

Industrielle thermoelektrische Dünnschicht-Sensoren (Coherent PowerMax Pro Serie) sind verfügbar mit Breitband-Coating für Anwendungen von 300 nm - 11 μm und Coating für Hochleistungsanwendung ($\leq 14 \text{ kW}/\text{cm}^2$), geeignet für $\lambda=355 \text{ nm} - 1100 \text{ nm}$ und 9 $\mu\text{m} - 11 \mu\text{m}$.



Laserleistung präzise messen

Laserleistungsmessung mit neuer Technologie für deutlich bessere Resultate und hohe Messgeschwindigkeit

Eine präzise Messung der Laserleistung ist in nahezu allen Anwendungen in der Materialbearbeitung, in der Wissenschaft und biomedizinischen Instrumenten bis zu Entertainment und Displaytechnik eine universelle Forderung. Bei der Nutzung von Lasern in der Fertigung können Leistungsmessungen jedoch mit Unterbrechung oder Verzögerung des Produktionsvorganges einhergehen. Das erfordert oft einen Kompromiss zwischen den Kosten der Produktionsverzögerung und den Vorteilen der verbesserten Leistungsmessung. Daher entsteht ein Bedarf nach Laserleistungsmessern, welche kurze Ansprechzeiten mit hoher Genauigkeit erreichen. In vielen Fällen der Messung bei industriellen und medizinischen Lasern ist zusätzlich noch eine hohe Zerstörschwelle und gute Infrarot-Empfindlichkeit des Detektors gefordert. Dieser Artikel beschreibt eine neue Detektortechnologie, die diese Eigenschaften vereint.

Begrenzung „klassischer“ Leistungsmessköpfe

Zwei Technologien, die seit Jahrzehnten in der Laserleistungsmessung eingesetzt werden, sind Thermosäulen (Thermopiles) und Halbleiter-Fotodioden. Leider zeigen beide Technologien nachteilige Eigenschaften, besonders bei schnellen Messungen von Hochleistungslasern.

In einer Thermopile gelangt das einfallende Licht auf eine Scheibe, die dadurch erhitzt wird. Diese Wärme fließt über die Scheibe auf eine umgebende Wärmesenke. Thermoelemente messen die Temperaturdifferenz zwischen dem Absorber und der Wärmesenke und eine kalibrierte Elektronik ermittelt aus diesem elektrischen Signal eine Laserleistung.

Die Vorteile einer Thermopile sind eine sehr breite spektrale Empfindlichkeit, die Akzeptanz eines großen Leistungsbereiches, eine hohe Zerstörschwelle und eine Unempfindlichkeit gegen Strahlform, Strahlgröße und Position. Die Grenzen dieser Technologie liegen durch den Wärmefluss in der Ansprechzeit des Detektors. Die Mess-Zeit kann daher mehrere Sekunden dauern.

Eine Fotodiode ist ein Halbleiterbauelement. Laserlicht wird absorbiert und erzeugt Ladungsträger (Elektron-Loch-Paare), die elektronisch detektiert werden. Fotodioden können sehr schwache Lichtsignale verarbeiten, aber sie zeigen einen Sättigungseffekt oberhalb ca. $1 \text{ mW}/\text{cm}^2$, weshalb abschwächende Filter für größere Laserleistungen erforderlich sind. Für den sichtbaren, nahen oder fernen IR-Bereich sind verschiedene Halbleitermaterialien verfügbar. Ein weiterer Vorteil ist die sehr schnelle Ansprechzeit von Fotodioden.

Der Nachteil von Fotodioden liegt in ihrer kleinen aktiven Sensorfläche, dem begrenzten Spektralbereich und geringerer räumlicher Homogenität gegenüber thermischen Sensoren. Letzteres kann die Wiederhol-



Die thermoelektrische Dünnschicht-Technologie kombiniert die breite spektrale Empfindlichkeit, den großen dynamischen Bereich und die hohe Zerstörungsschwelle einer Thermopile mit der kurzen Ansprechzeit einer Halbleiter-Fotodiode.«

genauigkeit bei inhomogenen Laserstrahlen oder bei Strahlverlagerung auf der Sensor-Oberfläche negativ beeinflussen.

Dünnschichttechnik in der Thermoelektrik

Zur Verbesserung dieser Situation hat Coherent eine vollständig neue Sensorarchitektur entwickelt, die thermoelektrische Dünnschicht-Technologie. Sie kombiniert die breite spektrale Empfindlichkeit, den großen dynamischen Bereich und die hohe Zerstörungsschwelle einer Thermopile mit der kurzen Ansprechzeit einer Halbleiter-Fotodiode.

