

Finalist des Innovation Award Laser Technology 2016

VCSEL Arrays: Eine neue Hochleistungs-Lasertechnologie zur "digitalen Wärmebehandlung"



Foto: Dr. Ir. Armand Pruijmboom (Copyright: A. Pruijmboom)

Dr. Ir. Armand Pruijmboom

General Manager

Philips GmbH Photonics Aachen

Aachen, Deutschland

Mitglieder des Projektteams

Dr. Ir. Armand Pruijmboom, Philips GmbH Photonics Aachen, Aachen, D (Teamsprecher)

Dr. Günther Derra, Philips GmbH Photonics Aachen, Aachen, D

Dr. Pavel Pekarski, Philips GmbH Photonics Aachen, Aachen, D

Dipl.-Ing. Carsten Deppe, Philips GmbH Photonics Aachen, Aachen, D

Dipl.-Ing. Ralf Conrads, Philips GmbH Photonics Aachen, Aachen, D

B.Sc. Felix Ogiewa, Philips GmbH Photonics Aachen, Aachen, D

Anwendungsfelder

Alle Industrien mit irgendeiner Art von Wärmebehandlung und alle Lieferanten von dazugehöriger Produktionsausrüstung werden von der Innovation des Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser (VCSEL) profitieren. Spezifische Prozesse sind das Schmelzen, Trocknen, Härten, Glühen oder Legieren jeglicher Art von Material.

Maschinenhersteller in den Bereichen der Solarzellenproduktion, des Rapid Thermal Annealing (RTA) von Silizium, des Kohlefaser-Tape-Legens, der PET-Verarbeitung und des digitalen Hochgeschwindigkeitsdrucks sind an der neuen VCSEL-Technologie interessiert. Eine der ersten Serienanwendungen des Hochleistungs-VCSEL-Array-basierten IMALUX-Direktlasersystems ist die nahtlose Kantenverbindung bei Möbelplatten. Der größte Nutzen wird in Anwendungen erzielt werden, die sehr schnell verändernde Wärmemuster oder spezifische räumliche Wärmeprofile erfordern. Ein Beispiel für den ersten Aspekt ist das Rapid Thermal Annealing (RTA) - ein in der Halbleiterfertigung verwendeter Prozess, bei dem immer nur ein einziger Wafer erhitzt wird, um seine elektrischen Eigenschaften zu beeinflussen. Ein Beispiel für den zweiten Aspekt ist das Kohlefaser-Tape-Legen, das in mehreren Branchen wie der Automobilindustrie angewandt wird.

Technologische Auswirkung

- Verbesserte Qualität für bestehende Produkte durch maßgeschneiderte digitale Wärmebehandlung
- Neue Technologie mit effizienten und kosteneffektiven digitalen Wärmebehandlungssystemen
- Gesenkte Wärmebehandlungskosten im Vergleich zu konventionellen Laserverfahren
- Verbesserte Arbeitsbedingungen im Vergleich zu konventionellen Nicht-Laser-Verfahren
- Verbesserte Qualitätssicherung

Zusammenfassung

Industrielle Produktionsanlagen für die Erhitzung großer Flächen mit einem hohen Durchsatz verwenden konventionell u.a. Gasbrenner, Heißluftgebläse und elektrisch oder mit Halogenlampen betriebene Bandöfen. Aufgrund ihrer begrenzten Leistungsdichte, hohen thermischen Trägheit und niedrigen räumlichen Selektivität kann die Hitze bei diesen Methoden nur langsam an- und ausgeschaltet werden. Außerdem sind die Methoden ungenau und können die Hitze nicht einfach nur dort einbringen, wo sie gebraucht wird. Sie ermöglichen es auch nicht, einem Werkstück komplexe räumliche Wärmeprofile aufzuerlegen. Andererseits hat die konventionelle Lasertechnologie vorwiegend aus Kostengründen ihren Weg in viele Industriesegmente nicht gefunden. Die Entwicklung von Hochleistungslasern hat sich traditionell auf die Brillanz konzentriert. Die Behandlung großer Oberflächen mit Strahlquellen hoher Brillanz erfordert entweder komplexe Optik- oder Scannersysteme. Jedes davon bringt technische Einschränkungen mit sich, vor allem aber auch starke Auswirkungen auf die Kosten.

