



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 022 941 A1** 2009.09.03

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 022 941.5**

(22) Anmeldetag: **09.05.2008**

(43) Offenlegungstag: **03.09.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G01J 1/08** (2006.01)

G01V 8/10 (2006.01)

H01S 5/40 (2006.01)

H01S 5/34 (2006.01)

H01L 31/12 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2008 011 865.6 29.02.2008

(71) Anmelder:

**OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93055
Regensburg, DE**

(74) Vertreter:

**Epping Hermann Fischer,
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80339 München**

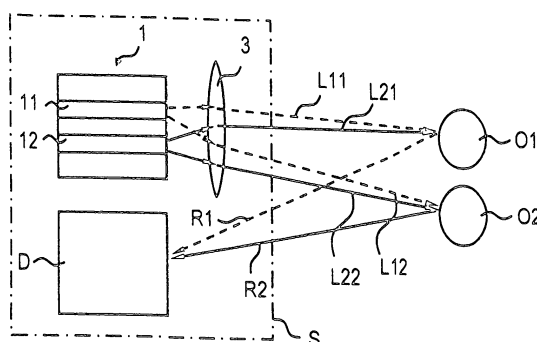
(72) Erfinder:

**Behringer, Martin Rudolf, Dr., 93051 Regensburg,
DE; Heerlein, Jörg, Dr., 93161 Sinzing, DE; Luft,
Johann, 93195 Wolfsegg, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Sensorsystem mit einer Beleuchtungseinrichtung und einer Detektoreinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Sensorsystem (S) mit einer Beleuchtungseinrichtung (1) und einer Detektoreinrichtung (D) angegeben. Die Beleuchtungseinrichtung (1, 3) ist dazu vorgesehen, Laserstrahlung einer ersten Wellenlänge (L11, L12) und Laserstrahlung einer zweiten, von der ersten verschiedenen Wellenlänge (L21, L22) zu emittieren. Die Detektoreinrichtung ist dazu vorgesehen, elektromagnetische Strahlung der ersten und der zweiten Wellenlänge zu detektieren.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Anmeldung betrifft ein Sensorsystem mit einer Beleuchtungseinrichtung und einer Detektoreinrichtung.

[0002] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Anmeldung, ein Sensorsystem mit einer Detektoreinrichtung und einer Beleuchtungseinrichtung anzugeben, das besonders vielseitig einsetzbar ist.

[0003] Diese Aufgabe wird durch ein Sensorsystem gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Sensorsystems sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Offenbarungsgehalt der Patentansprüche wird hiermit ausdrücklich durch Rückbezug in die Beschreibung aufgenommen.

[0004] Es wird ein Sensorsystem mit einer Beleuchtungseinrichtung und einer Detektoreinrichtung angegeben. Die Beleuchtungseinrichtung ist dazu vorgesehen, Laserstrahlung einer ersten Wellenlänge und Laserstrahlung einer zweiten, von der ersten verschiedenen Wellenlänge zu emittieren. Die Detektoreinrichtung ist dazu vorgesehen, elektromagnetische Strahlung der ersten und der zweiten Wellenlänge zu detektieren.

[0005] Unter dem Ausdruck „Laserstrahlung einer ersten Wellenlänge“ wird vorliegend verstanden, dass die Beleuchtungseinrichtung Laserstrahlung emittiert, die ein Emissionsmaximum bei der ersten Wellenlänge hat. Die Laserstrahlung wird insbesondere schmalbandig emittiert. Beispielsweise umfasst die Laserstrahlung der ersten Wellenlänge im Wesentlichen nur Laserstrahlung, deren Wellenlänge um 10 nm oder weniger von der ersten Wellenlänge abweicht. Für die „Laserstrahlung einer zweiten Wellenlänge“ gelten die vorausgehenden Ausführungen entsprechend.

[0006] Die Beleuchtungseinrichtung ist insbesondere dazu vorgesehen, elektromagnetische (Laser-)Strahlung mit einem Linienspektrum, das mindestens zwei Emissionslinien aufweist, zu emittieren. Vorzugsweise weist das Linienspektrum zwischen zwei und zehn Emissionslinien auf, wobei die Grenzen eingeschlossen sind. Anders ausgedrückt emittiert die Beleuchtungseinrichtung Laserstrahlung mit mehreren, insbesondere zwischen einschließlich zwei und einschließlich zehn, verschiedenen Wellenlängen.

[0007] Beispielsweise beleuchtet die Beleuchtungseinrichtung im Betrieb des Sensorsystems ein Objekt. Das Objekt reflektiert einen Anteil der von der Beleuchtungseinrichtung emittierten Laserstrahlung zu der Detektoreinrichtung, wo die reflektierte Laserstrahlung detektiert wird. Das von der Detektorein-

richtung dabei empfangene Signal ist umso größer, je größer der Reflexionskoeffizient des Objekts für die von der Beleuchtungseinrichtung emittierte Laserstrahlung ist. In der Regel ist der Reflexionskoeffizient wellenlängenabhängig, wobei die Wellenlängenabhängigkeit vom Material des Objekts abhängt. Verschiedene Materialien reflektieren daher bei einer vorgegebenen Wellenlänge einen verschiedenen großen Anteil der Laserstrahlung.

