



# Brillante Leistung

Zurzeit befinden wir uns im schwersten wirtschaftlichen Umfeld seit Jahrzehnten. Die Situation am Kredit- und Konsumentenmarkt führte zu einem steilen Abfall bei der Nachfrage von Wirtschaftsgütern. Der Bedarf an industriellen Produktionsgütern und Werkzeugmaschinen hat sowohl im nationalen als auch im internationalen Bereich drastisch abgenommen. Viele Firmen sind nicht mehr in der Lage, die erforderlichen Kosten zur Anschaffung von neuen – dem heutigen Stand der Technik entsprechenden – und notwendigen Betriebseinrichtungen aufzubringen. Während die Bestellungen bis 2008 gestiegen sind, gab es nachfolgend einen tiefen Abfall.

Glücklicherweise, und in Erwartung einer wirtschaftlichen Erholung, erkennen Produktentwickler hier eine einmalige Chance und bieten innovative Lösungswege an. Diese Lösungen sind hinsichtlich der Erwartungen und Bedürfnisse der Kunden abgestimmt und bezüglich der Anwendungen skalierbar. Sie bieten ein vorteilhaftes Preis-/Leistungsverhältnis, besitzen sowohl ein geringes CAPEX (Capital Expenditures = Kapitaleinsatz für langfristige Investitionsgüter) als auch ein geringes OPEX (Operational Expenditure = Betriebskosten). nLIGHT

steht für kundenspezifische und anwendungsoptimierte Entwicklungen, die dem neuesten Stand der Lasertechnologie entsprechen – Hochleistungs-Diodenlaser Systeme (HLDLs) mit entscheidenden Wettbewerbsvorteilen in Bezug auf Brillanz, Effizienz, Ausgangsleistung und Zuverlässigkeit. Industrielle Laseranwendungen stellen heute wesentlich höhere Anforderungen an die Brillanz der verwendeten Laserlichtquelle. Diese ist definiert als abgestrahlte Lichtleistung innerhalb eines Strahl-Parameter-Produkts (BPP). Ein System mit hoher

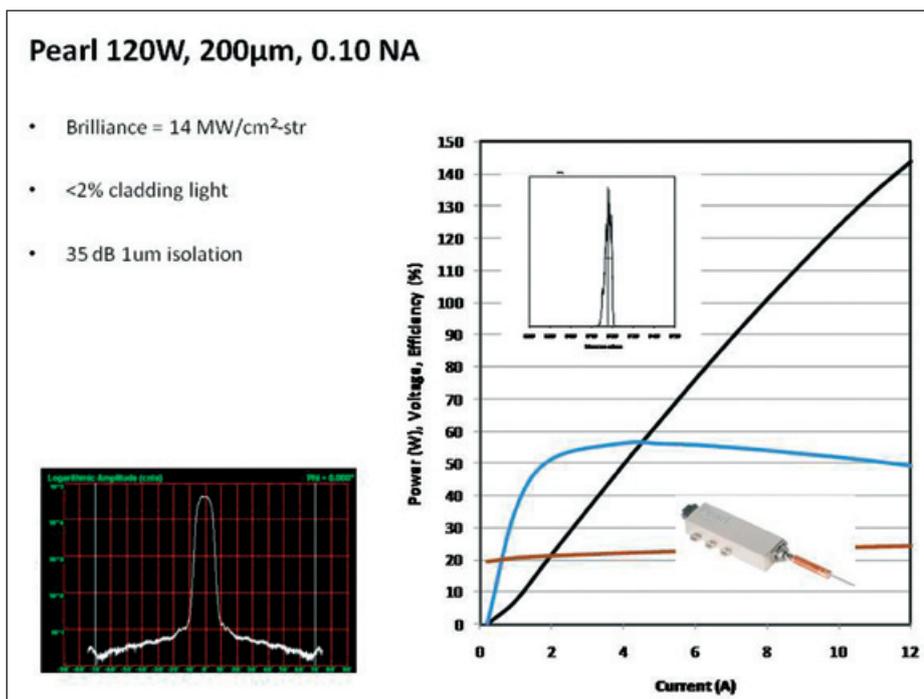
Brillanz korrespondiert mit einem kleinen BPP oder umgekehrt, je größer das BPP desto geringer die Strahlqualität.

Der wesentliche Anwendungsvorteil eines kleinen BPP ist, dass die Laserstrahlung auf einen kleineren Fleck fokussiert werden kann und zusätzlich einen größeren Arbeitsabstand bietet. Die Markteinführung von direkten Hochleistungs-Diodenlasern ermöglichte eine breite Vielfalt von industriellen Anwendungen: dem Markieren, Kunststoffschweißen, Hartlöten, Härten, Auftragsschweißen, Durchschweißen, Blechschneiden, etc.

