

**Titel:** „Laser-Stellsystem auf Basis piezoelektrischer Substrate“

**Autoren:** Dr. Franz Münzhuber, Jens Möller

**Unternehmenseinheit:** Diehl Defence GmbH & Co. KG

---

### **Einleitung**

Der vorliegende technische Lösungsvorschlag betrifft eine Vorrichtung zur Beleuchtung einer Objektszene mittels eines Laserstrahls umfassend ein Lasermodul mit einem oder mehreren auf einem Substrat angeordneten Laserchips.

### **Problem**

Im Zusammenhang mit vielen möglichen Anwendungen von Halbleiterlasern, wie insbesondere Quantenkaskadenlasern (QCL), Dünnschichtlasern, Breitreifenlasern etc., ist es erforderlich, mittels eines einen oder mehrere Halbleiterlaser umfassenden Lasermoduls ein Signal in Form eines Laserstrahls aussenden zu können, welches in eine bestimmte Richtung aussendbar ist und vorzugsweise über eine möglichst hohe Intensität verfügt.

### **Bisherige Lösungsansätze**

Um einen Laserstrahl eines Lasermoduls in eine gewünschte Richtung aussenden zu können, wird üblicherweise ein über ein Stellsystem verstellbares optisches Element im Strahlengang des zumeist mittels einer oder mehreren Linsen kollimierten Laserstrahls des Lasermoduls angeordnet. Es kann sich hierbei beispielsweise um einen Spiegel handeln, welcher von einer einstellbaren Halterung eingefasst ist, die manuell oder elektrisch über Stellschrauben bewegbar ist. Möglich ist auch ein auf einem elektromechanischen Resonator aufgebracht mikromechanischer Spiegel, der in Abhängigkeit von einem elektrischen Feld ausschwenkbar ist. Diesen Mechanismen ist gemein, dass sie im Volumen aufgrund der einstellbaren Halterung großbauend und vibrationsanfällig sind, da sie prinzipbedingt nicht starr verbaut werden können.

Zur Einstellung der Ausrichtung optischer Elemente ist die Verwendung piezoelektrischer Aktoren bekannt. Zur Erzielung einer stabilisierten Abbildung eines Gegenstands auf einem Detektor einer optischen Vorrichtung wird in der DE 10 2004 020 615 B4 vorgeschlagen, einen piezoelektrischen Antrieb für ein optisches Element der optischen Vorrichtung zu verwenden, um dieses in Schwingung zu halten. In der EP 1 538 472 B1 wird eine

Bildgebungsvorrichtung beschrieben mit einem per Piezo-Stellelement beweglichen mikrooptischen Linsenfeld zur stabilisierten Abbildung eines Gegenstands auf einen Detektor.

### **Aufgabe**

Aufgabe des technischen Lösungsvorschlags ist es, eine Vorrichtung zur Beleuchtung einer Objektszene mit einem Laserstrahl mit einem einen oder mehrere Laserchips umfassenden Lasermodul anzugeben, dessen Laserstrahl auf einfache Weise beeinflussbar ist, insbesondere in unterschiedliche Richtungen ausrichtbar und/oder hinsichtlich seiner Intensität beeinflussbar ist.

### **Lösung**

Der technische Lösungsvorschlag sieht vor, dass der oder die Laserchips auf einem piezoelektrischen Substrat angeordnet sind. Ein Laserchip kann dabei einen einzelnen Laser oder aber auch mehrere Laser bzw. Emitterstrukturen umfassen, d.h. zur Emission eines oder mehrerer Laserstrahlen durch entsprechende Austrittsfacetten ausgelegt sein.

Üblicherweise werden ein oder mehrere Laserchips auf elektrisch isolierende und thermisch gut leitende Submounts bzw. Substrate aufgelötet. Um thermische Effekte und dadurch bedingte Schäden an einem Laserchip zu vermeiden, werden Substrate bzw. Submount-Materialien mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit verwendet, um die im Laserbetrieb entstehende Wärme abführen zu können. Da die Substrate elektrisch isolierend sind, werden Bereiche auf ihrer Oberfläche zur elektrischen Kontaktierung eines Laserchips metallisiert. Dabei wird von der elektrischen Isolation des Substrats profitiert, da dadurch kein Kurzschluss zwischen verschiedenen Punkten der elektrischen Ansteuerschaltung des Laserchips erzeugt wird und der Laserchip mitsamt Substrat bzw. Submount elektrisch neutral in ein Gesamtsystem integrierbar ist. Als Substrate werden beispielsweise gut isolierende Halbleiter wie Berylliumoxid (BeO), Siliziumkarbid (SiC), Aluminiumnitrid (AlN) oder Diamant verwendet, welche nur schwach piezoelektrisch sind.