Vertical-cavity surface emitting laser-diodes - kurz VCSEL genannt - bieten eine innovative Lösung, indem sie nur dann und dort erhitzen, wo es kurz nötig ist, und das mit kosteneffektiven, kompakten und robusten Systemen. Verglichen mit konventionellen, nicht laserbasierten Wärmebehandlungstechnologien bieten VCSEL-Arrays Flexibilität, hohe Effizienz und Langlebigkeit. Als Festkörpertechnologie befeuern VCSELs den Trend hin zu komplett digitalisierten Fertigungsflüssen. Die Technologie dürfte zahlreiche Fertigungsprozesse durchdringen und fügt der Familie der Hochleistungslaser damit ein neues und kosteneffektives Mitglied hinzu.

VCSELs sind GaAs-basierte Mikro-Laser, die mithilfe von Halbleiter-Wafer-Fertigungsmethoden hergestellt und getestet und mithilfe standardmäßiger Halbleiter-Montageprozesse und -ausrüstungen montiert werden. Dazu gehören Lithographie, nass- oder reaktive Ionen-Ätzung und

Metall- und dielektrische Abscheidung. VCSELs können auf Waferniveau getestet werden, so dass nach dem Vereinzeln die guten Bauteile für den nachfolgenden Montageprozess ausgewählt werden können. Die Montage beinhaltet standardmäßige Halbleitermontageprozesse und -ausrüstungen für Pick-and-place sowie Die-attach- und Drahtbondprozesse.

Einzelne VCSELs haben Abmessungen von einigen μm und emittieren zwischen 1 und 10 mW naher Infrarotstrahlung (800-1100 nm) senkrecht zur Waferoberfläche. Durch die dichte Bündelung von mehr als 500 VCSELs pro mm^2 können Power-VCSEL-Array-Chips mehrere W/mm^2 emittieren. Nahezu unbegrenzt große Arrays können gebildet werden, indem man VCSEL-Arrays-Chips nebeneinander stapelt. Das größte bisher gebaute System liefert ganze 40kW optischer Strahlleistung. Die runden Fernfelder der einzelnen VCSELs überlappen sich schon bei geringer Entfernung von der Chipoberfläche und bilden große Bereiche homogener Strahlung ohne Einsatz jeglicher Optik. Die erzeugte Leistungsdichte ist um zwei Größenordnungen höher als die konventioneller nicht laserbasierter Wärmebehandlungsmethoden. Durch die Segmentierung großflächiger Arrays können dem Werkstück räumliche Wärmeprofile auferlegt werden, indem die Ausgangsleistung der einzelnen Segmente zwischen 0 und 100% innerhalb von Millisekunden gesteuert wird.

Die innovative Arbeit des Philips-Teams setzt sich zusammen aus der Entwicklung der VCSEL-Array-Chips für Hochleistungsanwendungen, der Aufbautechnik und der thermischen Auslegung der VCSEL-Arrays inkl. umfassender FEM-Modellierung, dem Systemdesign durch das maßgeschneiderte Zusammenbringen verschiedener „Standardbausteine“ für spezifische Industrieanwendungen und schließlich der Anwendungsentwicklung selbst. Die nahtlose Kantenverbindung bei Möbelplatten ist eine erste industrielle Anwendung, die für die IMA Klessmann GmbH Woodworking Systems entwickelt wurde. Mit dem IMALUX-Direktlasersystem wird das Kantenband durch ein Hochleistungs-VCSEL-Wärmebehandlungssystem erhitzt, bevor es auf die die Kante der Platte gefügt wird, wobei eine unsichtbare Naht mit den laminierten Oberflächen entsteht. Das IMALUX-System liefert eine höhere Qualität als das Heißluftgebläse, verbraucht dabei aber nur ein Viertel der Energie und macht signifikant weniger Lärm. Die Kosten des kompakten VCSEL-Systems sind deutlich geringer als die vergleichbarer fasergekoppelter Kantenemitter-Laserdioden-Systeme. Da die VCSEL-Innovation auf Festkörper-Lasertechnik basiert, ist sie fundamental „digital“ und somit eine treibende Kraft für die „Industry 4.0“-Agenda im Bereich der Wärmebehandlung.