Zusätzlich zu den in Abb. 2 gezeigten Anwendungen ermöglichen direkte Hochleistungs-Diodenlaser mit hoher Brillanz – und einem weiten Spektralbereich – neue Einsatzgebiete, z. B. in der Wehrtechnik, Medizin, Life-Style, Konsumentenmarkt sowie dem Pumpen neuer Kristalle, Faser- und Disk-Lasern. Der elektrooptische Wirkungsgrad (Lichtleistung dividiert durch die insgesamt aufgenommene elektrische Leistung des Systems) für die dargestellten Wellenlängen ist ebenfalls Bestandteil der Grafik.

## Quantensprung durch Innovation – Die Single-Emitter Architektur

Traditionelle, fasergekoppelte Diodenlaser basierten auf Laserbarren. In diesen Systemen wird die asymmetrische Abstrahlcharakteristik (Leistungsverteilung) der sogenannten »fast«- und »slow«-Achse mittels aufwendiger Strahltransformation korrigiert. Verwendung finden dabei spezielle und teure mikrooptische Linsenanordnungen sowie komplexe Treppenspiegelsysteme. Sie bereiten die »fast«- und »slow«-Achse der individuellen Einzelemittler des Laserbarrens in geeigneter Weise auf, sodass die Einkopplung in eine Glasfaser er-



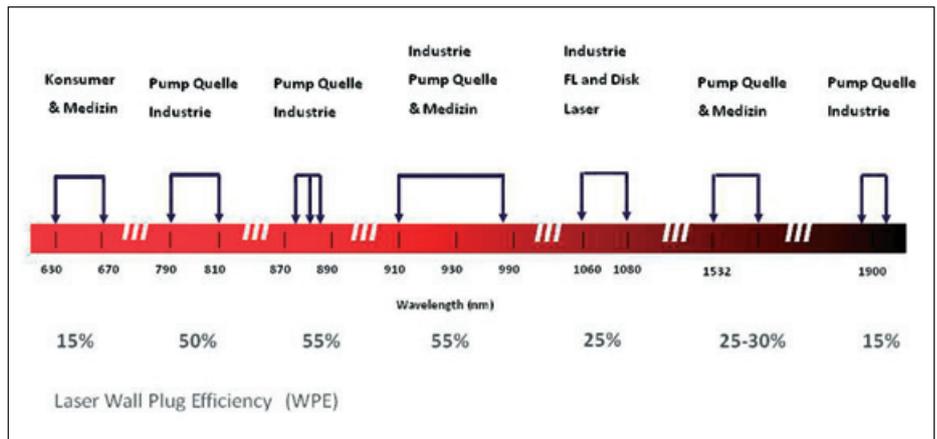
▲ Abb. 1: Labormuster eines Moduls mit einem NA von 0.1 optimiert für das Pumpen von Faserlasern



folgen kann. Nachteilig ist, dass die optische Einkoppelung in den kleinen Faserkern durch die nicht perfekte Strahlaufbereitung und die Verwendung einer hohen Anzahl von optischen Oberflächen mit Verlusten behaftet ist. Dadurch wird die maximal erreichbare Effizienz des Systems beschränkt. Darüber hinaus begrenzt der Durchmesser des Faserkerns in entscheidender Weise die maximale Ausgangsleistung aus der Faser. Die Brillanz eines solchen barrenbasierten Moduls ist weiterhin durch das sogenannte »cross-heating« der Einzelemitter und dem »Bar-Smile« limitiert.

Diese gegenseitige Temperaturbeeinflussung der benachbarten Emittoren erhöht den thermischen Widerstand. Das führt dazu, dass innerhalb der Einzelemitter eines Barrens die Sperrschichttemperatur des Halbleitermaterials erhalten bleibt. Mikrokanalgekühlte Laserbarren hingegen erlauben aufgrund der Wasserkühlung eine geringere Sperrschichttemperatur und damit eine höhere Ausgangsleistung. Nachteilig ist, dass die starke Korrosion der Mikrokanalkühler die Zuverlässigkeit der Barren negativ beeinträchtigt. Obwohl die maximal erreichbare Ausgangsleistung durch die Wasserkühlung erhöht werden kann, wird dabei die lineare Leistungsdichte (Brillanz) eines Einzelemitters reduziert. »Barren-Smile« induziert einen Fast-Axis Strahlrichtungsfehler und damit eine Defokussierung. Die Folge ist eine degressive optische Effizienz. Fazit ist, dass mikrokanalgekühlte Barren hohe Leistungen ermöglichen, aber nur mit Einbußen bei der Brillanz. Die Verwendung von passiv gekühlten Barren (CS-Mounts) in Lasersystemen führt zu einem wesentlich zuverlässigeren Betrieb, allerdings auf Kosten der maximalen Ausgangsleistung. Dafür gibt es keine Korrosionsprobleme bei den Kühlern. Die Systeme haben ebenfalls eine begrenzte Brillanz.