Der technische Lösungsvorschlag geht von der Erkenntnis aus, dass inzwischen Verfahren zur Verfügung stehen, mit welchen der piezoelektrische Koeffizient von elektrisch isolierenden, aber thermisch gut leitfähigen Halbmaterialien, welche als Substrat bzw. Submount für Laserchips verwendbar sind, erhöhbar ist. Der technische Lösungsvorschlag geht zudem von der Überlegung aus, dass, bedingt durch die Veränderung des piezoelektrischen Koeffizienten eines Substrats, die Ausdehnung des Substrats durch Anlegen eines elektrischen Signals einstellbar ist und hierdurch das Substrat quasi als Aktor bzw. Stellelement fungieren kann. Der technische Lösungsvorschlag geht weiter von der Erkenntnis aus, dass als Folge der Veränderung der Ausdehnung des Substrats ein oder mehrere auf einem derartigen Substrat montierte Laserchips hinsichtlich ihrer absoluten Positionen verschiebbar sind, wodurch auch jeweils die Lage ihrer Austrittsfacette verschiebbar ist.

Der technische Lösungsvorschlag ermöglicht es, dass innerhalb der Vorrichtung auf ein gesondertes, bzgl. seiner Position ausrichtbares optisches Element zur Ausrichtung des Verlaufs des vom Lasermodul emittierten Laserstrahls verzichtet werden kann. Anders ausgedrückt: Durch den technischen Lösungsvorschlag kann auf ein Stellsystem für Laserstrahlen bzw. Laserstrahlführungssysteme mit beweglichen bzw. nicht arretierbaren und damit vibrationsanfälligen Teilen verzichtet werden. Indem das Substrat nicht nur die Funktion einer Wärmesenke, sondern auch die eines Stellsystems übernimmt, wird eine Gewichts- und Volumenreduktion erzielt, die insbesondere für Vorrichtungen von Vorteil ist, für die nur begrenzter Bauraum zur Verfügung ist bzw. die ein bestimmtes Gewicht nicht überschreiten dürfen. Das piezoelektrische Substrat bildet ein starres, vibrationsunanfälliges Stellsystem, welches aufgrund seiner elektrischen Ansteuerbarkeit und geringen mechanischen Trägheit eine erhöhte Regelgeschwindigkeit bspw. gegenüber elektromechanischen Stellsystemen aufweist.

Zweckmäßigerweise verfügt die Vorrichtung über eine elektronische Steuereinheit, die zur elektrischen Ansteuerung des piezoelektrischen Substrats eingerichtet ist. Insbesondere ist die elektronische Steuereinheit dazu eingerichtet, eine Ausdehnung des Substrats parallel und/oder orthogonal zur Längsachse des oder der Laserchips zu bewirken. Oder anders gesagt: Durch die elektrische Ansteuerung des piezoelektrischen Substrats kann die Position der Austrittsfläche für den Laserstrahl eines Lasers des Laserchips gegenüber der Position der Austrittsfläche ohne elektrische Ansteuerung verschoben werden.

Praktischerweise umfasst die Vorrichtung zusätzlich zumindest eine Linse, bevorzugt eine Kollimationslinse, die sich in Bezug auf die Objektszene vor dem Lasermodul befindet. Wird nun durch die elektronische Steuereinheit eine Ausdehnung des Substrats parallel zur Achse des Lasermoduls herbeigeführt, so kann die Fokussierung des die zumindest eine Linse passierenden Laserstrahls beeinflusst werden. Der Grad der Fokussierung kann hierdurch eingestellt werden. Wird durch die elektronische Steuereinheit eine Ausdehnung des Substrats orthogonal zur Achse des Lasermoduls herbeigeführt, wird der Laserstrahl die zumindest eine Linse an einer anderen Stelle gegenüber dem nicht hinsichtlich einer Ausdehnung in orthogonaler Achse des Lasermoduls passieren, wodurch die Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls beeinflusst wird, also eine Veränderung der Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls bzw. eine Strahlablenkung herbeigeführt wird.