[0008] Mittels der Beleuchtungseinrichtung, die Laserstrahlung nicht nur einer Wellenlänge sondern Laserstrahlung einer Mehrzahl von verschiedenen Wellenlängen emittiert, ist die Zahl von Materialien, für die ein vergleichsweise großes Empfangssignal der Detektoreinrichtung erzielt werden kann, im Vergleich zu einer Beleuchtungseinrichtung mit nur einer emittierten Wellenlänge erhöht. Auf diese Weise ist die Gefahr verringert, dass die Detektion eines Objekts durch das Sensorsystem aufgrund des Materials des Objekts beeinträchtigt ist. Das Sensorsystem ist dadurch beispielsweise besonders vielseitig einsetzbar.

[0009] Eine Differenz zwischen der ersten und der zweiten Wellenlänge ist bei einer Ausgestaltung des Sensorsystems größer oder gleich 20 nm, insbesondere größer oder gleich 50 nm.

[0010] Bei einer Ausgestaltung enthält die Beleuchtungseinrichtung mindestens eine Halbleiterlaserdiode. Halbleiterlaserdioden haben in der Regel eine große elektro-optische Effizienz und erlauben insbesondere eine vergleichsweise große optische Ausgangsleistung.

[0011] Bei der Halbleiterlaserdiode kann es sich im vorliegenden Zusammenhang um einen Laserdiodenchip oder um ein Laserdiodenbauelement mit einem Laserdiodenchip und einem Gehäuse handeln. Die Halbleiterlaserdiode weist eine Halbleiterschichtenfolge mit einer zur Strahlungserzeugung vorgesehenen aktiven Zone auf. Vorzugsweise geht eine Mantelschicht der aktiven Zone voraus und eine weitere Mantelschicht folgt der aktiven Zone nach. Die Mantelschichten („cladding layers“) sind beispielsweise zum Ladungsträgeranschluss vorgesehen. Die Halbleiterlaserdiode weist zudem einen Resonator auf.

[0012] Die Halbleiterschichtenfolge basiert bei einer Ausgestaltung auf einem Halbleitermaterial, das aus der folgenden Gruppe ausgewählt ist: Galliumphosphid (GaP), Galliumarsenid (GaAs), Aluminiumgalliumarsenid (AlGaAs), Indiumgalliumphosphid (InGaP), Indiumaluminiumgalliumphosphid (InAlGaP), Galliumindiumarsenantimonid (GaInAsSb), Aluminiumgalliumarsenantimonid (AlGaAsSb), Indiumgalliumarsenphosphid (InGaAsP). Eine Halbleiterschichtenfolge, die auf einem dieser Halbleitermaterialien

basiert weist mindestens eine Schicht – beispielsweise die aktive Zone – auf, die das Halbleitermaterial enthält. Die Halbleiterlaserdiode kann auch ein Substrat aufweisen, auf dem die Halbleiterschichtenfolge angeordnet und insbesondere epitaktisch aufgewachsen ist. Das Substrat weist bei einer Ausgestaltung Galliumantimonid (GaSb) oder Galliumarsenid (GaAs) auf.

[0013] Die aktive Zone enthält bevorzugt einen pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, einen Einfach-Quantentopf (SQW, single quantum well) oder, besonders bevorzugt, eine Mehrfach-Quantentopfstruktur (MQW, multi quantum well) zur Strahlungserzeugung. Die Bezeichnung Quantentopfstruktur entfaltet hierbei keine Bedeutung hinsichtlich der Dimensionalität der Quantisierung. Sie umfasst somit u. a. Quantentröge, Quantendrähte und Quantenpunkte und jede Kombination dieser Strukturen. Beispiele für MQW-Strukturen sind in den Druckschriften WO 01/39282, US 5,831,277, US 6,172,382 B1 und US 5,684,309 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

[0014] Beispielsweise bei einer kantenemittierenden Laserdiode ist die aktive Zone gemäß einer Ausgestaltung zwischen zwei Wellenleiterschichten der Halbleiterschichtenfolge angeordnet, die ihrerseits zwischen den beiden Mantelschichten angeordnet sind. Der Brechungsindex der Wellenleiterschichten unterscheidet sich zweckmäßigerweise von dem der Mantelschichten, so dass eine von der aktiven Zone emittierte elektromagnetische Strahlung zwischen den beiden Mantelschichten geführt ist. Der Resonator einer kantenemittierenden Laserdiode kann beispielsweise von den Flanken der Halbleiterschichtenfolge gebildet sein.

[0015] Alternativ kann es sich bei der Laserdiode auch um einen oberflächenemittierenden Halbleiterlaser handeln, zum Beispiel um einen VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) oder einen VECSEL (Vertical External Cavity Surface Emitting Laser).

[0016] Bei einem oberflächenemittierenden Halbleiterlaser erfolgt die Emission der Laserstrahlung im Gegensatz zu einer kantenemittierenden Laserdiode nicht von einer Flanke der Halbleiterschichtenfolge, sondern in einer Richtung, die in einem Winkel – insbesondere senkrecht – zu einer Hauptstreckungsebene der Halbleiterschichtenfolge verläuft. Unter der Hauptstreckungsebene wird vorliegend diejenige Ebene verstanden, deren Flächennormale die Richtung angibt, in der die Schichten des Halbleiterschichtstapels aufeinander folgen. Insbesondere steht die Hauptstreckungsebene also senkrecht auf der Wachstumsrichtung des Halbleiterschichtstapels.

[0017] Bei einem VCSEL handelt es sich um einen oberflächenemittierenden Halbleiterlaser, bei dem der Resonator insbesondere in die Halbleiterschichtenfolge integriert ist. Bei einem VECSEL hat der Resonator üblicherweise mindestens einen externen Spiegel.

