

Von der Evolution zur Revolution

Welche Vorteile haben thermische Leistungsmessgeräte?

Laser werden kontinuierlich verändert und verbessert. Dieser Evolutionsprozess wird unter anderem stark vorangetrieben durch Entwicklungen in den Branchen, wo Laser eingesetzt werden. Ein typisches Beispiel hierfür sind die Innovationen in der Festkörper- und Fasertechnologie. Auch Laserleistungsmessgeräte müssen sich dieser ständigen Weiterentwicklung anpassen.

Die fortwährende Herausforderung für Laserleistungsmessgeräte besteht darin, gleich mit zwei Entwicklungen Schritt zu halten: erstens mit den Neuerungen innerhalb der Lasertechnologie und zweitens mit den Anforderungen ihrer vielseitigen Anwendungen in unterschiedlichen Branchen.

Technologiebestimmter Innovationsschub

Die Lasertechnologie motiviert einen großen Innovationsschub. Dies zeigt sich beispielsweise an der fortlaufenden Entwicklung von Fusionslasern mit Trägheitseinschluss. Diese außerordentlich leistungsstarken Laser konzentrieren enorme Energien auf kleinstem Raum. Sie erzeugen mittlerweile bei einem Strahldurchmesser von etwa vierzig Zentimetern eine Energiedichte von mehreren Kilojoule. Bei derartigen Energiedichten schienen die bisher benutzten Segmentabsorber ihre Grenzen erreicht zu haben. Die Trennung der einzelnen Segmente unterbricht den Wärmefluss, sodass sich die Wärmeenergie staut und der Absorber zerstört wird. Folgerichtig wurden parallel zur Entwicklung der Laser auch die unterdruckfähigen Präzisions-Kalorimeter verbessert. Im Test hat sich nur ein Kalorimeter mit den Maßen 40 x 42 Zentimeter und einem monolithischen Absorber als ausreichend robust erwiesen (Abb. 1).

Anwendungsorientierte Detektorentwicklung

In anderen Fällen beschleunigen die Anforderungen der Anwender den Fortschritt der Messtechnik. Anstatt für jede neue Spezifikation ein neues Produkt zu entwickeln, gilt es, Geräte herzustellen, die sich entsprechend der wachsenden Anforderungen weiterentwickeln lassen. Ein Beispiel hierfür sind tragbare Leistungsmessgeräte, die auf dem Betriebssystem Windows CE basieren. Ändern sich die anwendungsspezifischen Anforderungen, kann die Funktionalität des Monitors durch Download einer neuen Softwareversion von einer Website modifiziert beziehungsweise erweitert werden.



Abbildung 1: Ein Techniker testet vier große Kalorimeter von Gentec-EO in der National Ignition Facility.
(Quelle: Lawrence Livermore National Laboratory)

Auf diese Weise steht dem Anwender über einen langen Zeitraum die jeweils neueste Technologie zur Verfügung, und seine Investition zeigt eine weitaus höhere Rentabilität. Darüber hinaus erfordert ein Standardbetriebssystem gegenüber einem proprietären System weitaus weniger Programmieraufwand und führt somit zu einer Verringerung der Kosten.

Ähnlich verhält es sich mit der Entwicklung speziell konzipierter Software und Hardware, die es dem Kunden ermöglicht, das Monitoring mit Hilfe eines Computers zu realisieren. Diese Lösung eignet sich vor allem, wenn Messungen aus einer gewissen Entfernung überwacht werden sollen – beispielsweise in einer Fabrikanlage, in der Hochleistungslaser zum Schneiden oder Schweißen eingesetzt werden, wobei sich im Nahbereich keine Personen aufhalten dürfen. Ein zusätzlicher Vorteil dieser Methode ist die Möglichkeit, mehrere Detektoren gleichzeitig von einem Standort aus zu überwachen.

Revolutionäre Absorbertechnologie

Eine weitere typische Industrieanwendung, die die Entwicklung der Absorbertechnologie mit Hochdruck vorangetrieben hat, ist die Halbleiterherstellung, bei der diodengepumpte Festkörperlaser unter 100 Watt mit extrem hoher durchschnittlicher Leistungsdichte bei relativ kleinen Strahldurchmessern verwendet werden. Dem können Absorber kaum standhalten. Die maximal zulässigen Leistungsdichten typischer Leistungsdetektoren liegen zwischen 0,2 und 20 kW/cm². Der Detektor mit der höchsten Leistungsfähigkeit wurde speziell für diese Anwendung konzipiert und hat eine Zerstörschwelle von 100 kW/cm². Doch den wachsenden Anforderungen heutiger Hochleistungslaser wird auch dieser Detektor nicht gerecht.

Besonders hohe Zerstörfestigkeit

Höhere Leistung bedeutet höhere Absorbtemperatur. Ein Material, das einer hohen Leistungsdichte bei niedriger Laserleistung widersteht, kann durch Überhitzung zerstört werden. Um diesen Sachverhalt zu berücksichtigen und die Zerstörschwellen der Detektoren für höhere Leistungsbereiche zu erhöhen, hat Gentec-EO neue proprietäre Materialien entwickelt. In den letzten zwei Jahren konnte die Zerstörschwelle bei bestimmten Detektorkopfkatégorien um eine ganze Größenordnung angehoben werden.

