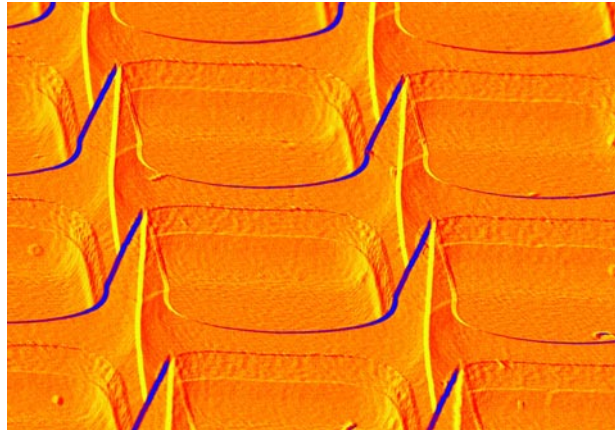


Diploma Thesis

Mechanical Characterization of Silicon Micro Needle Arrays

Ralf Andreas Haug



Abstract

This diploma thesis evaluates mechanical properties of silicon micro needle arrays in view of medical applications. The robustness and resistance against lateral loads is investigated as well as the penetration capabilities in bulk materials.

The micro needle arrays were fabricated with the suspended etch mask technology utilizing sequentially anisotropic and isotropic dry etching in an inductively coupled plasma etcher from STS. Three different needle shapes are realized. The dimensions of single needles were determined by means of a standard optical microscope equipped with an electronic xyz-table. An experimental setup was designed to perform the measurement of the penetration and fracture force of penetrated needle arrays. The setup is operated via a LabView™ panel. An adapted Vickers test setup enables the characterization of different sample materials.

The fabricated needles are 47 μm to 89 μm high with aspect ratios ranging from 2 to 5 are realized. Each array contains 225 needles. The three different needle types provide excellent penetration capabilities. The required force to completely penetrate the needle arrays into soft materials is 0.6 N to 0.9 N. Penetration into hard materials ranges from 0.5 N and 15 N. The fracture force is measured by applying a lateral load on a penetrated needle array. Values between 4 N and 9 N are obtained. The fracture force depends on the needle shape, penetration depth and orientation of the chip with respect to the shear direction. The measured forces were compared to theoretical calculations. Additionally, an ANSYS™ 3D model is introduced to evaluate the stress distribution in single needles.

Zusammenfassung

Die vorliegende Diplomarbeit untersucht mechanische Eigenschaften von Silizium Mikronadelarrays im Hinblick auf eine medizinische Anwendung. Dazu wird die Stabilität gegenüber seitlicher Belastung, sowie die Fähigkeit in verschiedene Materialien einzustechen charakterisiert.

Die Nadelarrays werden mit Hilfe der *Suspended Etch Mask* Technologie in einem induktiv gekoppeltem Plasma Ätzer der Firma STS hergestellt. Dabei wird sequentiell anisotrop und isotrop geätzt. Drei verschiedene Nadelformen wurden hergestellt und an einem optischen Mikroskop mit Hilfe eines elektronischen xyz-Tisches vermessen. Zur Durchführung der Versuche wurde ein Testaufbau konstruiert, der die Messung von Einstechkräften und Bruchkräften ermöglicht. Die Ansteuerung des Aufbaus wird durch ein LabView Programm realisiert. Ein angepasster Testaufbau zur Vickers-Härteprüfung erlaubt die Charakterisierung verschiedener Testmaterialien.

Die hergestellten Nadeln sind zwischen 47 μm und 89 μm hoch und weisen Aspektverhältnisse zwischen 2 und 5 auf. Jedes Nadelarray besteht aus 225 Nadeln. Die drei getesteten Nadeltypen besitzen exzellente Einstechfähigkeiten. Die Kraft um Nadelarrays komplett in weiche Materialien einzustechen liegt zwischen 0.6 N und 0.9 N. Einstechkräfte in harte Materialien liegen zwischen 0.5 N und 15 N. Die Bruchkraft wird ermittelt, indem ein eingestochenes Nadelarray seitlich belastet wird. Die erhaltenen Bruchkräfte liegen zwischen 4 N und 9 N und sind abhängig von der Nadelgeometrie, Einstechtiefe sowie der Ausrichtung des Testchips gegenüber der Scherrichtung. Die gemessenen Kräfte werden mit theoretischen Berechnungen verglichen. Zusätzlich wird ein 3D Model für ANSYSTM vorgestellt, um die Spannungsverteilung innerhalb einzelner Nadeln zu simulieren.

For further information, please contact:

Prof. Dr. Oliver Paul
Institute for Microsystem Technology IMTEK
Microsystem Materials Laboratory MML
Georges-Koehler Allee 103
79110 Freiburg, Germany
phone ++49/761-203-7190
fax ++49/761-203-7192
e-mail paul@imtek.de