

## Finalist des Innovation Award Laser Technology 2014

### Messung der Einschweißtiefe und der Topographie in der Laser-Materialbearbeitung mit Hilfe der Kurzkohärenz-Interferometrie



Photo 1 – Bildquelle: Precitec Optronik GmbH, Neu-Isenburg

#### **Dr. Markus Kogel-Hollacher**

Leiter der Abteilung FuE Projekte  
Precitec Optronik GmbH  
Neu-Isenburg, Deutschland

#### **Mitglieder des Projektteams**

Dr. Markus Kogel-Hollacher, Precitec Optronik GmbH, Neu-Isenburg, D (Teamsprecher)  
Dr. Stephan Bichmann, Scheidt & Bachmann GmbH, Mönchengladbach, D  
Dipl.-Phys. Niels König, Fraunhofer IPT, Aachen, D  
M.Sc. Guilherme Mallmann, Fraunhofer IPT, Aachen, D  
Dipl.-Ing. Thibault Bautze, Precitec GmbH & Co. KG, Gaggenau, D  
Dipl.-Ing. (FH) Christian Fraas, Precitec Vision GmbH & Co. KG, Neftenbach, CH

#### **Anwendungsfelder**

Fast alle Industriebranchen, die Laser für die Materialbearbeitung nutzen, profitieren von dieser neuen Sensortechnologie. Die Anwendungsfelder reichen vom Tiefschweißen über abtragende bis hin zu generierenden Verfahren. Typische Beispiele sind die Online-Messung der Einschweißtiefe beim Tiefschweißen im Karosseriebau oder die Online-Topographie-Bestimmung der strukturierten Werkzeugoberflächen beim Abtragprozess mit Kurzpulslasern im Werkzeugbau.

#### **Technologische Auswirkungen**

- Neue Online-Sensortechnologie auf Basis der Kurzkohärenz-Interferometrie
- Gesteigerte Qualitätssicherung durch Online-Messung der Keyholetiefe oder einer lasergenerierten Oberfläche in der Produktion
- Kürzere Entwicklungszeiten
- Reduzierte Herstellungskosten der Produkte

## Zusammenfassung

Bei der Qualitätssicherung in der Lasermaterialbearbeitung gibt es noch ungelöste Aufgaben wie die kontinuierliche Messung der Einschweißtiefe beim Laserschweißen. Bisher basieren alle Ansätze auf der Messung der elektromagnetischen Strahlung aus der Dampfkapillare oder benachbarten Gebieten mit Kameras oder Photodioden als Detektoren. Auch wenn der Durchmesser der Dampfkapillare oder die Größe des Schmelzbads schon gemessen wurden, so wird die Tiefe der Dampfkapillare bislang nur auf der Basis aufgenommener Daten, der physikalischen Zusammenhänge und der Berechnungen abgeschätzt.

Ein ähnliches Problem ist die Echtzeit-Messung von Oberflächenstrukturen bei der Laserablation. Die Erzeugung solcher Oberflächen ist eine komplexe Aufgabe, da die Abtragraten stark von der jeweiligen Maschine, dem Werkstück und den Umgebungsbedingungen abhängen, die wiederum die Prozessstabilität und die Produktqualität beeinflussen. Dementsprechend gibt es einen großen Bedarf für ein Sensorsystem, das in Echtzeit und koaxial mit dem Bearbeitungsstrahl die Topographie der strukturierten Oberfläche messen kann.

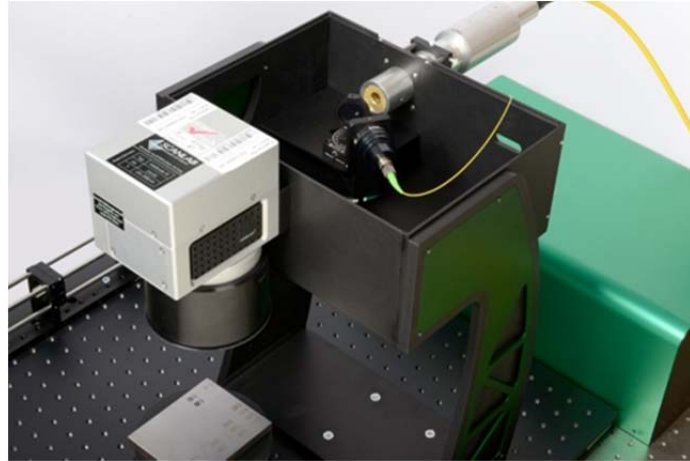
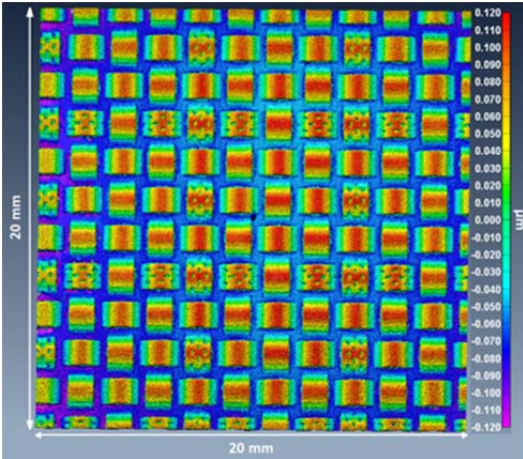
Die Innovation besteht in der Entwicklung einer Echtzeit-Sensortechnologie auf der Basis der Kurzkohärenz-Interferometrie, die die Tiefe der Dampfkapillare beim Laserschweißen, den Materialabtrag beim Laserstrukturieren oder den Materialauftrag bei der generativen Fertigung exakt messen kann. Licht mit kleiner Kohärenzlänge wird in der Interferometrie genutzt, um die Entfernung streuender Materialien wie der menschlichen Haut zu messen.