In einer bevorzugten Variante des technischen Lösungsvorschlags handelt es sich bei dem oder den Lasern eines Laserchips um Quantenkaskadenlaser, welche sich, so wie andere Halbleiterlaser, mit sehr kleinen Abmessungen herstellen lassen, wodurch ein kleinbauendes Lasermodul und damit eine insgesamt kleinbauende Vorrichtung realisierbar ist, die auch bei beengten Platzverhältnissen einsetzbar ist.

Vorzugsweise wird als Substrat Aluminiumnitrid (AlN) verwendet, welches eine hohe thermische Leitfähigkeit aufweist und elektrisch isolierend wirkt. Dadurch kann die im Betrieb des oder der auf dem AlN-Substrat aufgebrachten Laserchips entstehende Wärme effektiv abgeführt werden und eine elektrische Entkopplung des oder der Laserchips bewirkt werden. In einer besonders bevorzugten Variante ist das AlN-Substrat mit Scandium dotiert, wodurch der piezoelektrische Koeffizient des Substrats erhöhbar ist und damit seine Ausdehnung durch Anlegen eines elektrischen Signals in einem weiteren Bereich gegenüber einem undotierten Substrat einstellbar ist.

### **Ausführungsbeispiele**

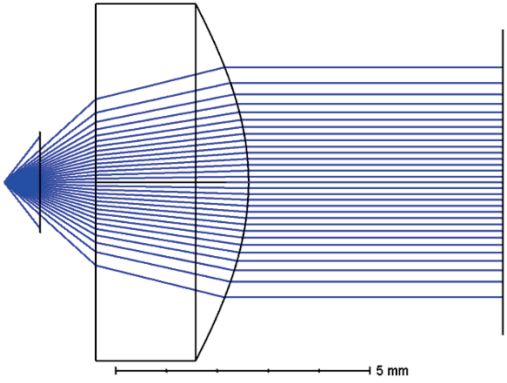
In Figur 1 ist schematisch der Strahlverlauf eines von einem Lasermodul emittierten Laserstrahls einer Vorrichtung zur Beleuchtung einer Objektszene dargestellt, wobei das Substrat, auf welchem der Laserchip des Lasermoduls angeordnet ist, nicht piezoelektrisch angesteuert wird. Der Laserstrahl passiert eine Kollimationslinse, wodurch der divergente Strahlengang in einen parallelen Strahlengang überführt wird, eine Strahlablenkung erfolgt jedoch nicht. Figur 2 zeigt die gleiche Vorrichtung, jedoch ist nun das Lasermodul auf einem piezoelektrischen Substrat, welches über eine elektronische Steuereinheit mit einer Spannung versorgt wird, angeordnet. Im vorliegenden Beispiel wurde das Lasermodul auf einem mit Scandium dotierten AlN-Substrat aufgebracht und mittels einer nicht gezeigten elektronischen Steuereinheit derart angesteuert, dass sich die Position des Laserchips des Lasermoduls um 1 mm verändert hat, genauer gesagt, es zu einer Verschiebung des Laserchips um 1 mm nach unten in orthogonaler Richtung bezogen auf die optische Achse der Vorrichtung gekommen ist. Der Verlauf der optischen Achse der Vorrichtung ist in Figur 2 durch den mittig durch die Kollimationslinse verlaufenden horizontalen Strich angedeutet. Es ist zu erkennen, dass der Laserstrahl des Laserchips bedingt durch die Verschiebung seiner Position bezüglich der optischen Achse die Kollimationslinse an einer anderen Stelle, nicht mehr mittig passiert. Infolgedessen wird der divergente Strahlengang nicht nur kollimiert, sondern erfährt auch eine Ablenkung, vorliegend um etwa  $20^\circ$ , und verläuft somit nicht mehr parallel zur optischen Achse. Aus Figur 2 wird im Vergleich zu Figur 1 ersichtlich, dass mittels der Ansteuerung des piezoelektrischen Substrats zumindest ein mechanisches Stellelement für eine Strahlablenkung im weiteren Strahlverlauf kompensiert und damit eine Volumenreduktion der Vorrichtung erreicht werden kann. Im Gegensatz zu einer Vorrichtung, die ein mechanisches Stellelement benötigt, ist die vorliegende Vorrichtung robuster hinsichtlich äußerer Einflüsse, wie bspw. Vibrationen, da das als Stellelement fungierende piezoelektrische Substrat über keine beweglichen, vibrationsanfälligen Teile verfügt. Zwar ist der absolute mögliche Verfahrweg eines piezoelektrischen Substrats geringer im Vergleich zu einem mittels mechanischen Stellschrauben erreichbaren Verfahrweg, aber dadurch, dass sich die Verschiebung direkt auf den Laserchip auswirkt und der emittierte Laserstrahl nicht erst im weiteren Strahlverlauf beeinflusst wird, tritt eine optische Hebelwirkung auf.