[0018] Der oberflächenemittierende Halbleiterlaser enthält bei einer Ausgestaltung eine zusätzliche kantenemittierende Laserstruktur zum Pumpen der oberflächenemittierenden Halbleiterschichtenfolge. Die kantenemittierende Laserstruktur kann monolithisch integriert mit der oberflächenemittierenden Halbleiterschichtenfolge ausgebildet sein.

[0019] Bei einer Ausführungsform enthält die Beleuchtungseinrichtung mindestens eine erste Halbleiterlaserdiode, die im Betrieb Laserstrahlung der ersten Wellenlänge emittiert und mindestens eine zweite Halbleiterlaserdiode, die im Betrieb Laserstrahlung der zweiten Wellenlänge emittiert. Die erste und die zweite Halbleiterlaserdiode beziehungsweise die ersten Halbleiterlaserdioden und/oder die zweiten Halbleiterlaserdioden sind bei einer Ausgestaltung monolithisch integriert ausgebildet, insbesondere als Laser-Barren.

[0020] Bei einer anderen Ausführungsform enthält die Beleuchtungseinrichtung eine Halbleiterlaserdiode, die eine erste aktive Zone und eine zweite aktive Zone aufweist. Die erste und die zweite aktive Zone sind beide in der Halbleiterschichtenfolge der Halbleiterlaserdiode enthalten, das heißt monolithisch integriert ausgebildet. Vorzugsweise sind sie übereinander gestapelt. Die Beleuchtungseinrichtung kann auch mehrere solcher Halbleiterlaserdioden enthalten, die bei einer Weiterbildung lateral benachbart in monolithisch integrierter Weise ausgeführt sind. Die Halbleiterlaserdioden bilden dann insbesondere einen Laser-Barren, oft auch als Array bezeichnet.

[0021] Insbesondere enthält die Halbleiterschichtenfolge zwischen der ersten und der zweiten aktiven Zone eine Tunnelodiode. Die beiden aktiven Zonen sind insbesondere mittels der Tunnelodiode elektrisch in Serie geschaltet. Bei einer Ausgestaltung ist die Laserdiode kantenemittierend.

[0022] Eine derartige Halbleiterlaserdiode ist beispielsweise aus der Druckschrift WO 99/39405 im Prinzip bekannt. Weiterhin wird in der Druckschrift US 5,212,706 eine kantenemittierende Halbleiterlaserdiode beschrieben, bei der mehrere aktive Zonen monolithisch übereinander abgedichtet sind und die Laserdioden mittels Tunnelioden miteinander verbunden sind.

[0023] Vorliegend emittiert die erste aktive Zone im Betrieb der Halbleiterlaserdiode Laserstrahlung der ersten Wellenlänge und die zweite aktive Zone emittiert

tiert im Betrieb der Halbleiterlaserdiode Laserstrahlung der zweiten Wellenlänge. Mindestens eine der innerhalb eines Schichtstapels übereinander angeordneten aktiven Zonen emittiert also Laserstrahlung einer Wellenlänge λ_1 und mindestens eine weitere aktive Zone Laserstrahlung einer Wellenlänge λ_2 , wobei $\lambda_1 \neq \lambda_2$ ist.

[0024] Die Tunnelodiode ist beispielsweise mittels einer hoch n-dotierten Schicht und einer hoch p-dotierten Schicht gebildet. Die hoch dotierten Schichten müssen dabei nicht notwendigerweise homogen dotiert sein, da bereits eine hohe Dotierung an der Seite, die der jeweils anderen hoch dotierten Schicht zugewandt ist, zur Ausbildung eines Tunnelübergangs ausreichen kann. Bei einer Weiterbildung ist eine Zwischenschicht zwischen den beiden hoch dotierten Schichten vorgesehen. Die Zwischenschicht kann undotiert, n-dotiert oder p-dotiert sein. Jedoch weist die Zwischenschicht vorzugsweise eine niedrigere Dotierstoffkonzentration auf, als eine oder beide der hochdotierten Schichten.

[0025] Bei einer Ausgestaltung weist die erste und die zweite aktive Zone jeweils eine Quantentopfstruktur auf. Die der ersten aktiven Zone zugeordnete Quantentopfstruktur und die der zweiten aktiven Zone zugeordnete Quantentopfstruktur unterscheiden sich bei einer Weiterbildung zur Realisierung der verschiedenen Emissionswellenlängen in ihren Schichtdicken und/oder in ihrer Materialzusammensetzung. Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, dass sich die Dimension der Quantisierung der Ladungsträger zwischen der Quantentopfstruktur der ersten aktiven Zonen und der Quantentopfstruktur der zweiten aktiven Zone unterscheidet. Beispielsweise kann eine der aktiven Zonen Quantenpunkte oder -drähte aufweisen, während die andere aktive Zone Quantentröge aufweist.

[0026] Die Anzahl der aktiven Zonen der Halbleiterlaserdiode beträgt vorzugsweise zwischen einschließlich zwei und einschließlich zehn. Es ist beispielsweise möglich, dass die Halbleiterlaserdiode drei oder mehr aktive Zonen mit jeweils unterschiedlicher Wellenlänge der emittierten Laserstrahlung aufweist. Es ist auch möglich, dass mehrere der aktiven Zonen der Halbleiterlaserdiode Laserstrahlung der ersten Wellenlänge emittieren, um eine möglichst große Leistung bei dieser Wellenlänge zu erzielen. In diesem Fall enthält die Halbleiterlaserdiode mindestens eine weitere aktive Zone, die bei der zweiten Wellenlänge emittiert.