Die neue Technologie auf Basis von Thermopile-Scheiben nutzt ein Array von Thermoelementen, das bei höheren Laserleistungen den höheren Temperaturen in kleineren Gehäusen standhält. Diese kleinere Bauform ist beispielsweise für Hersteller von Desktop-Lasersystemen oder medizinischem Equipment für Arztpraxen wichtig, sowie für Personen, die Fertigungsmaschinen mit dicht aufgebauten optischen Systemen warten.

Konzeptionelle Revolution

Zu den technologischen Innovationen zählt auch ein neues, modulares Kühlkonzept. Bisher war es bei Laserleistungsdetektoren üblich, die Kühlung in das Detektorgehäuse zu integrieren. Hierdurch entstehen für den Hersteller bei jedem neuen Modell ein erneuter Konstruktionsaufwand sowie ein zusätzlicher Lagerbestand. Die Folgen wiederum für den Kunden sind höhere Kosten und eine niedrigere Anzahl von Optionen.

Die Entkopplung der Kühlung vom Detektor ist vor diesem Hintergrund eine interessante Alternative. Sie bietet dem Anwender die Möglichkeit, verschiedene Detektor- und Kühlmodule je nach Bedarf zusammenschalten. Vorhandene Detektoren und Kühlmodule lassen sich passend kombinieren, das spart Kosten und bietet mehr Optionen für spezifische Anforderungen.

Die Leistungsgrenze ist durch die höchste Temperatur bestimmt, die das Thermopile erreichen darf, bevor die Thermoelemente schmelzen. Bei verstärkter Kühlung kann derselbe Detektor zur Messung höherer Leistungen eingesetzt werden. Durch Verwendung geeigneter auswechselbarer Kühlmodule lässt sich der Messbereich eines Detektors um eine Zehnerpotenz erweitern.

Ein Detektor, der ohne Zusatzkühlung beispielsweise eine Messgrenze von 40 Watt hat, kann mit einem Kühlkörper bis 100 Watt, mit einem Lüfter bis 300 Watt und mit einer Wasserkühlung bis 400 Watt betrieben werden. Die einzelnen Module sind einfach auszutauschen (Abb. 2).

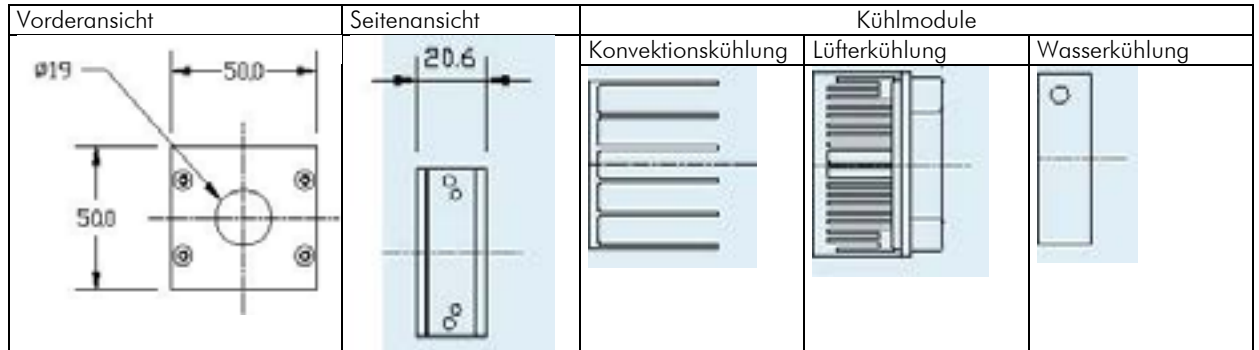


Abbildung 2: Formen der Kühlmodule von Gentec-EO: Ein Detektor, der ohne Zusatzkühlung beispielsweise eine Messgrenze von 40 Watt hat, kann mit einer Konvektionskühlung bis 100 Watt, mit einer Lüfterkühlung bis 300 Watt und mit einer Wasserkühlung bis 400 Watt betrieben werden.

Ohne montiertes Kühlmodul eignet sich der Detektor gut für den Einsatz in dicht aufgebauten optischen Systemen, in denen nur begrenzt Platz vorhanden ist. Mit Kühlmodul erfordern Detektoren hingegen etwas mehr Raum, doch lässt sich hierdurch ihre Leistungsgrenze erhöhen.

