



## Temperaturregelung zum Laserlöten von Solarzellen

### Aufgabenstellung

Der Hochleistungslaser hat sich in der Industrie als optimales Werkzeug bei schnellen Wärmebehandlungs- und Fügeprozessen vielfach bewährt. In der Regel ist es erforderlich, eine bestimmte Bearbeitungstemperatur möglichst exakt einzuhalten, um die geforderte hohe Qualität der Bauteile reproduzierbar einstellen zu können. Problematisch erweist sich dabei, wenn die Absorption der Laserstrahlung aufgrund von unregelmäßigen Bauteiloberflächen schwankt oder bei komplexen Bauteilgeometrien unterschiedliche Wärmeableitung zu Temperaturschwankungen führt. Insbesondere beim Laserlöten ist der Bereich zwischen Schmelztemperatur des Lotes und dem Beginn der Überhitzung sehr eng begrenzt. Die Aufgabe war es deshalb, ein Temperaturmess- und Regelsystem zu entwickeln, das für die beim Weichlöten eingesetzten relativ niedrigen Löttemperaturen einsetzbar ist und gleichzeitig extrem schnelle Reaktionszeiten aufweist.

### Lösungsweg

Es wurden die 3 Hauptkomponenten Laser, Pyrometer und Regler speziell ausgewählt und teilweise weiterentwickelt, um extrem kurze Ansprechzeiten im gesamten Regelkreis technisch umsetzen zu können. Sie gewährleisteten während der lokalen Wechselwirkung des Laserstrahls mit dem Bauteil auch bei hohen Vorschubgeschwindigkeiten eine optimale Ortsauflösung bei der Temperaturmessung und die entsprechend schnelle Reaktion auf Prozessstörungen im geschlossenen Regelkreis. Die Regelung basiert auf einem bewährten System des Fraunhofer IWS, welches um die erforderlichen Module zur Hochgeschwindigkeitsregelung und flexiblen Kennlinienerstellung sowie neue Schnittstellen für den Anschluss an die Bearbeitungsanlage

des Kunden erweitert wurden. Pyrometer und Regler sind in einem kompakten 19"-Industriegehäuse in den Maschinenkörper integriert. Der Anschluss der Pyrometeroptik erfolgt mittels Lichtleitfaser, das Temperatursignal kann damit störungsfrei über große Entfernungen übertragen werden. Die Pyrometeroptik lässt sich direkt am Laserbearbeitungskopf anschließen, spezielle Filtertechniken sind bereits integriert. Grundsätzlich können vergleichsweise geringe Bearbeitungstemperaturen selbst bei sehr hohen Messraten erfasst werden. Je nach Einsatzzweck lassen sich die Messbereiche auch zu wesentlich höheren Temperaturen hin erweitern (z. B. 1100–1450 °C zum Laserstrahlhärten).

### Anwendungsbeispiele

In enger Zusammenarbeit mit der Firma teamtechnik Maschinen und Anlagen GmbH in Freiberg a. N. wurde das System für den Einsatz zum Laserlöten von Solarzellen qualifiziert und wird seit 2008 in der industriellen Massenproduktion eingesetzt. Eine Besonderheit der Laserlötanlagen von teamtechnik ist dabei, dass sowohl Standard- als auch Rückseitenkontakt-Solarzellen gelötet werden können und sehr kurze Taktzeiten von 3 bzw. 4 Sekunden je Zelle erreicht werden. Die Anlagen wurden modular konzipiert, so dass verschiedene Lötprozesse und weitere Module zur Solarzellen-Behandlung integriert werden können. Das ist von besonderer Bedeutung, da die dynamischen Entwicklungen in der Photovoltaik, beispielsweise durch neue Halbleitermaterialien oder neue Schichtaufbauten, auf Seiten der Anlagentechnik eine schnelle Reaktionsmöglichkeit erfordern. Neben dem Laserlöten (Punkt- bzw. Vorschublöten) wird auch ein erhebliches Potenzial für den Einsatz des entwickelten Mess- und Regelsystems zum Kunststoffschweißen sowie zur Hochgeschwindigkeits-Laserwärmebehandlung von metallischen Werkstoffen (Härten, Weichglühen) gesehen.

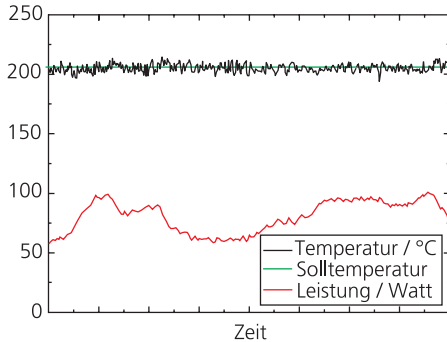


Abb. 1: Auszug aus Temperatur- und Laserleistungs-Zeit-Verlauf beim geregelten Laserlöten



Abb. 2: Entwickeltes Mess- und Regelsystem (19"-Einschub mit Pyrometeroptik an Lichtleitfaser)



Abb. 3: Laserlötanlage der Firma teamtechnik Maschinen und Anlagen GmbH in Freiberg a.N.



Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Marko Seifert  
Tel.: 0351 / 2583 204

marko.seifert@iws.fraunhofer.de