[0027] Eine Resonatorlänge der Halbleiterlaserdiode beträgt bevorzugt zwischen 0,3 mm und 10 mm. Die Resonatorlänge ist beispielsweise durch den Abstand der den Resonator ausbildenden Seitenflanken der kantenemittierenden Halbleiterlaserdiode gegeben.

[0028] Die Halbleiterlaserdiode kann beispielsweise als Breitstreifen-Laserdiode oder als Trapezlaser ausgeführt sein. Mit einer solchen Laserdiode kann mit Vorteil eine besonders hohe Strahlungsleistung der emittierten Laserstrahlung erzielt werden. Die aktive Zone einer Breitstreifen-Laserdiode hat zum Beispiel eine laterale Ausdehnung von größer oder gleich 50 μm , vorzugsweise von größer oder gleich 100 μm . Bei einem Trapezlaser vergrößert sich insbesondere, zumindest über einen Teil der Resonatorlänge, die laterale Ausdehnung der aktiven Zone in Richtung von einem Resonatorspiegel zum zweiten Resonatorspiegel. Die aktive Zone hat in diesem Teil der Resonatorlänge in Draufsicht insbesondere eine trapezförmige Kontur. Die Kontur und/oder die laterale Ausdehnung der aktiven Zone ist zum Beispiel durch die Form einer Elektrode und/oder durch die Form der Halbleiterschichtenfolge, insbesondere durch eine Strukturierung der Halbleiterschichtenfolge, vorgegeben.

[0029] Eine besonders gute Strahlqualität erhält man mit einem indexgeführten Rippenwellenleiter. Dazu ist zumindest ein Teil des Schichtenstapels, also der Halbleiterschichtenfolge, in Form von schmalen Stegen strukturiert, die den indexgeführten Rippenwellenleiter realisieren.

[0030] Eine weitere Verbesserung der Strahlqualität kann erzielt werden, wenn der Schichtenstapel zumindest eine Blendenschicht umfasst. Die Blendenschicht weist eine streifenförmige Öffnung auf, die die längs des Stegs verläuft und lateral von einem isolierenden Bereich der Blendenschicht umgeben ist. Die streifenförmige Öffnung hat beispielsweise eine Breite von 1–10 μm , typisch 2–6 μm , wobei die Grenzen jeweils eingeschlossen sind. Eine solch schmale Struktur definiert einen Wellenleiter für die Laserstrahlung, der insbesondere ausschließlich die Ausbildung der Grundmode erlaubt.

[0031] In einem einfachen Verfahren zur Herstellung einer solchen Blende kann diese als so genannte Oxidblende in einem Oxidationsverfahren hergestellt werden. Beispielsweise wird dazu in einem Schichtenstapel, dessen aktive Zone eine Quantentopfstruktur aufweist, eine Blendenschicht vorgesehen, deren Material zu einem elektrischen Isolator oxidierbar ist. Die Blendenschicht wird vorteilhaft in ausreichendem Abstand zur Quantentopfstruktur angeordnet. Nach einer Strukturierung des Schichtenstapels zu schmalen Stegen von typischerweise 20–30 μm Breite können die Blendenschichten dann von ihren Stosskanten mit den Stegseitenwänden bzw. mit den Grabenwänden zwischen zwei Stegen her in lateraler Richtung fortschreitend oxidiert werden. Dabei entsteht die sich zunehmend von außen her in ihrer Öffnung verkleinernde Blende.

[0032] Die oxidierenden Bedingungen werden so-

lange aufrecht erhalten, bis die streifenförmige Blendenöffnung einen geeigneten Wert erreicht hat, der im so verengten Wellenleiter die Ausbildung ausschließlich der Grundmode erlaubt. Eine geeignete Breite liegt beispielsweise zwischen 1 und 10 μm , typisch bei 2–6 μm , wobei die Grenzen jeweils eingeschlossen sind. Als oxidierbares Material sind beispielsweise aluminiumhaltige Blendschichten geeignet.

[0033] Bei einer Beleuchtungseinrichtung, die eine Halbleiterlaserdiode mit monolithisch übereinander gestapelten aktiven Zonen enthält, kann eine besonders geringe Baugröße der Beleuchtungseinrichtung erzielt werden. Zugleich wird eine besonders hohe optische Ausgangsleistung der Beleuchtungseinrichtung, beispielsweise von größer oder gleich 1 W, bevorzugt von größer oder gleich 10 W, erzielt.

[0034] Bei einer Ausgestaltung des Sensorsystems beträgt eine Differenz zwischen der ersten und der zweiten Wellenlänge, bei mehreren verschiedenen Wellenlängen insbesondere zwischen der kleinsten und der größten der Wellenlänge, 200 nm oder weniger.

[0035] Bei einer anderen Ausgestaltung ist die Beleuchtungseinrichtung dazu vorgesehen, Laserstrahlung im infraroten Spektralbereich zu emittieren. Insbesondere liegen die erste und/oder die zweite Wellenlänge im infraroten Spektralbereich.