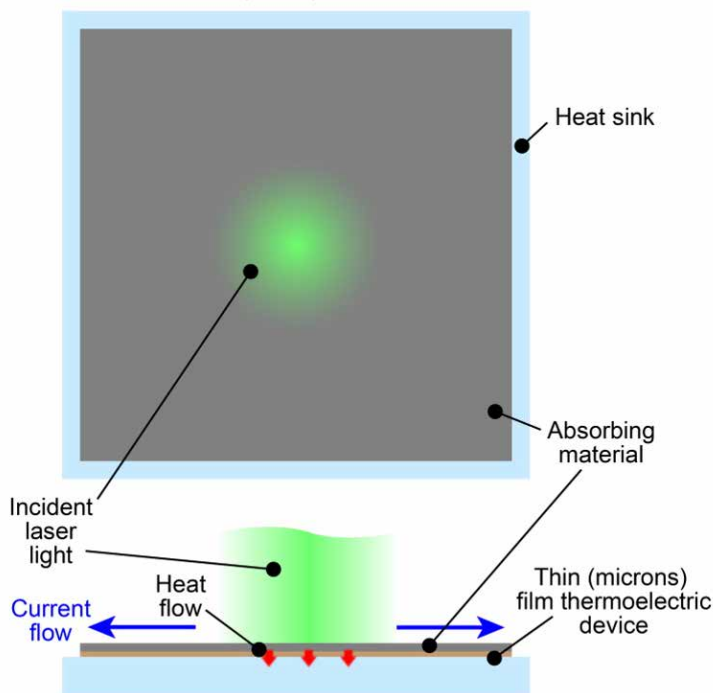
Der thermoelektrische Dünnschicht-Sensor absorbiert – wie die Thermopile – Laserlicht und wandelt die Strahlungsleistung in Wärme um. Das Material, welches die Thermoelektrizität generiert, besteht jedoch aus mehreren dünnen Schichten im μm -Bereich im Gegensatz zu einer Scheibe in der Stärke im mm-Bereich. Dadurch entsteht ein schneller axialer Wärmefluss durch diese dünnen Schichten zur darunter liegenden Wärmesenke. Das elektrische Signal wird durch Elektroden an den Kanten abgenommen.

Diese Architektur verringert die Zeitkonstante des Detektors in den Mikrosekundenbereich (10-6 s) und ermöglicht damit sehr schnelle Messungen ohne Signal-Überschwingung. Der Coherent PowerMax Pro Sensor erzielt mit dieser Technologie hohe Messgeschwindigkeiten, während die Vorteile der klassischen Thermopile erhalten bleiben. Das sind insbesondere eine große aktive Sensorfläche (30 x 30 mm), ein hoher Dynamikbereich (50 mW - 150 W), hohe Zerstörungsschwelle (14 kW/cm²) und ein breiter Wellenlängenbereich (300 nm - 11 μm).

Die Reaktionsgeschwindigkeit von thermoelektrischen Dünnschicht-Sensoren ermöglicht sogar über die Messung der mitt-

Thin film thermoelectric sensor with parallel heat flow

$\leq 50 \mu\text{s}$ response time



Schematischer Aufbau eines thermoelektrischen Dünnschicht-Sensors. Der kurze Weg der Wärme zur Wärmesenke ermöglicht hohe Messgeschwindigkeiten.

leren Leistung hinaus eine Darstellung des zeitlichen Pulsverlaufes und Messung der Spitzenleistung von modulierten Lasern mit Pulslängen von $\geq 10 \mu\text{s}$. Das ist etwa 106 x schneller als herkömmliche Thermopile-Detektoren! Diese Messwerte kann man zur Prozessoptimierung verwenden und die Pulse können auch zur Kalkulation der individuellen Pulsenergie in einem aktiven Feedback-System integriert werden.

Anwendungen für ultraschnelle Leistungsmessung

Zwei Anwendungen demonstrieren die Stärken dieser neuen Messtechnologie:

1. *Laserbohren von Einspritzdüsen für Motoren* – ultrakurze Laserpulse bohren heute hochpräzise Löcher in Kraftstoff-Einspritzdüsen in der Fahrzeugindustrie. Typischerweise werden mehrere Löcher pro Sekunde gebohrt, wobei die Laserleistung für die erforderliche Präzision genau kontrolliert werden muss.

Der Austausch eines Thermopile-Detektors gegen einen PowerMax Pro Sensor hat dabei die Messzeit um einen Faktor 10 reduziert. Die dadurch erreichte Messfrequenzsteigerung hat einen gleichmäßigeren Produktionsprozess ermöglicht, Ausschuss reduziert und die Produktionsgeschwindigkeit erhöht.

2. *Härten von Dentalpolymeren* – keramische Dental-Füllungen werden mit UV-härten-

den Zementen ausgeführt. Eine optimale Aushärtung wird durch die richtig dosierte UV-Strahlungsleistung erreicht.

Die LED-UV Lichtquelle für diese Anwendung muss hinsichtlich der Leistungsabgabe genau charakterisiert sein. Thermopile-Detektoren sind dazu nicht schnell genug und Fotodioden können die hohe Leistung nicht direkt messen. Der PowerMax Pro kann beide Probleme lösen.

Zusammenfassung

Mit wachsender Präzision und größerem Durchsatz von Laser-basierten Fertigungsprozessen wächst auch die Anforderung an schnellere und genauere Messsysteme. Die neue thermoelektrische Dünnschicht-Technologie erfüllt diese Anforderungen durch die schnelle Leistungsmessung von Hochleistungs-Strahlquellen im Bereich von UV bis Infrarot. Anlagen- und Instrumentenhersteller, die diese Technologie einsetzen, erzielen einen höheren Durchsatz, eine bessere Prozesskontrolle und reduzierte Kosten. ■

KONTAKT

Coherent, Dieburg
www.coherent.de

Techn. Experten:
sales.germany@coherent.com
Tel: +49 6071 968 0

Presse EU: Dipl. Petra Wallenta
petra.wallenta@coherent.com