das optische Schaltelement (**190**) das eingeschaltete Lichtsignal (**192-1**) emittiert; und/oder

- der Ausschaltsignalpfad (**130**) ausgebildet ist, das Gate-Signal (**132**) derart zu erzeugen, dass dieses ausgestaltet ist, das optisch aktive Medium (**190-3**) durch Verursachen der Abnahme von energiereichen Besetzungen im angeregten Zustand in einen Grundzustand zu überführen, in welchem das optische Schaltelement (**190**) das ausgeschaltete Lichtsignal (**192-2**) emittiert.

17. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 18, wobei der Laser (**110**) ein Festkörperlaser, ein Diodenlaser, ein Gaslaser oder ein Farbstofflaser ist, der für einen Puls-Betrieb oder einen Continuous Wave-Betrieb, insbesondere im Falle einer Signalmodulation, ausgestaltet ist.

18. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 19, wobei der Splitter (**120**) ausgebildet ist, dem Ausschaltsignalpfad (**130**) zum Erzeugen des Gate-Signals (**132**) das erste Signal (**122**) als eine erste harmonische Komponente des gepulsten Laserstrahls (**112**) zuzuführen.

19. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 20, wobei der Splitter (**120**) ausgebildet ist, dem Einschaltsignalpfad (**140**) zum Erzeugen des Pump-Signals (**142**) das zweite Signal (**124**) als eine zweite harmonische Komponente des gepulsten Laserstrahls (**112**) zuzuführen.

20. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 21, wobei der Ausschaltsignalpfad (**130**) einen optisch parametrischen Oszillator (**134**) aufweist, dem das erste Signal (**122**) zugeführt ist.

21. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 22, wobei der Ausschaltsignalpfad (**130**) ein Verzögerungselement (**136**) aufweist. Vorrichtung (**100; 300**) nach einem der vorste-

henden Ansprüche 2 bis 23, wobei der Einschalt-signalpfad (**140**) ein Filter (146-1) aufweist.

Lichtsignal (**192-1**) oder ein ausgeschaltetes Licht-signal (**192-2**) emittiert.

22. Vorrichtung (**300**) nach einem der vorstehen- den Ansprüche 2 bis 24, wobei der Ausschalt-signal- pfad (**130**) zum Anpassen einer Laufzeit des ersten Signals (**122**) bzw. des Gate-Signals (**132**) an eine Laufzeit des zweiten Signals (**124**) bzw. des Pump- Signals (**142**) eine Vielzahl von Gate-Signal-Umlenk- spiegeln (**138-1**, ..., **138-5**) aufweist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

23. Vorrichtung (**300**) nach einem der vorste- henden Ansprüche 2 bis 25, wobei der Einschalt- signalpfad (**140**) zum Erzeugen des Pump-Signals (**142**) in Gestalt einer Pump-Impulsfolge (**142-A** bis **142-D**) eine Vielzahl von Pump-Signal-Umlenkspie- geln (**144-1**, ..., **144-12**) aufweist.

24. Vorrichtung (**300**) nach Ansprüchen 2, 16 und 17, wobei der Ausschalt-signalpfad (**140**) ausgebildet ist, das Gate-Signal (**132**) derart zu erzeugen, dass der Gate-Impuls (**132-A**) zur selben Zeit am Aus- kopplungselement (**150**) eintrifft, wie ein bestimmter Pump-Impuls (**142-C**) der Pump-Impulsfolge (**142-A** bis **142-D**) des Pump-Signals (**142**).

25. Vorrichtung (**100**) nach einem der vorstehen- den Ansprüche 2 bis 27, wobei dem Auskopplungs- element (**150**) ferner eine Linse (**150**) zum Fokussie- ren des Zwischensignals (**152**) nachgelagert ist.

26. Vorrichtung (**300**) nach einem der vorstehen- den Ansprüche 2 bis 28, wobei das optische Schalt- element (**190**) über eine erste Faser (**180**) an das Auskopplungselement (**150**) gekoppelt ist.