Der Vorteil des modularen Kühlkonzepts wird durch autonome OEM-Anwendungen anschaulich bestätigt. Hierbei wird häufig ein geschlossener Kühlmittelkreislauf verwendet, in dem das Kühlmittel wie in einem Verbrennungsmotor konstant zirkuliert. Das bedeutet, dass jede Komponente, einschließlich des Lasers und des Detektors, mit demselben Kühlmittel in Kontakt kommt, welches keinesfalls kontaminiert werden darf. Dies stellt bei neueren Diodenlasersystemen ein Problem dar. Früher wurde die Wärme über eine Rohr- oder Lamellenkonstruktion an das Kühlmittel abgegeben. Um höhere Leistungen zu erzielen, fließt das Kühlmittel bei den heutigen Bauformen direkt durch die Dioden-Stacks. Aufgrund der ausgezeichneten Wärmeleiteigenschaften bestehen die meisten Leistungsmessgeräte aus Aluminium. Das Aluminium gibt jedoch Ionen in das Kühlmittel ab, die die Laserdioden beschädigen. Ein Hersteller medizinischer Geräte hat z. B. das kostengünstige Modulkonzept übernommen und setzt als Kühlmittel gereinigtes deionisiertes Wasser ein. Anstatt nun einen Detektor komplett neu zu entwickeln, musste lediglich noch ein Kühlmodul aus rostfreiem Stahl bereitgestellt werden.

Laserleistungsmessgeräte

Temperaturmessgeräte

Ein Absorber und ein Thermopile bilden den Kern des Temperaturmessgerätes. Der Absorber erwärmt sich, sobald er dem Laserstrahl ausgesetzt wird. Das Thermopile besteht aus einem Array von Thermoelementen, die die Wärme in eine elektrische Spannung umwandeln. Auf der Rückseite befindet sich ein Kühlkörper, der die Wärme vom Detektor abführt.

Halbleitermessgeräte

Halbleitermessgeräte arbeiten ohne den Zwischenschritt der Wärmeumwandlung. Sie erzeugen direkt einen elektrischen Strom, proportional zu den einfallenden Photonen. Dadurch reagieren sie bedeutend schneller und sind auch wesentlich kleiner. Diese Geräte arbeiten mit sehr viel schmäleren Bandbreiten, wobei ihre Empfindlichkeit in diesen Bereichen extrem stark variiert. Die obere Leistungsgrenze liegt zudem wesentlich niedriger und es werden üblicherweise Leistungen zwischen einem Watt bis hinunter in den Nanowatt-Bereich gemessen.

Drei Schlüsselkriterien dienen der Auswahl von Laserleistungs- oder Energiemessgeräten:

1. Wie viel Leistung kann der Detektor durchschnittlich aufnehmen, bevor er sich überhitzt?
Die Leistung wird generell in Watt angegeben.
2. Wie konzentriert darf die Laserenergie bezüglich Raum und Zeit sein, um den Absorber nicht zu zerstören?
Diese Kriterien werden normalerweise als Leistungsdichte in Watt/cm² und als Energiedichte in Joule/cm² angegeben.
3. Wie genau kann die tatsächliche Leistung oder Energie des Laserstrahls gemessen werden, abhängig von der Laserleistung und Intensität?

Mehrere Parameter beeinflussen die Genauigkeit. Dazu gehören die Wellenlänge des Lasers, die Temperatur beziehungsweise Leistung sowie die Größe, Form und Position des Strahls. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl sekundärer Kriterien wie die Reaktionszeit des Messgeräts und die Empfindlichkeit gegenüber kleinen Signalen. Dies sind die Hauptthemen, denen sich Hersteller von Leistungsmessgeräten heute zuwenden, um mit der schnellen Entwicklung der Lasertechnologie Schritt zu halten.

Die Autoren

Jochen Maier



Jochen Maier studierte an der Fachhochschule Aalen Optoelektronik. Seit 2001 ist er Produktionsingenieur bei Laser Components und beschäftigt sich mit dem Vertrieb von Lasermodulen und Messtechnik für die Lasertechnik und Optoelektronik.

Jochen Maier
LASER COMPONENTS GmbH
82140 Olching, Deutschland
E-Mail: info@lasercomponents.com

Alan Chachich

Alan Chachich leitet das Produktmanagement bei Gentec Electro-Optics, Inc.

Alan Chachich
Gentec Electro-Optics
Quebec, Quebec QC, G2E 5N7, Kanada
E-Mail: info@gentec-eo.com

Die Firma

LASER COMPONENTS GmbH, Olching

Gegründet 1982, hat sich das Familienunternehmen LASER COMPONENTS auf die Entwicklung, Herstellung und den Vertrieb hochwertiger Komponenten und Dienstleistungen für die Lasertechnik und Optoelektronik spezialisiert. Etwa die Hälfte der umfangreichen Angebotspalette stammt aus Eigenproduktion. Der Hauptsitz der Firmengruppe ist in Olching bei München, Verkaufsniederlassungen befinden sich in fünf Ländern sowie sechs Produktionsstandorte in drei Ländern. Zudem haben langjährige Partnerschaften mit Firmen auf allen Kontinenten LASER COMPONENTS zu einem weltweit engagierten Unternehmen gemacht.

Weitere Infos unter www.lasercomponents.com.

Veröffentlichung im Laser Technik Journal vom September 2006