

Automatisierung der Erkennung von Spitzen eines Mikromanipulators in einem Rasterelektronenmikroskop mithilfe von Neuronalen Netzen

David Kleindiek
Eberhard-Karls-Universität Tübingen

Betreuer:
Prof. Dr. Andreas Zell
Eberhard-Karls-Universität Tübingen

Dr. Matthias Kemmler
Kleindiek Nanotechnik GmbH

Januar 2022

1 Einführung

1.1 Einsatzfeld

Die Mikromanipulatoren von Kleindiek, werden meist zur Fehleranalyse bei Transistoren auf Computerchips eingesetzt.
Dies geschieht hauptsächlich in Rasterelektronenmikroskopen.

1.2 Geräte

Es wird ein PS4/PS8 von Kleindiek in einem Gemini SEM von Zeiss betrieben.
Die Anzahl der Nadeln kann variieren zwischen 1 und 8.
Dabei werden Bilder im *nm* Bereich mit einer Auflösung von 1024x768 und ca. 3 FPS aufgenommen.
Sie befinden sich im TIF Format.
Im Header der Bilddateien befinden sich Informationen über den Zustand des Mikroskops (Parameter).

1.3 Probingablauf

Nach einmaligem Kalibrieren, können die Nadeln bis auf einen Bereich von $10\mu m$ zuverlässig zusammengefahren werden.

Nun muss - unter ständiger Kontrolle - langsam die Vergrößerung erhöht werden und die Nadeln händisch immer näher aneinander gefahren werden.

Hierbei ist darauf zu achten, dass sich die Nadeln nicht berühren, da sie sich sonst verbiegen können.

Sobald alle Nadeln auf gleicher Höhe und in einem gewünschten Radius sind, kann die Stage des REM, auf dem sich die Probe befindet, bis auf $500nm$ an die Spitzen angehoben werden.

Nun werden die Nadeln über die Kontaktflächen gebracht und vorsichtig auf der Probe abgesetzt.

Den Touchdown erkennt man daran, dass sich die Nadelspitze um ein kleines Stück nach vorne bewegt.

2 Ziel der Arbeit

2.1 Problem

Das stetige manuelle kontrollieren und positionieren der Nadeln nimmt viel Zeit in anspruch. Außerdem ist es eine große Verantwortung, da schnell ein großer Schaden entstehen kann.

Viele Manöver könnten automatisiert werden und man könnte Unfälle verhindern, wenn man die Positionen der Nadelspitzen zuverlässig und automatisch aus den Bildern extrahieren könnte.

Wenn dies gelingt, wäre ein weiterer Schritt den Touchdown zuverlässig zu erkennen und/oder zu detektieren, ob sich Spitzen gefährlich nahe kommen.

2.2 Idee

Trainieren eines CNN, um die Nadelkonturen und die Spitzenposition auszugeben. Hierzu könnte man ein Autoencoder Netzwerk darauf trainieren, ein Binärbild mit der Segmentierung von Spitzen und Probe zu erstellen.

Ein weiteres Netzwerk könnte die Konturen zeichnen und die Spitze markieren. Die genaue Netzstruktur ist noch offen.

Es kann auch ein "transfer learning" mit bekannten Netzen ausprobiert werden.

3 Erstellung eines Datensatzes

Es existieren bereits viele Videos und Bilder des Probingvorgangs. Diese können alle verwendet werden.

3.1 Labeling

Teil-automatisiertes labeling der Bilder mithilfe von Software.

Beispielsweise:

1. Adobe Photoshop (automatische Objekt selektierung)

2. Matlab - Image Labeler (automatisches cross-frame labeling)

3.2 Synthetische Daten

3.2.1 Kombinierung von realen Daten

Verschiedene Bilder von Proben und Spitzen randomisiert übereinander gelegt um einen großen Datensatz zu generieren.

Absprache mit Mitarbeiter welche Szenarien/Kombinationen realistisch sind.

3.2.2 Generierung von Daten

Szenarie des REM wird mithilfe von Software simuliert.

So können unendlich viele Daten generiert werden.

Beispielsweise:

1. Blender
2. AMAG SimuSEM

3.3 Image augmentation

Bekannte Verfahren wie Transformationen der Bilder sowie Rauschfilter, und verändern von Helligkeit/Kontrast können verwendet werden, um die Anzahl der Daten zu erhöhen.

4 Anmerkungen

Es gibt viele weitere Informationen, die man neben den Bildern verwenden kann. Motorsteuerung (Richtung und grobe Distanz), vorherige Position, erwartete Spitzengröße (Vergrößerung).

Ich werde eine Liste der verwendbaren Daten erstellen.

Genaue Rahmenbedingungen sollten gemeinsam mit beiden Betreuern festgelegt werden.

Bsp.: über welche Vergrößerung hinweg soll eine Spitze erkannt werden?