[0036] Beispielsweise kann mindestens eine der aktiven Zonen AlGaInAs – also $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{As}$, wobei $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n + m \leq 1$ – enthalten. Beispielsweise dieses Materialsystem ermöglicht Emissionswellenlängen von z. B. 780–1100 nm, wobei die Grenzen eingeschlossen sind. Bei einer Weiterbildung hat die erste und/oder die zweite Wellenlänge einen Wert zwischen einschließlich 800 nm und einschließlich 1000 nm.

[0037] Das Sensorsystem ist bei einer Ausgestaltung zur Messung eines Abstands und/oder einer Geschwindigkeit vorgesehen. Beispielsweise enthält die Detektoreinrichtung bei dieser Ausgestaltung einen Einkanalsensor, etwa eine Fotodiode. Das Sensorsystem ist zum Beispiel in einem Kollisionswarnsystem, insbesondere einem Kollisionswarnsystem für Kraftfahrzeuge, enthalten.

[0038] Bei einer anderen Ausgestaltung ist das Sensorsystem in einem Nachtsichtgerät enthalten. Die Detektoreinrichtung des Sensorsystems enthält beispielsweise bei dieser Ausgestaltung einen Mehrkanalsensor, etwa einen Halbleiterbildsensor und/oder einen Restlichtverstärker. Mittels der Beleuchtungseinrichtung, die Laserstrahlung einer Mehrzahl verschiedener Wellenlängen emittiert, kann ein besonders hoher Kontrast des von dem Nachtsichtgerät

dargestellten Bilds erzielt werden.

[0039] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus dem folgenden, in Zusammenhang mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiel.

[0040] Es zeigen:

[0041] [Fig. 1](#), einen schematischen Querschnitt durch ein Sensorsystem gemäß einem Ausführungsbeispiel und

[0042] [Fig. 2](#), eine schematische perspektivische Ansicht einer Halbleiterlaserdiode des Sensorsystems gemäß dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 1](#).

[0043] Ähnliche oder ähnlich wirkende Bestandteile sind in den Figuren und Ausführungsbeispielen mit denselben Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente untereinander sind nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente zum besseren Verständnis und/oder zur besseren Darstellbarkeit übertrieben groß dargestellt sein.

[0044] [Fig. 1](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Sensorsystems S. Das Sensorsystem S enthält Beleuchtungseinrichtung. Die Beleuchtungseinrichtung enthält vorliegend eine Halbleiterlaserdiode **1** und ein optisches Element **3** oder ein optisches System **3**, das eine Mehrzahl von optischen Elementen aufweist.

[0045] Die Halbleiterlaserdiode **1**, die in [Fig. 1](#) stark vereinfacht dargestellt ist, weist eine erste aktive Zone **11** und eine zweite aktive Zone **12** auf. Die erste aktive Zone **11** emittiert im Betrieb der Halbleiterlaserdiode **1** Laserstrahlung L11, L12 einer ersten Wellenlänge λ_1 . Die zweite aktive Zone **12** emittiert im Betrieb der Halbleiterlaserdiode **1** Laserstrahlung L21, L22 einer zweiten Wellenlänge λ_2 .

[0046] Das optische Element oder optische System **3** ist dazu vorgesehen, die von den aktiven Zonen **11**, **12** emittierte Laserstrahlung L11, L12, L21, L22 zu formen. Beispielsweise ist das optische Element oder System **3** zur Strahlaufweitung, -umlenkung und/oder -fokussierung vorgesehen. Bei dem optischen Element oder mindestens einem der optischen Elemente des optischen Systems kann es sich beispielsweise um eine Linse, ein Beugungsgitter, einen Spiegel und/oder um einen Lichtleiter handeln. Ein solches optisches Element oder System ist auch für andere Ausgestaltungen des Sensorsystems S geeignet.

[0047] Weiter weist das Sensorsystem S eine Detektoreinrichtung D auf. Die Detektoreinrichtung D ist dazu vorgesehen, elektromagnetische Strahlung der

ersten Wellenlänge λ_1 und elektromagnetische Strahlung der zweiten Wellenlänge λ_2 zu detektieren.

[0048] Die Detektoreinrichtung D enthält einen Einkanalsensor wie eine Fotodiode oder einen Mehrkanalsensor, etwa einen Halbleiterbildsensor (CCD, Charge Coupled Device) und/oder einen Restlichtverstärker. Beispielsweise handelt es sich bei dem Sensorsystem S um ein Nachtsichtgerät und die Detektoreinrichtung D enthält einen Mehrkanalsensor.

[0049] Im Betrieb des Sensorsystems S beleuchtet die Beleuchtungseinrichtung einen Raumwinkelbereich der Umgebung. Befindet sich ein Objekt O1, O2 im beleuchteten Raumwinkelbereich, wird es insbesondere von Laserstrahlung L11 bzw. L12 der ersten Wellenlänge λ_1 und von Laserstrahlung L21 bzw. L22 der zweiten Wellenlänge λ_2 getroffen.

[0050] Der Reflexionskoeffizient bei den Wellenlängen λ_1 und λ_2 ist vom beleuchteten Material des Objekts O1, O2 abhängig. Beispielsweise hat ein erstes Objekt O1 einen vergleichsweise großen Reflexionskoeffizienten bei der ersten Wellenlänge λ_1 und einen vergleichsweise kleinen Reflexionskoeffizienten bei der zweiten Wellenlänge λ_2 . Ein zweites Objekt O2 hat einen vergleichsweise großen Reflexionskoeffizienten bei der zweiten Wellenlänge λ_2 und einen vergleichsweise kleinen Reflexionskoeffizienten bei der ersten Wellenlänge λ_1 .

