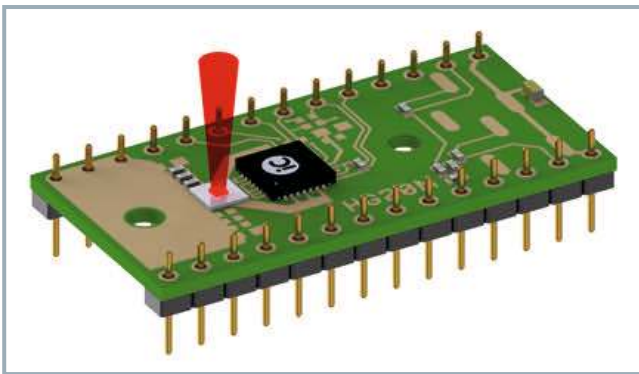


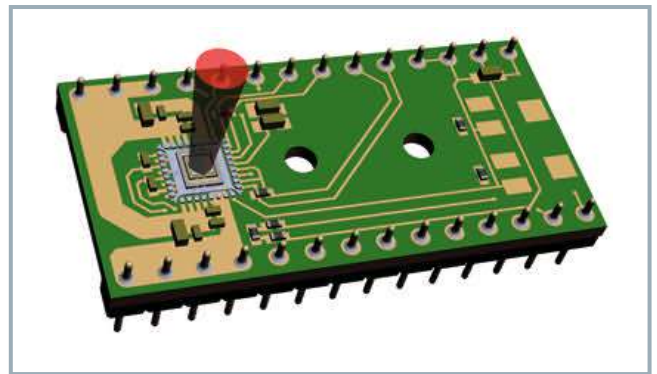
Schnelle Laserpulse mit Power-VCSEL-Arrays

QUASI SPECKLE-FREIE NANOSEKUNDEN-LASERLICHTQUELLEN FÜR ANWENDUNGEN IN DER INDUSTRIE, FORSCHUNG UND MEDIZINTECHNIK

Durch die Kombination optimierter Aufbau- und Verbindungstechniken mit der logischen Integration von Treiberbausteinen lassen sich mit Power-VCSEL-Arrays genau definierte Lichtpulse im Nanosekundenbereich erzeugen.



1 VCSEL-Array-Modul mit Treiber-IC iC-HG



2 VCSEL-Array und Treiber in einem optoQFN-Gehäuse (ohne Verguss)

UWE MALZAHN

Im Gegensatz zu den weit verbreiteten Kantenemittern bestehen Power-VCSEL-Arrays (>vertical-cavity surface-emitting laser<) aus vielen Hundert bis tausend Einzelemittlern. Sie sind daher nahezu speckle-frei, lassen sich durch ihren speziellen Aufbau einfach montieren und erlauben durch ihr rundes Strahlprofil den Einsatz einfacher Optiken zur nachträglichen Strahlformung. Der planare Aufbau, wie bei integrierten Schaltkreisen, mit einem Strahlaustritt senkrecht zur Chip-Fläche ermöglicht die einfache Montage auf einer Leiterplatte. Dies macht VCSEL-Arrays generell interessant als schnelle, gepulste Lichtquellen in Sensoren oder als Beleuchtung für 3D-Kameras.

Erzeugung schneller Nanosekundenpulse

Ansteuerschaltungen für kurze Laserpulse im Nanosekundenbereich stellen eine große Herausforderung an den Schaltungsentwurf sowie die Aufbau- und Verbindungstechnik dar. Dies trifft auf kantenemittierende Laserdioden wie auf VCSEL-

Arrays in gleichem Maße zu. Dem schnellen Schalten steht generell die Leitungsinduktivität im Laserstromkreis entgegen, die eine entsprechend schnelle Stromänderung verhindert. Gemäß der Formel:

$$di/dt = u/L$$

(mit i = Strom, t = Zeit, u = Schaltspannung, L = Induktivität) kann dies nur mit hohen Schaltspannungen und/oder entsprechend kleiner Induktivität im Laserstromkreis erreicht werden.

In diskreten Treiberschaltungen wird dazu meist einfach ein Kondensator mit einer hohen Spannung von bis zu 50 V aufgeladen und mit einem schnellen Transistorschalter in die Laserdiode hinein entladen. Die im Kondensator gespeicherte Energie bestimmt dabei die Intensität des Lichtpulses. Dessen Form ist jedoch weitgehend undefiniert.

