

# Automatisierte Inspektion von Solarzellen

Fachgebiet: Maschinentechnik

Betreuer: Prof. Dr. Valerio Romano, Dr. Andreas Burn

Experte: Dr. Thilo Hunger

Dünnschicht-Solarzellen werden zur Umwandlung von Sonnenlicht in Elektrizität verwendet. Sie werden durch Laserstrukturierung, dem so genannten Scribing (Ritzen) miteinander verschaltet. Zur Überprüfung müssen die Scribes aus der Laserscribemaschine ausgespannt werden. Mit einer optischen Inspektion auf der Maschine, können die Fehler direkt erkannt und korrigiert werden. Die Inspektionssoftware soll innerhalb kürzester Zeit die von der Kamera aufgenommenen Bilder auswerten.

## Problemstellung

Aufgabe dieser Bachelor-Thesis ist die Entwicklung eines automatisierten Inspektionsalgorithmus zur Früherkennung von Fehlern gleich nach der Laserstrukturierung. Die Inspektionsroutine soll mittels einer fest installierten Kamera direkt auf der Laserscribemaschine durchgeführt werden. Das Zusammenspiel des Bilderfassungssystems mit dem Motion Controller ermöglicht die exakte Lokalisierung der Fehler.

## Vorgehen

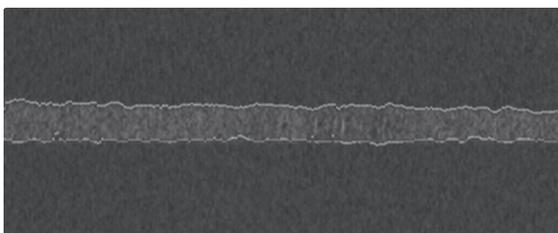
Für die Lokalisierung von Fehlern, wurden als erstes Qualitätsmerkmale der Scribes bestimmt. Aus diesen Qualitätsmerkmalen und den Erkenntnissen aus der Projektarbeit 2 sind Ablaufdiagramme zum Inspektionsprozess des Programms erstellt worden. Die Inspektion konnte somit anhand dieser Ablaufdiagramme in Teilaufgaben unterteilt werden, welche als einzelne Bausteine im Hauptprogramm abgearbeitet wurden. Das fertiggestellte Programm wurde experimentell überprüft.

## Ergebnis

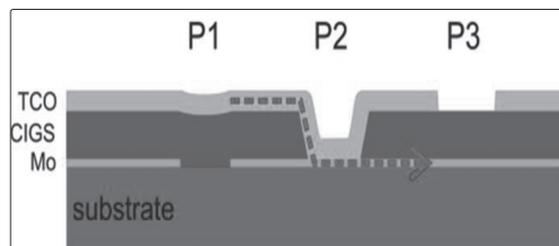
Als Resultat der Arbeit ist ein mit LabView entwickelter Inspektionsalgorithmus entstanden, zur Erkennung von Fehlern in Scribes direkt auf der Maschine. Ausserdem lässt sich festhalten, dass der Inspektionsalgorithmus aussagekräftige Werte liefert. Allfällige Fehler der Scribes können damit effizient detektiert und korrigiert werden. Somit können Materialverschleiss und Zeitaufwand reduziert werden. Die Inspektion von Modulen der Prozesse P1 und P2 wurden experimentell auf ihre Funktionalität geprüft. Die Inspektion des P1-Prozesses gestaltete sich auf Grund des geringen Kontrastes zwischen Scribe und unbearbeitetem Material als schwierig. Eine Hintergrundbeleuchtung des Substrates mittels einer LED-Matrix behebt dieses Problem effizient, was zu aussagekräftigen Resultaten führt. Der hohe Kontrast zwischen Linie und unbearbeitetem Material liefert bei der Überprüfung des P2-Prozesses verlässliche Resultate. Die Rechenzeit für einen Durchlauf mit 10 Linien à 11 Bildern, beträgt  $\approx 310$  Sekunden. Pro Bild ergibt das eine Rechenzeit von circa 3 Sekunden, wobei der grösste Zeitaufwand für das Laden des Bildes entsteht.



Mirco Nyffenegger



Inspektion eines P1-scribe mit der detektierten Kanten. Aufnahme mit integrierter Kamera.



Aufbau einer CIGS-Solarzelle. Bildquelle: Photonics West 2014, Paper 8967-43