[0051] Das erste Objekt O1 reflektiert daher im Wesentlichen Laserstrahlung L11 der ersten Wellenlänge λ_1 , so dass ein reflektierter Anteil R1 dieser von der ersten aktiven Zone 11 emittierten Laserstrahlung zur Detektoreinrichtung D gelangt. Das zweite Objekt O2 reflektiert im Wesentlichen Laserstrahlung L22 der zweiten Wellenlänge λ_2 , so dass ein reflektierter Anteil R2 dieser von der zweiten aktiven Zone 12 emittierten Laserstrahlung ebenfalls zur Detektoreinrichtung D gelangt.

[0052] Dagegen reflektiert das erste Objekt O1 von der zweiten aktiven Zone 12 emittierte Laserstrahlung L21 nicht oder nur geringfügig und/oder das zweite Objekt O2 reflektiert von der ersten aktiven Zone 11 emittierte Laserstrahlung L12 nicht oder nur geringfügig.

[0053] Auf diese Weise ist das Sensorsystem S – im Gegensatz zu einem Sensorsystem, das nur mit einer der Wellenlängen λ_1 oder λ_2 arbeitet – vorteilhafterweise zur Detektion sowohl des ersten Objekts O1 wie auch des zweiten Objekts O2 geeignet. Beispielsweise bei einem Sensorsystem, das ein Nachtsichtgerät ist, können mit Vorteil beide Objekte O1, O2 mit einem hohen Kontrast zum Hintergrund abgebildet werden.

[0054] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische perspektivi-

sche Ansicht der Halbleiterlaserdiode 1 des Sensorsystems S gemäß dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 1](#).

[0055] Die Halbleiterlaserdiode 1 enthält eine Halbleiterschichtenfolge 10, die epitaktisch auf einem Substrat 100 aufgewachsen ist. Die Halbleiterschichtenfolge 10 basiert vorzugsweise auf einem III-V-Verbindungshalbleitermaterial, insbesondere auf einem Arsenid-, Nitrid- oder Phosphidverbindungshalbleitermaterial.

[0056] Beispielsweise kann die Halbleiterschichtenfolge 10 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$ oder $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{As}$, jeweils mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$, enthalten. Dabei muss das III-V-Verbindungshalbleitermaterial nicht zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach einer der obigen Formeln aufweisen. Vielmehr kann es einen oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen, die die physikalischen Eigenschaften des Materials im Wesentlichen nicht ändern. Der Einfachheit halber beinhalten obige Formeln jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters, auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt sein können.

[0057] Die Materialauswahl für die Halbleiterschichtenfolge 10 erfolgt anhand der gewünschten Emissionswellenlängen der Halbleiterlaserdiode 1. Das Substrat 100 wird anhand der vorzugsweise epitaktisch aufzuwachsenden Halbleiterschichtenfolge 10 ausgewählt und kann insbesondere ein GaAs-, GaN-, SiC- oder ein Siliziumsubstrat sein.

[0058] Die Halbleiterschichtenfolge 10 weist ein erstes Diodenlaserschichtsystem 110 auf, das die erste aktive Zone 11 enthält. Es weist ein zweites Diodenlaserschichtsystem 120 auf, das die zweite aktive Zone 12 enthält.

[0059] Anders als das erste Diodenlaserschichtsystem 110 ist das zweite Diodenlaserschichtsystem 120 in [Fig. 2](#) nur grob angedeutet. Beispielsweise ist das zweite Diodenlaserschichtsystem 120 analog zum ersten Diodenlaserschichtsystem 110 aufgebaut. Zur Erzielung der verschiedenen Emissionswellenlängen λ_1 und λ_2 unterscheiden sich die aktiven Zonen 11, 12 jedoch beispielsweise in ihrem Material und/oder ihren Schichtdicken und/oder in der Dimension der Quantisierung voneinander.

[0060] Das erste und zweite Diodenlaserschichtsystem 110, 120 – und damit die erste und die zweite aktive Zone 11, 12 – folgen in Richtung einer Flächennormalen auf die Haupterstreckungsebene des Substrats 100 aufeinander. Die Flächennormale fällt in der [Fig. 2](#) mit der (nicht dargestellten) z-Richtung des rechtwinkligen kartesischen Koordinatensystems zusammen, dessen x- und y-Richtungen in [Fig. 2](#) ein-

gezeichnet sind.

[0061] Zwischen den beiden Diodenlaserschichtsystemen **110**, **120** ist eine Tunnelodiode **130** angeordnet. Die Tunnelodiode enthält vorliegend – beispielsweise in Richtung von der ersten aktiven Zone **11** zur zweiten aktiven Zone **12** – eine hoch p-dotierte Schicht, eine undotierte oder gering dotierte Zwischenschicht und eine hoch n-dotierte Schicht.

[0062] Das erste Diodenlaserschichtsystem **110** enthält die erste aktive Zone **11**, die vorliegend eine Mehrfach-Quantentopfstruktur enthält. Bei der Ausbildung der aktiven Zonen **11**, **12** als Quantentopfstruktur ist die Laserschwelle im Vergleich zu einem Halbleiterlaser mit einem herkömmlichen pn-Übergang als aktive Zone vergleichsweise gering. Weiterhin ist in diesem Fall auch die Temperaturabhängigkeit der Emissionswellenlängen λ_1 , λ_2 vorteilhaft gering.