27. Verfahren zum Schalten und/oder Modulieren eines Lichtsignals (**192**) mittels Licht (**132**, **142**), auf- weisend:

- Erzeugen eines Pump-Signals (**142**) mit einer ers- ten Wellenlänge,
- Erzeugen eines Gate-Signals (**132**) mit einer von der ersten Wellenlänge verschiedenen zweiten Wel- lenlänge,
- Zuführen des Pump-Signals (**142**) zu einem opti- schen Schaltelement (**190**) zum Erzeugen einer Be- setzung oder einer Besetzungsinversion in einem opti- schen aktiven Medium (**190-3**) des optischen Schalt- elements (**190**), wobei bei Besetzung oder Beset- zungsinversion eine Vielzahl von Elektronen in einen angeregten Zustand versetzt werden; und
- Zuführen des Gate-Signals (**132**) zu dem optischen Schaltelement (**190**) zum Erzwingen einer wenig- stens teilweisen Entvölkerung in dem optisch aktiven Medium (**190-3**), wobei bei der Entvölkerung Elektro- nen von dem angeregten Zustand in einen Grundzu- stand übergehen, und wobei das optische Schaltele- ment (**190**) in Abhängigkeit von Pump-Signal (**142**) und Gate-Signal (**132**) wahlweise ein eingeschaltetes

