

S. Klötzer, A. Streek, L. Hartwig, R. Ebert, H. Exner

Schnelle und ultraschnelle Ansteuerung von Laser und Scanner für die Hochrate-Laserbearbeitung

Im Rahmen der vom BMBF geförderten Innoprofile-Initiative wurden von der Nachwuchsforschergruppe „Rapid Microtooling mit laserbasierten Verfahren“ am Laserinstitut der Hochschule Mittweida grundlegende Untersuchungen zur neuartigen Hochrate - Laserbearbeitung durchgeführt. Dabei mussten ein schnell drehender Polygonspiegelscanner oder ein Resonanzscanner mit einem schnell geschalteten Laserstrahl synchronisiert werden.

Motivation

Zur zeitlich exakt synchronisierten Ansteuerung von Festfrequenzscannern und Laserstrahlen sind spezielle elektronische Schaltungen und Komponenten notwendig, da dies herkömmliche Scanner- oder CNC-Steuerungen nicht leisten können. Neben dem Abgleich der Phasebeziehung der Polygonfacetten zueinander ist auch eine sehr hohe Ansteuer- bzw. Schaltfrequenz des Lasers notwendig. Wenn sich z.B. ein Laserstrahl mit einem Fokusedurchmesser von 20 μm mit einer Geschwindigkeit von 24.000 m/min über die Probenoberfläche bewegt, beträgt die mittlere Einwirkzeit auf der Probenoberfläche ca. 50 ns. Um ein gleichmäßiges Punktraster mit einem Abstand von 40 μm zu erzeugen, wird somit schon eine Schaltfrequenz des Lasers von 10 MHz benötigt. Entscheidend für die Genauigkeit des Laserbearbeitungsprozesses ist jedoch zusätzlich die Flankensteilheit der Lasermodulation. Soll die Präzision für das Ein- und Ausschalten der Pixel im für die Mikrobearbeitung relevanten Bereich von besser 5 μm liegen, wird eine Flankensteilheit benötigt, welche nur mit Modulationsfrequenzen von über 100 MHz erreicht werden kann.

Neuartige Lösung

In der Forschungsgruppe wurde aufgrund der erhöhten Anforderungen an die elektronische Ansteuerung eine eigene geschützte Lösung erarbeitet. Mit ihr ist ein Pixeltakt von über 200 MHz erreichbar. Die minimale Ein/Aus-Schaltzeit für ein Pixel ist kleiner als 10 ns, wobei die mittlere Zeit auch eine beliebige gebrochene Zahl sein kann, z.B. 11,5678 ns. Durch die spezielle Pixelverarbeitung wird der Längenfehler bei der Strukturierung unabhängig von der Drehzahl des Polygonspiegelscanners immer auf einen Systemtakt begrenzt. Pro Spiegelsegment und Zeile können bis zu 32k Pixel angesteuert werden. Die Anzahl der Zeilen und Bitmaps ist nur durch den mehrere Megabyte großen Zwischenspeicher begrenzt. Daten können dynamisch nachgeladen werden. Die Drehzahlsteuerung für den Polygonspiegelscanner erfolgt mit einer Auflösung von unter 1 Hz. Der für die Zeilenablenkung notwendige Galvanometerscanner kann direkt analog oder digital angesteuert werden. Mit einer unabhängig vom Pixeltakt (200 MHz) zusätzlichen schnellen analogen Schnittstellen kann die Strahlleistung am Laser und/oder über AOM/EOM in

weniger als 1 μs variiert werden, um z.B. innerhalb weniger Pixel Korrekturen zu ermöglichen.

Durch die schnelle Ansteuerung aller Komponenten wird es möglich, verschiedene Korrekturen während der Bearbeitung zu berechnen und auszuführen:

- optische Fehler in x-Richtung durch Anpassung der Pixellänge innerhalb der Zeile
- optische Fehler in y-Richtung durch Verfahren des Galvanometerscanners während der Abarbeitung einer Zeile
- Leistungsanpassung innerhalb der Zeile für konstante Streckenenergie.

Erste Ergebnisse

Zur grundsätzlichen Erprobung der Laserstrahlsteuerung und Synchronisierung wurde eine erste Steuerplatine entwickelt und aufgebaut. Mit ihr gelang die schnelle Steuerung eines cw - Hochleistungslaserstrahles bei Strahlablenkung mittels Polygonspiegelscanner (Ablengeschwindigkeit 4.500 m/min) zur Erzeugung von Mikrostrukturen bei (Abb. 1 und 2).



Abb.1: Schriftzug auf Silizium, P = 200 W, Linienabstand 25 μm

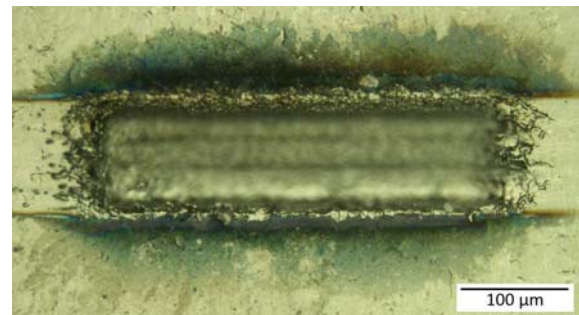


Abb.2: Mikroabtrag in Wolfram, P = 300 W, Linienabstand 10 μm , 20 Überfahrten

Ausblick

Die neuartige Ansteuerkarte mit weit erhöhter Signalgeschwindigkeit und damit Taktrate wurde ebenfalls bereits aufgebaut. Die Erprobung steht demnächst an. Unser besonderer Dank gilt dem BMBF für die Förderung der Innoprofile - Nachwuchsforschergruppe (03IP506) und allen kooperierenden Firmen für die sehr gute Zusammenarbeit.

Kontakt

R. Ebert

Laserinstitut der Hochschule Mittweida

Technikumplatz 17

09648 Mittweida, Deutschland

Tel.: 03727 581401 / E-Mail: ebert@htwm.de