Fotos



Foto 1: Hochleistungs-VCSEL-Heizmodul mit 12 Emittlern und 4,8 kW Ausgangsleistung (Copyright: Philips GmbH)

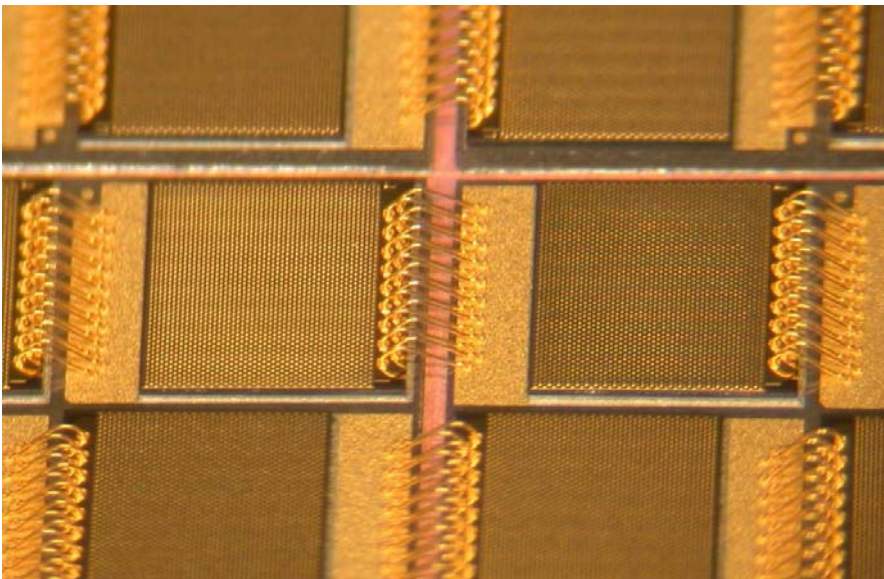


Foto 2: 2D-Array bestehend aus verbundenen VCSEL-Array-Chips (Copyright: Philips GmbH)

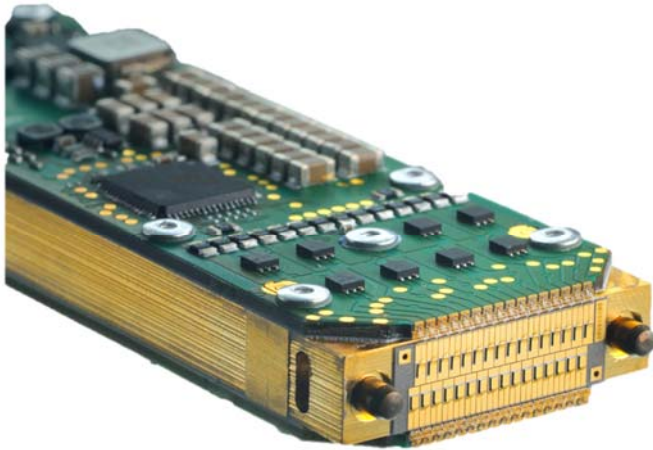


Foto 3: Ein Pixel-steuerbares Wärmebehandlungsmodul mit 32 unabhängig adressierbaren VCSEL-Arrays und integrierter Treiberelektronik (Copyright: Philips GmbH)