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

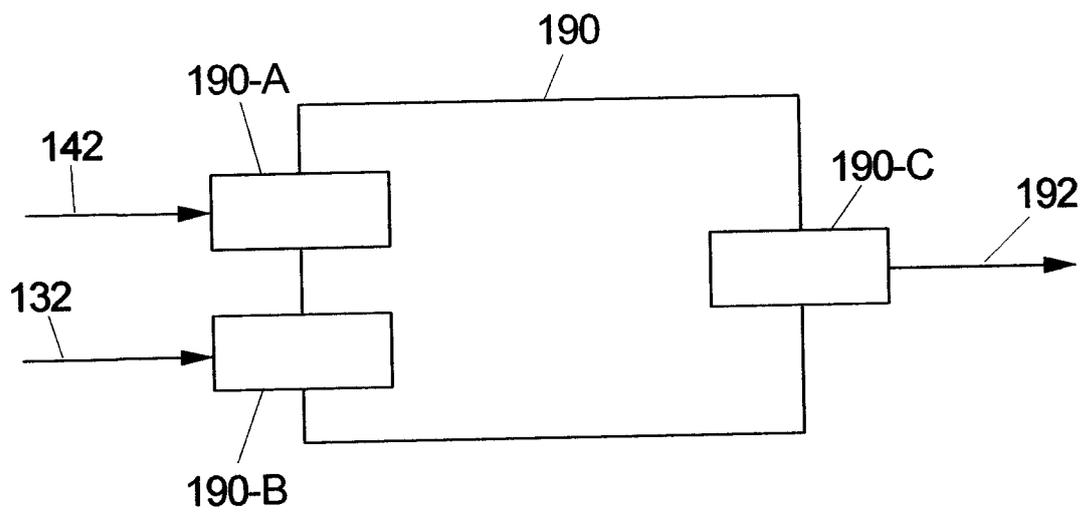