[0063] In Richtung von der aktiven Zone **11** weg weist das erste Diodenlaserschichtsystem **110** vorliegend sowohl in Richtung zum Substrat **100** hin wie auch in Richtung zur zweiten aktiven Zone **12** hin jeweils eine Wellenleiterschicht **111**, **112** und eine Mantelschicht ("cladding layer") **113**, **114** auf. Mittels der Wellenleiterschichten **111**, **112** ist von der aktiven Zone **11** emittierte elektromagnetische Strahlung zwischen den Mantelschichten **113**, **114** geführt. Die dem Substrat **100** zugewandte Mantelschicht **113** ist vorliegend n-leitend dotiert. Ein Schichtwachstum in umgekehrter Reihenfolge, also mit einer dem Substrat **100** zugewandten p-leitenden Mantelschicht **113** ist ebenfalls denkbar.

[0064] Der Laserresonator der Halbleiterlaserdiode **1** wird zum Beispiel durch die Seitenflanken der Halbleiterschichtenfolge **10** ausgebildet. Eine zumindest teilweise Reflexion der in den aktiven Zonen **11**, **12** erzeugten Laserstrahlung an den Seitenflanken erfolgt beispielsweise aufgrund des Brechungsindexsprungs zwischen dem Material der Halbleiterschichtenfolge **10** und dem Umgebungsmedium (zum Beispiel Luft). Alternativ können die Seitenflanken der Halbleiterlaserdiode **1** auch mit einer reflexionserhöhenden Beschichtung (nicht dargestellt) versehen sein. Bei einer bevorzugten Ausgestaltung beträgt die Länge L des Laserresonators zwischen einschließlich $0,3\text{ mm}$ und einschließlich 10 mm .

[0065] Vorliegend ist zwischen der aktiven Zone **11** und einer der Mantelschichten **114** eine Blendenschicht **115** ausgebildet. Alternativ kann die Blendenschicht **115** auch am Rand oder im Innern von Wellenleiterschicht **111**, **112** oder Mantelschicht **113**, **114** angeordnet sein. Beispielsweise ist die Blendenschicht eine aluminiumhaltige Schicht, insbesondere enthält sie AlAs oder GaAlAs oder besteht aus einem dieser Materialien. Die Blendenschicht **115** weist ei-

nen elektrisch leitfähigen oder zumindest halbleitenden Mittelbereich **1151** auf, der eine streifenförmige Öffnung zwischen zwei isolierenden Randbereichen **1152** darstellt.

[0066] Die isolierenden Randbereiche **1152** sind beispielsweise mittels eines Oxidationsverfahrens hergestellt. Die in den Gräben freiliegenden Stoßkanten der Blendenschicht **10** können durch Oxidation, z. B. durch Einstellen oxidierender Bedingungen über eine sauerstoffhaltige Atmosphäre bei einer ausreichend hohen Temperatur, oder durch nasschemisches Behandeln mit einer oxidierenden Lösung in einen elektrischen Isolator überführt werden, wie dies in der [Fig. 2](#) bereits dargestellt ist.

[0067] Mit Hilfe dieser Blende wird die Intensitätsverteilung der Laserstrahlung im Wesentlichen auf den Blendenbereich beschränkt, beziehungsweise ein Wellenleiter geschaffen, der eine ungefähr der Blendenöffnung entsprechende Breite b aufweist, die die Ausbildung der Laserstrahlung ausschließlich in der Grundmode erlaubt.

[0068] Die Halbleiterschichtenfolge **10** ist zur Realisierung einer indexgeführten Laserstruktur zu mindestens einem schmalen Steg strukturiert. Der Steg weist seine längste Ausdehnung, die insbesondere der Resonatorlänge der Halbleiterlaserdiode **1** entspricht, in x-Richtung auf. Beispielsweise hat die Resonatorlänge einen Wert zwischen $0,3\text{ mm}$ und 10 mm , wobei die Grenzen eingeschlossen sind.

[0069] Vorliegend verläuft auch die streifenförmige Öffnung **1151** der Blendenschicht **115** längs des Stegs, also in x-Richtung. Die streifenförmige Öffnung hat eine Breite b in y-Richtung, also in Richtung der Stegbreite, die beispielsweise einen Wert zwischen $6\text{ }\mu\text{m}$ und $12\text{ }\mu\text{m}$ hat. Der Steg hat vorliegend eine Breite, also eine Ausdehnung in y-Richtung, zwischen $20\text{ }\mu\text{m}$ und $30\text{ }\mu\text{m}$. Die Grenzen der Bereiche sind dabei jeweils eingeschlossen.

[0070] Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Beispielsweise kann die Halbleiterlaserdiode **1** als Breitstreifenlaser ausgeführt sein. In diesem Fall weist sie insbesondere keine Blendenschicht **115** auf. Sie braucht auch keine indexgeführte Laserstruktur aufweisen, sondern kann beispielsweise gewinngeführt ausgebildet sein. Bei einer als Breitstreifenlaser ausgeführten Halbleiterlaserdiode **1**, die eine indexgeführte Laserstruktur aufweist, hat der Steg zum Beispiel eine Breite von größer oder gleich $50\text{ }\mu\text{m}$, insbesondere von größer oder gleich $100\text{ }\mu\text{m}$.