nLIGHT hat einen neuen Ansatz entwickelt, dessen Umsetzung extrem hohe



▲ Abb. 2: Angewendete Laserwellenlängen, in Bezug auf die entsprechenden Marktsegmente

Brillanz bei passiv gekühlten, fasergekoppelten Hochleistungs-Diodenlasern ermöglicht. Verwendung finden Breitstreifen-Single-Emitter, deren Ausgangsleistungen über Freistrahlskombination in einem ebenso eleganten, wie einfachen und kostengünstigen Fertigungsverfahren zusammengeführt werden.

Die daraus resultierenden herausragenden Produkteigenschaften führen zu Alleinstellungsmerkmalen selbst in einem anspruchsvollen industriellen Umfeld. Die Einzigartigkeit des Diodenlasermoduls ist durch eine Reihe von Patenten abgesichert. Diese neuartige Methode ist die Basis für hohe Ausgangsleistung und außergewöhn-

zünd precision optics

## Perfektion im Detail

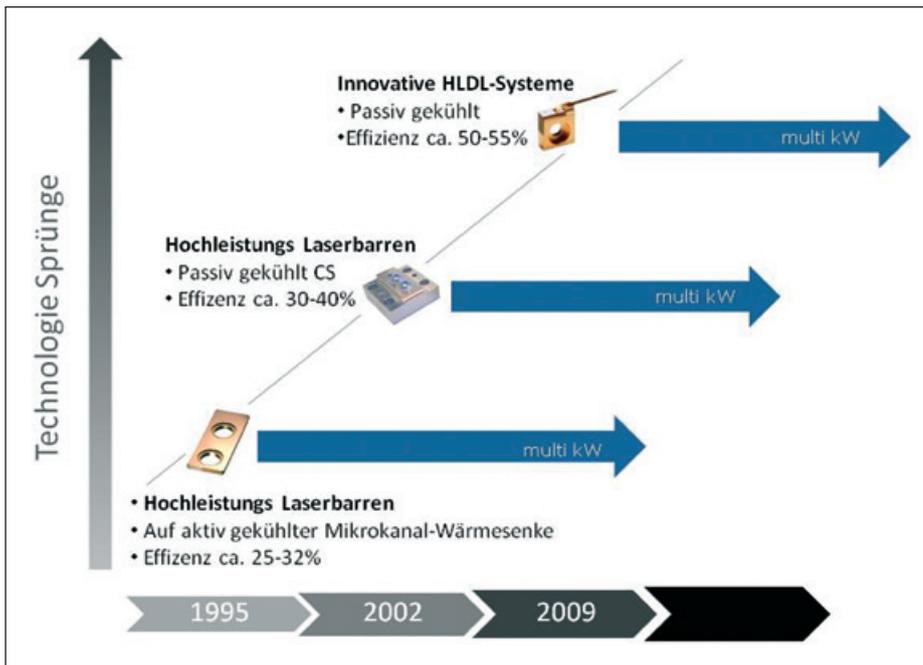
Faser-Optik  
Für die Zukunft gerüstet

Mikroprismen bis 0,2 mm in allen wünschbaren Ablenkungen. Strahlteilerwürfel ab 1 mm. Verlaufsfilter.