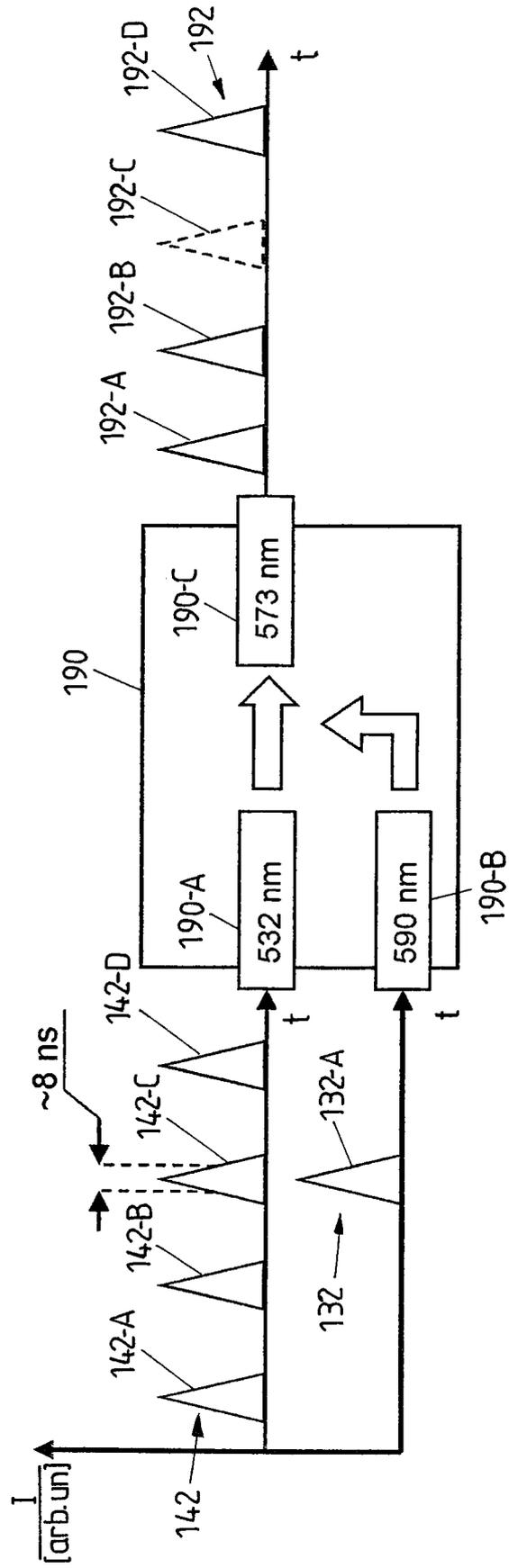
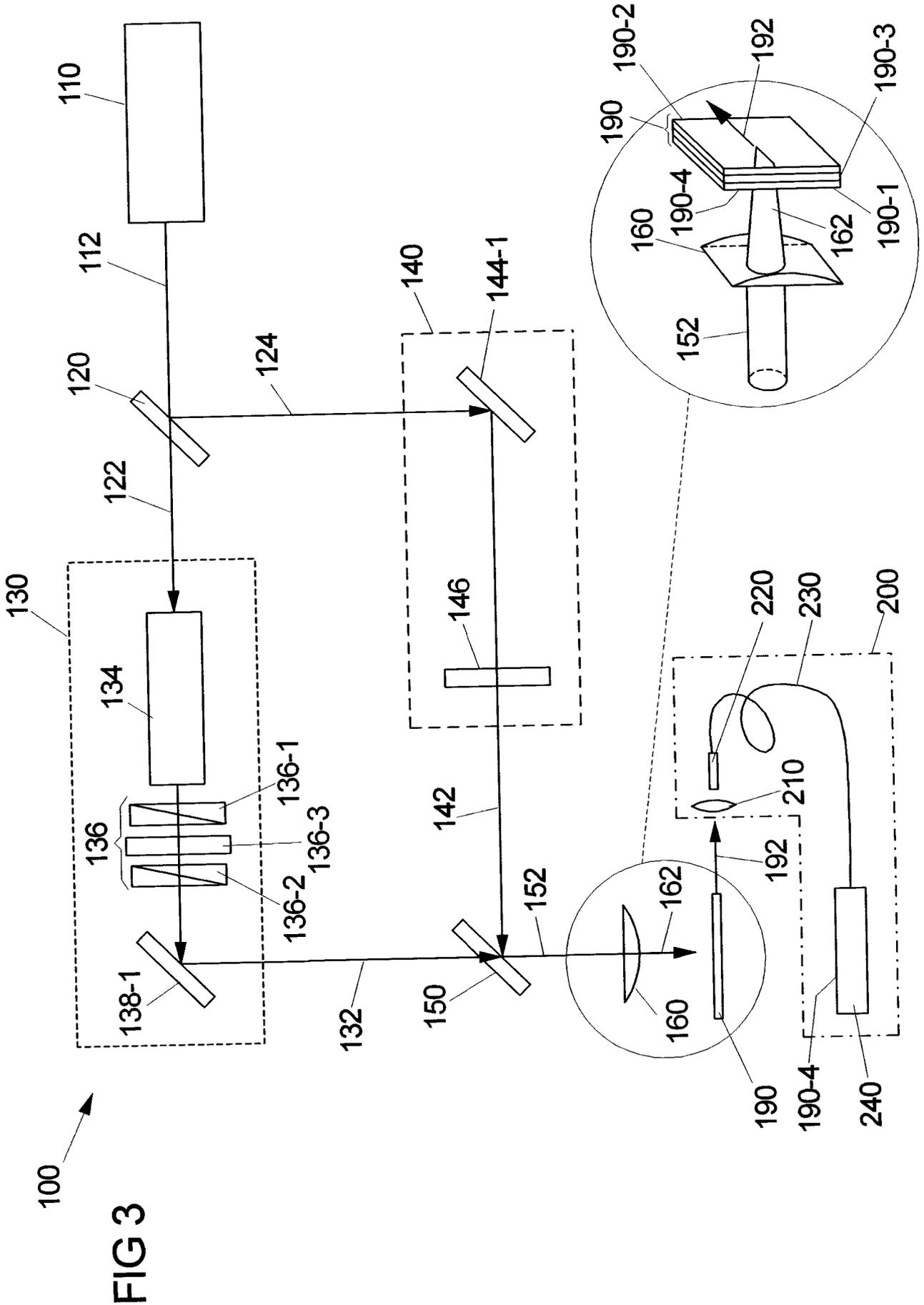