Integrierte Treiberschaltungen zeigen hier deutlich bessere Schalteigenschaften. Mit ihnen können definierte Pulsströme von fast 10 A im einstelligen Nanosekundenbereich mit Spannungen von 10 V erzeugt werden. Die geringere Schaltspannung reduziert zudem die Verlustleistung im Treiber.

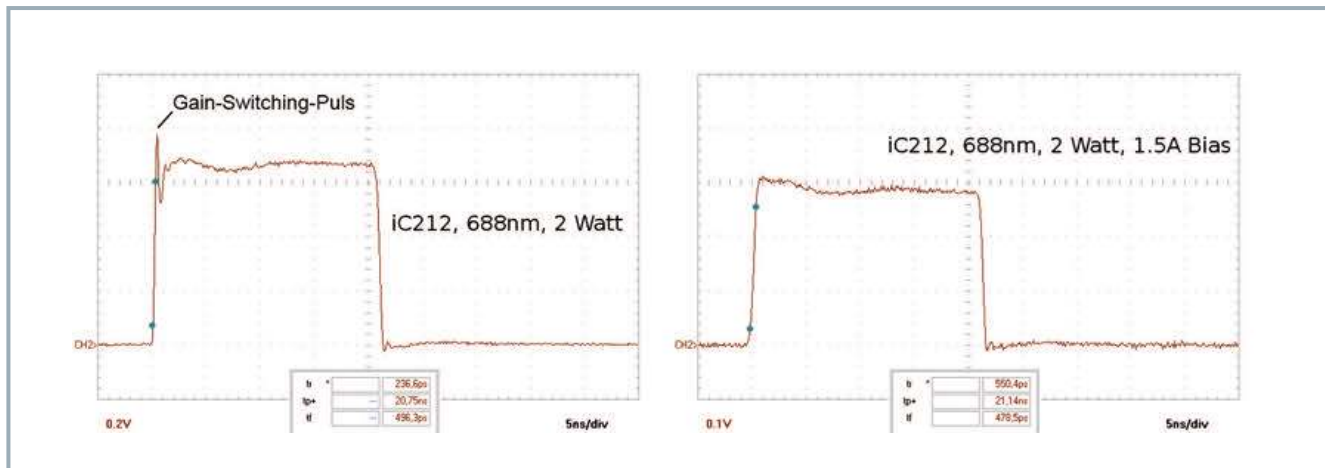
Die Qualität des verwendeten Schalters ist dabei ausschlaggebend für die Lebensdauer der Laserdiode. Übliche Transistorschalter erzeugen beim Ausschalten durch die parasitäre Miller-Kapazität Stromüberhöhungen, welche die Laserdiode beziehungsweise das VCSEL-Array schädigen können. Integrierte Schalter erlauben es, diese Stromüberhöhungen weitgehend zu eliminieren.

Kompakte Treiber-ICs in modernen QFN (>quad-flat no-leads<)-Gehäusen vereinfachen zudem das Platinen-Layout und verbessern die Wärmeabfuhr. Der Treiber-IC kann nahe am VCSEL-Array platziert werden, um die parasitäre Leitungsinduktivität möglichst klein zu halten (Bild 1).

Das Leiterplatten-Layout ist dabei entscheidend für eine gute Wärmeabfuhr und eine geringe Leitungsinduktivität. Die Verbindungen zwischen Ober- und Unterseite

KONTAKT

iC-Haus Gmbh
55294 Bodenheim, Deutschland
Tel. +49 6135 9292-300
www.ichaus.de



3 2-W-Puls aus 5 V mit (rechts) und ohne (links) Bias-Strom

zur Wärmeableitung erfolgen dabei über Durchkontaktierungen, sogenannte »Vias«. Um die Induktivität im Laserstromkreis bei einer 4-Lagen-Leiterplatte klein zu halten, sind beim Wechsel der Verdrahtungsebene möglichst viele Micro-Vias parallel zu schalten.

Ein Treibermodul nach Bild 1 kann auf diese Weise bereits mit Standardkomponenten in SMD-Technik (»surface-mounted device«, oberflächenmontiertes Bauelement) durchaus beachtliche Schaltgeschwindigkeiten erzielen. Ein Wärmewiderstand vom Chip zur Leiterplattenunterseite von circa 4 K/W ist mit dieser Technik erreichbar. So lassen sich sowohl VCSEL-Array als auch Treiber-IC relativ einfach kühlen. Dieser Aufbau eignet sich daher speziell für Applikationen mit größeren Tastverhältnissen (zum Beispiel 3D-Kamerabeleuchtung).