Für Vorrichtungen zur Beleuchtung einer Objektszene mittels eines Laserstrahls umfassend ein Lasermodul mit einem oder mehreren auf einem piezoelektrischen Substrat angeordneten Laserchips ergeben sich folglich vielfältige Einsatzmöglichkeiten, wie beispielsweise

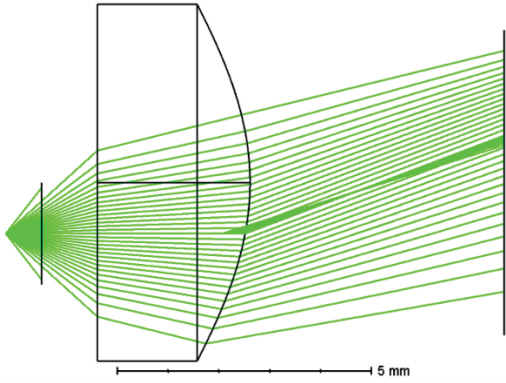
- Beamsteering eines einzelnen Laserstrahls – bzw. mehrerer Laserstrahlen, falls der Laserchip mehrere Laser und/oder das Lasermodul mehrere Laserchips umfasst – zum Bestrahlen eines bewegten Ziels der Objektszene (Ausdehnung des Substrats orthogonal zur Laserchipachse)
- Beamsteering eines Laserstrahls eines Lasermoduls gemäß vorliegendem Lösungsvorschlag zum Überlagern mit Laserstrahlen eines weiteren Lasermoduls, dessen Laserchip bzw. Laserchips gleichfalls auf einem ansteuerbaren piezoelektrischen Substrat oder einem nicht ansteuerbaren Substrat als Wärmespreizer angeordnet sind, zur kohärenten Strahlüberlagerung (Ausdehnung des Substrats orthogonal zur Laserchipachse)
- Beamsteering eines Laserstrahls innerhalb eines Resonators mit diffraktivem Element zum spektralen Durchstimmen des Lasers ohne bewegliche Teile (Ausdehnung des Substrats orthogonal zur Laserchipachse) zur Beleuchtung einer Objektszene mit einer definierten Wellenlänge
- Korrektur von Dejustagen der relativen Positionen von einem oder mehreren optischen Elementen, wie z. B. zumindest einer Linse, und Laserchip während der Optikmontage der Vorrichtung (Ausdehnung des Substrats orthogonal und parallel zur Laserchipachse)
- Korrektur von Dejustagen der relativen Positionen von einem oder mehreren optischen Elementen, wie z. B. zumindest einer Linse und Laserchip im Betrieb der Vorrichtung aufgrund von thermischen Längenänderungen (Temperaturkompensation) (Ausdehnung des Substrats orthogonal und parallel zur Laserchipachse)
- Änderung der Fernfelddivergenz zur Auswahl der Weitwinkel- zur schmalen Winkelausleuchtung der Objektszene (Ausdehnung des Substrats parallel zur Laserchipachse)

Denkbar sind auch Erweiterungen des Konzepts „Stellsysteme auf Basis piezoelektrischer Materialien“ hinsichtlich einer strukturierten Fassung von einzelnen Lichtleitern oder einem Lichtleiterbündel aus piezoelektrischen Material. Dadurch können auch Laserstrahlen, die aus einem Lichtleiter bzw. Lichtleiterbündel emittiert werden, mittels der piezoelektrischen Material umfassenden Fassung auf die gleiche Art, wie zuvor in Zusammenhang mit dem Laserchip und dem piezoelektrischen Substrat beschrieben, in eine gewünschte Richtung gelenkt werden.

**Zeichnung:**



Figur 1



Figur 2