[0071] Die Erfindung umfasst jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merk-

mal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

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 Patentliteratur

- WO 01/39282 [\[0013\]](#)
- US 5831277 [\[0013\]](#)
- US 6172382 B1 [\[0013\]](#)
- US 5684309 [\[0013\]](#)
- WO 99/39405 [\[0022\]](#)
- US 5212706 [\[0022\]](#)

Patentansprüche

1. Sensorsystem (S) mit einer Beleuchtungseinrichtung (**1, 3**) und einer Detektoreinrichtung (D), wobei die Beleuchtungseinrichtung dazu vorgesehen ist, Laserstrahlung einer ersten Wellenlänge (L11, L12) und Laserstrahlung einer zweiten, von der ersten verschiedenen Wellenlänge (L21, L22) zu emittieren und die Detektoreinrichtung dazu vorgesehen ist, elektromagnetische Strahlung der ersten und der zweiten Wellenlänge zu detektieren.

2. Sensorsystem (S) nach Anspruch 1, das eine erste Halbleiterlaserdiode enthält, die im Betrieb Laserstrahlung der ersten Wellenlänge (L11, L12) emittiert und das eine zweite Halbleiterlaserdiode enthält, die im Betrieb Laserstrahlung der zweiten Wellenlänge (L21, L22) emittiert.

3. Sensorsystem (S) nach Anspruch 1, das eine Halbleiterlaserdiode (**1**) enthält, wobei

- die Halbleiterlaserdiode eine erste aktive Zone (**11**) und eine zweite aktive Zone (**12**) aufweist,
- die erste und die zweite aktive Zone in einer Halbleiterschichtenfolge (**10**) der Halbleiterlaserdiode enthalten und übereinander gestapelt sind,
- die erste aktive Zone (**11**) im Betrieb der Halbleiterlaserdiode Laserstrahlung der ersten Wellenlänge (L11, L12) emittiert und
- die zweite aktive Zone (**12**) im Betrieb der Halbleiterlaserdiode Laserstrahlung der zweiten Wellenlänge (L21, L22) emittiert.

4. Sensorsystem (S) nach Anspruch 3, wobei die Halbleiterschichtenfolge (**10**) zwischen der ersten und der zweiten aktiven Zone (**11, 12**) eine Tunnelodiode (**130**) enthält.

5. Sensorsystem (S) nach Anspruch 3 oder 4, wobei die erste und die zweite aktive Zone (**11, 12**) jeweils eine Quantentopfstruktur aufweist und die Quantentopfstrukturen sich in ihren Schichtdicken und/oder ihrer Materialzusammensetzung unterscheiden.

6. Sensorsystem (S) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Beleuchtungseinrichtung (**1, 3**) dazu vorgesehen ist, Laserstrahlung im infraroten Spektralbereich zu emittieren.

7. Sensorsystem (S) nach Anspruch 6, bei dem die erste und/oder die zweite Wellenlänge einen Wert zwischen einschließlich 800 nm und einschließlich 1000 nm hat.

8. Sensorsystem (S) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Differenz zwischen der ersten und der zweiten Wellenlänge größer oder gleich 20 nm ist.

9. Sensorsystem (S) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das zur Messung eines Abstands und/oder einer Geschwindigkeit vorgesehen ist.

10. Kollisionswarnsystem mit einem Sensorsystem (S) nach einem der vorhergehenden Ansprüche

11. Nachtsichtgerät mit einem Sensorsystem (S) nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

12. Nachtsichtgerät nach Anspruch 11, wobei die Detektoreinrichtung (D) einen Halbleiterbildsensor oder einen Restlichtverstärker enthält.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Fig 1

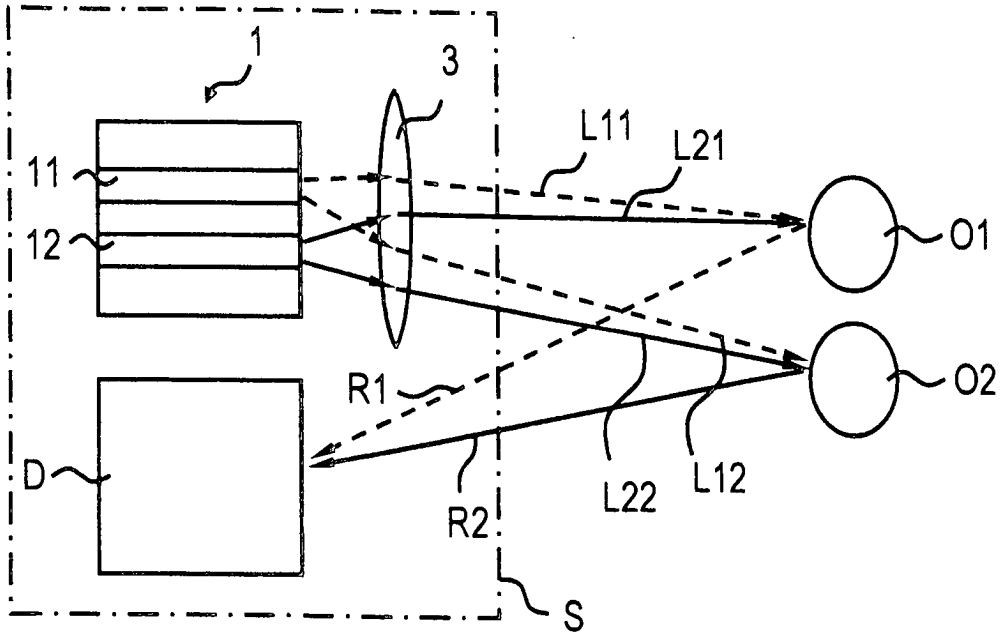


Fig 2