In 2006 begann die Precitec Optronik GmbH mit ersten Versuchen mittels Kurzkohärenz-Interferometrie zur Ermittlung potentieller Technologien zur Abstandsmessung beim Remote-Laserschweißen. Die Versuche zeigten, dass die Messungen nicht durch Prozessemissionen, also durch elektromagnetische Strahlung aus der Wechselwirkungszone, beeinflusst werden. Die Justierung des Messpunktes in der Dampfkapillare ermöglicht eine Messung der Tiefe mit Mikrometer-Auflösung, was bei hochpräzisen Laserschweißprozessen erforderlich ist. Die Abtastfrequenz von 70 kHz sorgt dafür, dass bei den üblichen Vorschubgeschwindigkeiten in der Industrie genügend Messpunkte geliefert werden.

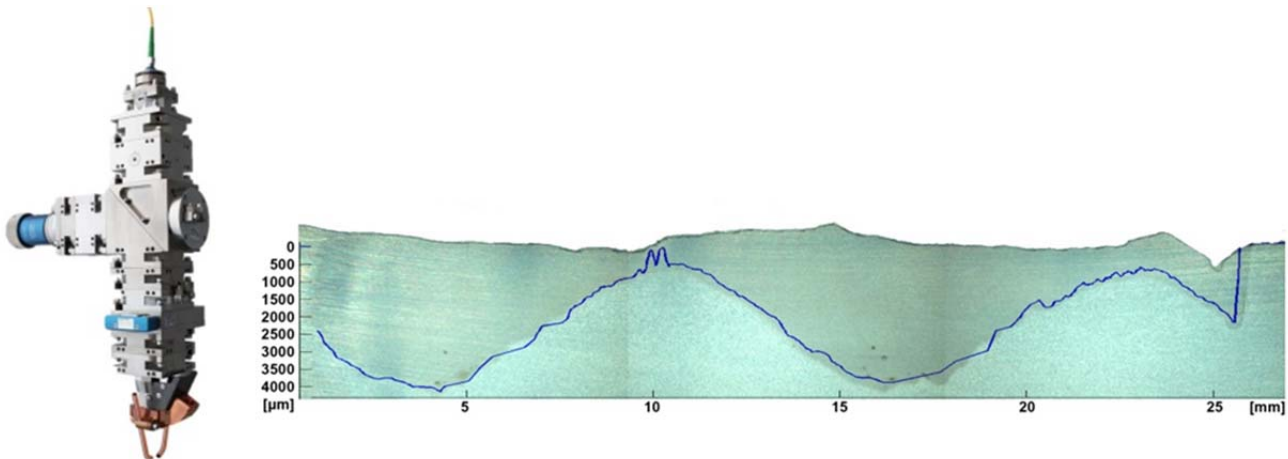
2009 starteten die Precitec Optronik GmbH und das Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie IPT ein vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF gefördertes Verbundprojekt, um diese Technologie für die hochpräzise Topographie-Messung bei Laserstrukturierungsprozessen weiterzuentwickeln.

Basierend auf dem erarbeiteten Know-How wurde nach einigen evolutionären Schritten die Kurzkohärenz-Interferometrie an die Laseranwendungen angepasst. Im September 2013 stellte das Projektteam ein kommerzielles System mit der Bezeichnung In-Process Depth Meter IDM der Öffentlichkeit vor. Die bisher gesammelten Erfahrungen zeigen, dass sich mit diesem System präzise Tiefenwerte oder Oberflächenstrukturen strahlkoaxial erfassen lassen.

## Bilder



Photos 2: Topographiemessung einer laserstrukturierten Werkzeugstahl­oberfläche (2a, links), Prototyp eines Laser-Mikrobearbeitungssystems mit integriertem Messgerät (2b, rechts) (Bildquellen: Fraunhofer IPT, Aachen)



Photos 3: In-Process Depth Meter IDM integriert in einen Laser-Schweißkopf (3a, links) und Ergebnisse der IDM Einschweiß­tiefenmessung (blaue Signalkurve) im Vergleich zu einem Längsschliff (3b, rechts). Nahezu unabhängig von der Laserleistung folgt das gemessene Signal exakt dem Wert für die Kapillarentiefe (St37 – Baustahl). (Bildquellen: Precitec GmbH & Co. KG, Gaggenau)