Chip-on-Chip-Assembly

Eine weiter gehende Integrationsmöglichkeit eröffnen die planaren VCSEL-Arrays, indem man sie direkt auf einen entsprechend vorbereiteten Lasertreiber montiert. Bei dieser »Sandwich-Bauweise« können Treiber und VCSEL-Array mit kurzen Bond-Drähten sowohl untereinander als auch mit dem Chip-Träger verbunden werden. Der spezielle Treiber und das VCSEL-Array lassen sich dann entweder in Chip-on-Board-Technik auf ein PCB (»printed circuit board«) montieren oder in ein sogenanntes optoQFN-Gehäuse verpacken. Solche Gehäuse kommen bereits bei der optischen Sensorintegration zum Einsatz (www.laser-photonic.de/LP110185). Bild 2 zeigt ein solches Treibermodul mit dem integrierten Lasertreiber »iC-HG« zusammen mit einem VCSEL-Array in Sandwich-Bauweise.

Der iC-HG schaltet bis zu 3-A-Dauerstrich- und 9-A-Pulsströme spike frei in typ. 600 ps. Je nach VCSEL-Array entspricht das Pulsleistungen von bis zu 10 W. Das Ergebnis der Integration ist ein kompaktes Bauteil mit unkritischen Anschlüssen, da die geschalteten Strompfade bauteilintern verbunden sind. Lediglich die Versorgungsspannung für Treiber und VCSEL-Array, die Schaltsignale und die Steuerspannung zur Stromeinstellung müssen zugeführt werden. Dadurch werden die Anforderungen an das Leiterplatten-Layout im Wesentlichen auf eine optimale Wärmeabfuhr reduziert.

Nanosekundenpulse optimieren

Mit einem VCSEL-Treibermodul nach Bild 2 sind optimale Verhältnisse für die Erzeugung von Pulsen im Nanosekundenbereich geschaffen. Es lassen sich hiermit bereits aus 5 V Treiberspannung Lichtpulse mit 2 W und mehr bei Schaltgeschwindigkeiten von wenigen 100 ps erzeugen. Dabei beschleunigt der Gain-Switching-Puls die steigende Flanke des Laserlichts, wie links in Bild 3 zu sehen ist.

Der von den Kantenemitter-Laserdioden bekannte Gain-Switching-Effekt tritt auch bei VCSEL-Arrays auf. Er entsteht, wenn die Diode beziehungsweise das Array eingeschaltet wird. Beim Überschreiten der Laserschwelle entladen sich die bis dahin generierten Ladungsträger schlagartig, und es kommt zu einem Lichtblitz.

Der Gain-Switching-Effekt lässt sich durch Einprägen eines Bias-Stroms unterdrücken. Mit einem DC-Strom knapp über der Laserschwelle tritt der Effekt des Gain-Switchings nicht mehr auf. Das rechte Diagramm in Bild 3 zeigt einen solchen Puls [1].

Der erzeugte Lichtpuls entspricht dann nahezu dem Stromverlauf und damit der tatsächlichen Schaltgeschwindigkeit des Treiber-ICs. Da die Leitungsinduktivität im Treiberstromkreis durch den Sandwich-Aufbau nahezu eliminiert wurde, liegen die Schaltgeschwindigkeiten des VCSEL-Stroms im Bereich des Maximums dessen, was die eingesetzte Chip-Technologie des Treiber-ICs erlaubt. Die bei gerade einmal 5 V Versorgungsspannung erzeugten schnellen Laserpulse im Nanosekundenbereich sind reproduzierbar und in ihrer Form unabhängig von Pulslänge und -höhe.

Fazit

Wird die konsequente Integration der Treiberbausteine mit einer optimierten Aufbau- und Verbindungstechnik kombiniert, so lassen sich mit Power-VCSEL-Arrays sehr schnelle, gut reproduzierbare und wohldefinierte Lichtpulse im Nanosekundenbereich erzeugen. Mit solchen kompakten und quasi Speckle-freien Nanosekunden-Laserlichtquellen werden vielfältige neue Anwendungen in der Industrie, Forschung und Medizintechnik erschlossen, wie beispielsweise als Beleuchtung für 3D-Kameras, als Lichtquelle für optische Sensoren oder als Lichtquelle in Endoskopen.

LITERATUR

- 1 Entwurf und Test schneller Laserdiodentreiber-Schaltungen (iC-Haus)

AUTOR

UWE MALZAHN ist bei iC-Haus für den ASSP-Vertrieb und die Applikationsunterstützung verantwortlich.

■ www.laser-photonic.de/LP110243