FIG 2





100

FIG 3

FIG 4

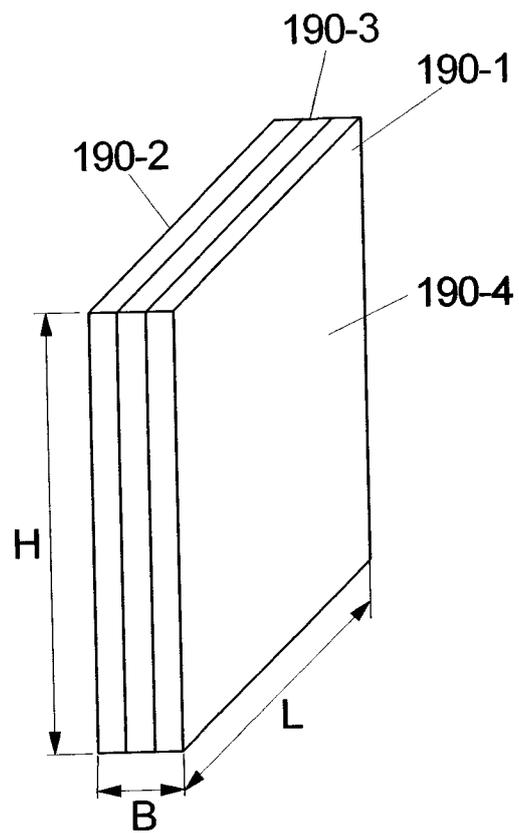


FIG 5A

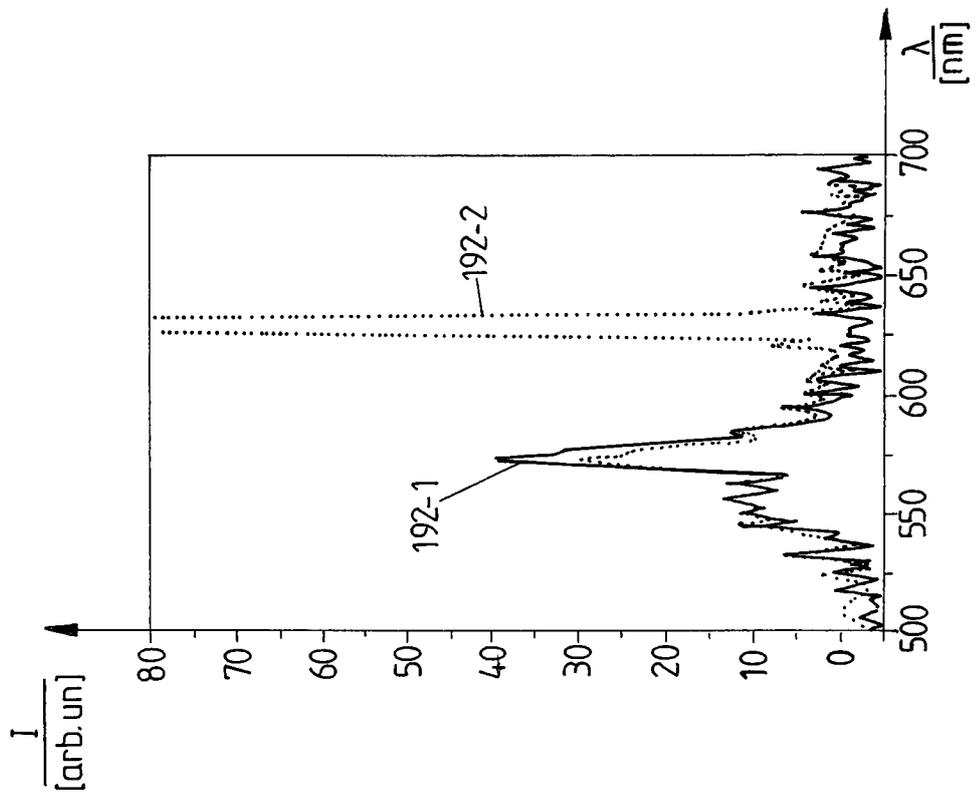
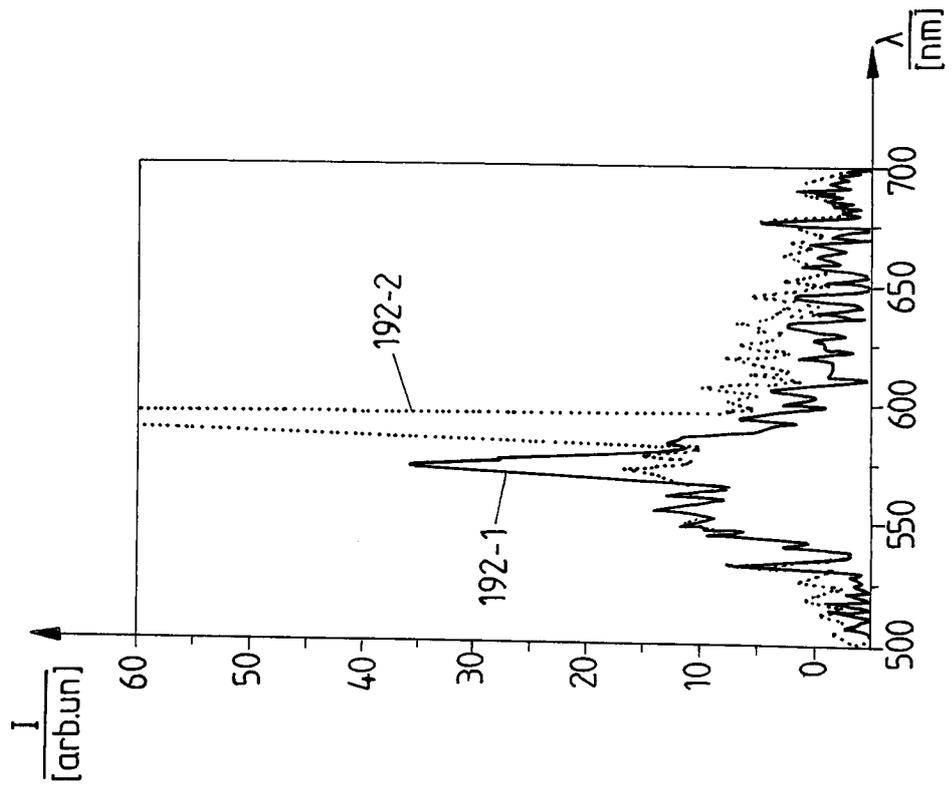