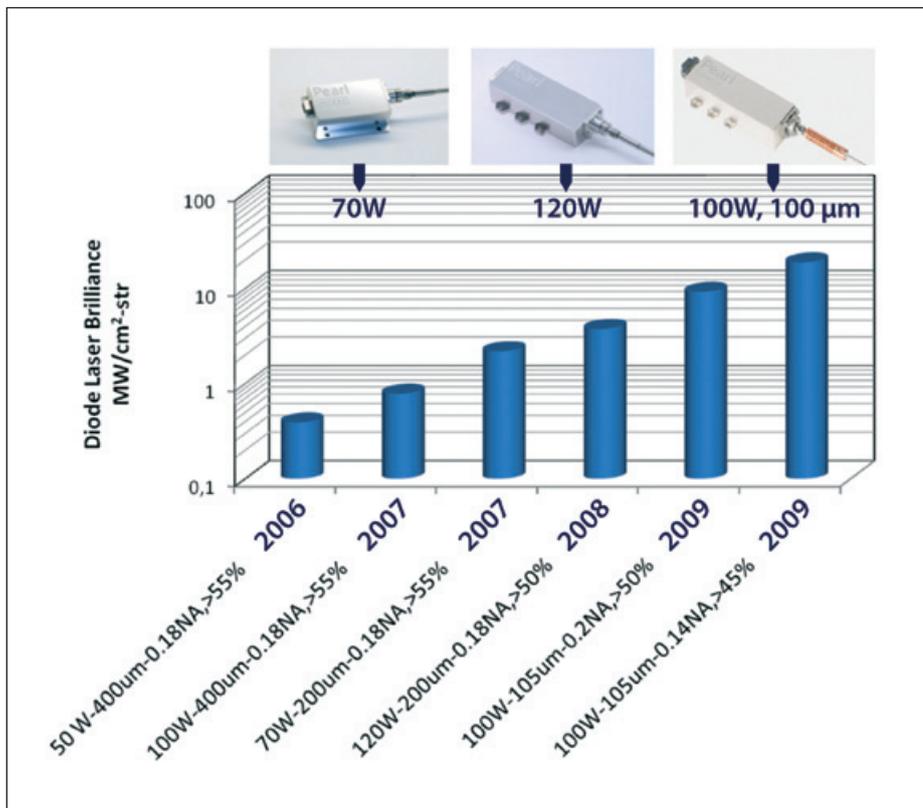
Prismastrasse 5  
CH-9444 Diepoldsau  
Switzerland  
Fon +41 71 737 74 00  
Fax +41 71 737 74 00  
www.zuendoptics.com

ZÜND

precision optics



▲ Abb. 3: Technologische Entwicklung bei Diodenlasersystemen. Der Schritt zu SE-Dioden verbessert Brillanz und Effizienz.



▲ Abb. 4: Steigerung der Brillanz über die Zeit bei SE-Diodenlaser Modulen von nLIGHT

lich hohe Brillanz bei der Verwendung von individuellen Emitttern. Erstmals werden Ausgangsleistungen erreicht, die vergleichbar mit denen von flüssigkeitsgekühlten Barrensyste-

men sind. Jeder SE-Chip wird gebondet, getestet, qualifiziert, klassifiziert und eingebrannt. Dabei wird sichergestellt, dass durch die Einhaltung hoher Qualitätsstandards eine hervorragenden

de Zuverlässigkeit erreicht wird. Diese Einzelemitter sind in der Lage, hohen linearen Leistungsdichten ohne Schaden zu widerstehen und damit die gewünschte Erhöhung der Brillanz bereitzustellen. Die erforderlichen Optiken wurden sorgfältig entwickelt und werden den hohen Ansprüchen in Bezug auf geringste Verluste gerecht. Exzellente, verlustfreie Einkopplung in die Faser, unter Beibehaltung der hohen Single-Emitter Brillanz ist das Ziel. So entsteht ein System mit unvergleichlich hoher elektrischer zu optischer Effizienz und Systembrillanz. Seit Entwicklung dieser Einzelemitter basierenden Module in 2006 (sogenannte PEARLS's) wurde die Brillanz bei Laserdioden exponentiell erhöht. Sie finden als Pumpquellen Verwendung in DPSS-Lasern, bei Disk- und Faserlasern sowie in direkten Diodenlaseranwendungen. Der Wellenlängenbereich erstreckt sich von 639 nm bis 2100 nm, wobei der Bereich unter 9xx nm geringere Anforderungen an die Leistungsfähigkeit dieser Module stellt. Der elektrooptische Wirkungsgrad für alle diese Module liegt in der Größenordnung von 50 %, und repräsentiert Bestwerte in der Laserindustrie. In Bezug auf die Brillanz gipfelt die mit großem Aufwand vorangetriebene Entwicklung in einem Lasermodul bei dem 100 Watt in eine einzelne Faser mit einem Kern von 105 µm eingekoppelt wird. Dieses repräsentiert einen wichtigen Meilenstein in der Geschichte von fasergekoppelten Diodenlasermodulen, mit einer numerischen Apertur (NA) von 0.14.

**Hochleistungs-Single-Emitter basierende Strahlquellen**

Single-Emitter basierende Lasersysteme liefern eine unvergleichlich hohe Brillanz und Zuverlässigkeit. nLIGHT Lasermodule werden derzeit mit 120 W Ausgangsleistung und außergewöhnlich hoher Effizienz kommerziell angeboten und an OEM-Kunden geliefert. Gerade industrielle Anwendungen im sogenannten 24/7 Betrieb (Dauerbetrieb 24 Stunden, 7 Tage pro