FIG 5B



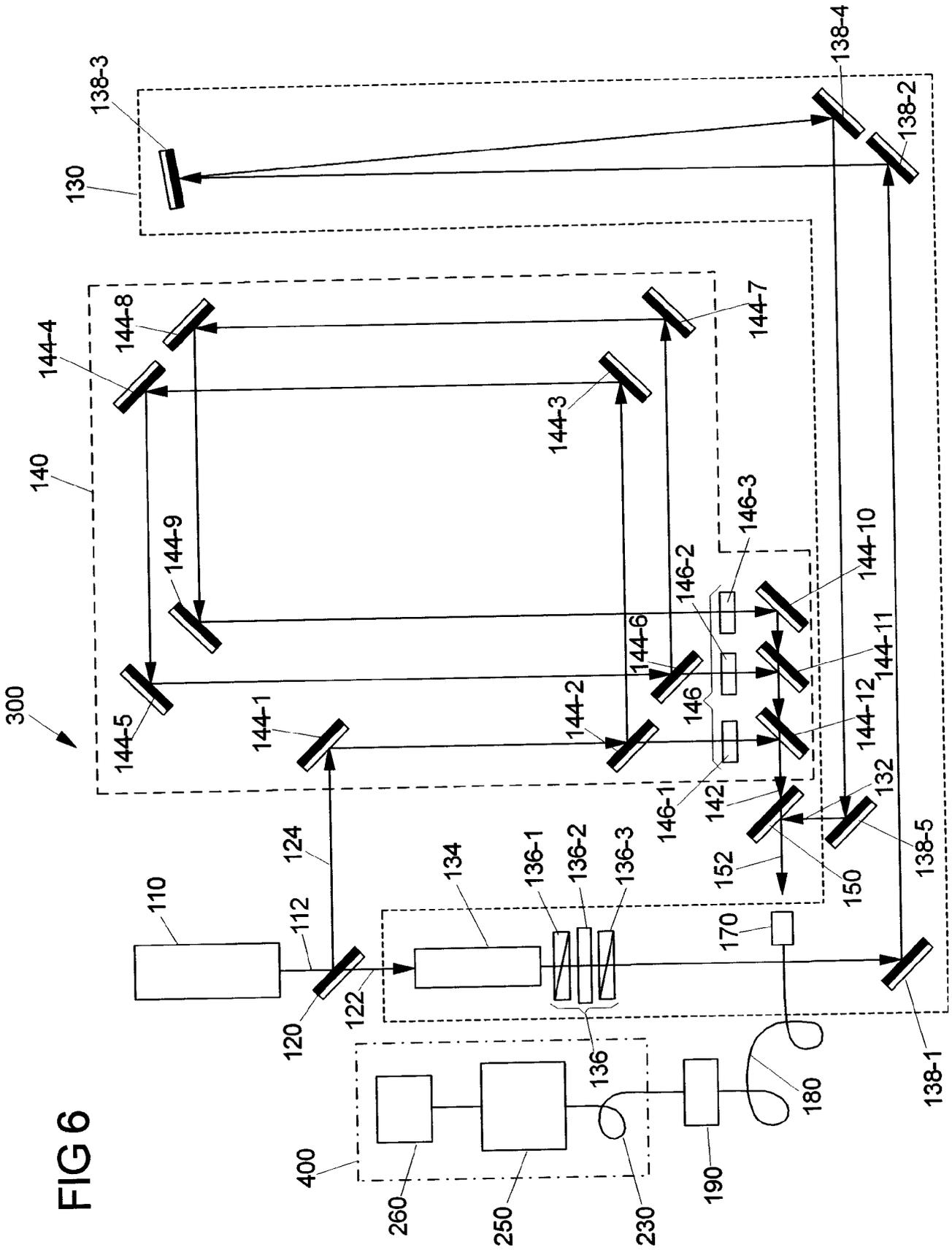


FIG 6

FIG 7

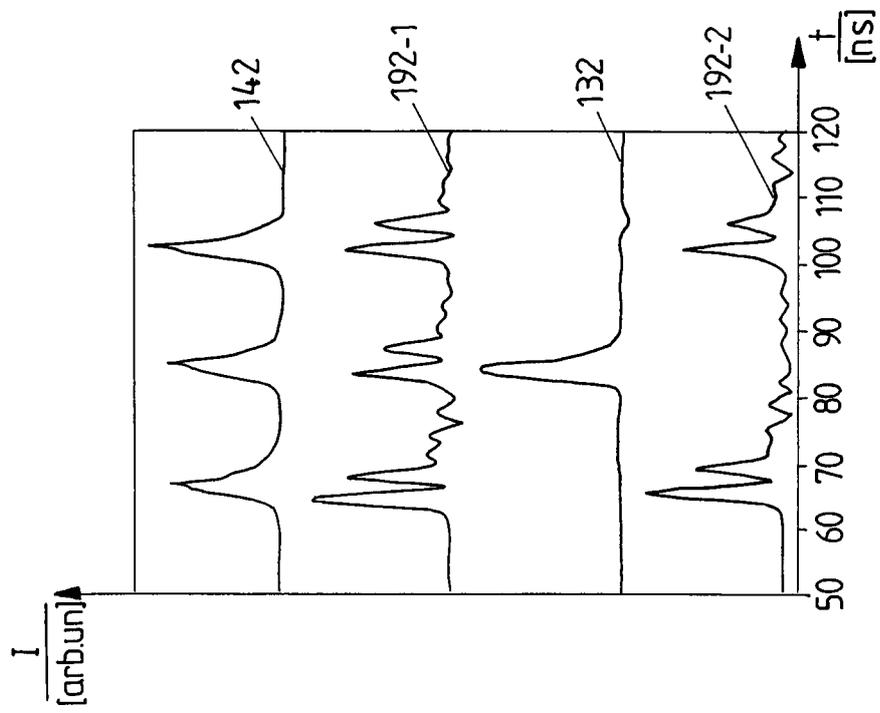


FIG 8

