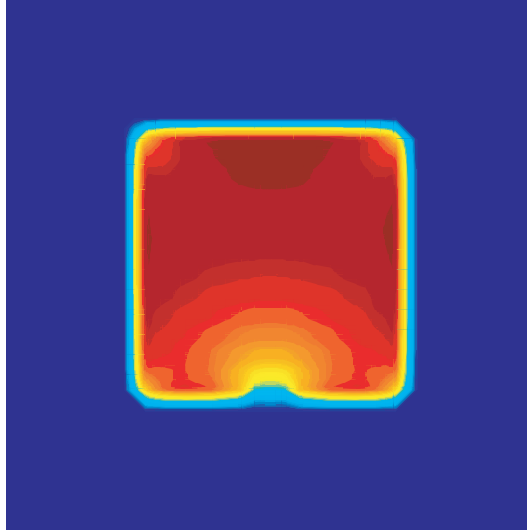


Diploma Thesis

Temperature Distribution in Micro Hotplates

Timo Lindemann



Abstract

This diploma thesis reports on (i) the determination of the thermal conductivity of thin films using different membrane geometries, (ii) the determination of the temperature distribution in micro hotplates and (iii) the coupled electric thermal simulation of the temperature distribution in micro hotplates and the comparison with the experimental results.

The thermal conductivity of a membrane consisting of a layer sandwich of three 400 nm thick thermal silicon oxides and a 110 nm thick silicon nitride, a 100 nm thick titanium tungsten (TiW) layer and a 100 nm thick polysilicon layer was determined. At ambient temperature, thermal conductivities of $1.06 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ for the oxide-nitride layer sandwich, $21.7 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ for the TiW layer and $31.7 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ for the polysilicon layer, respectively, were determined.

Membranes with an area of $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ were used to determine the temperature distribution in micro hotplates. The micro hotplates varied in layer sandwich and in integrated heater geometry. Integrated TiW thermistors were used to measure the temperature at five specific points on the micro hotplates. The membrane with a simple loop-shaped heating structure for both heaters and an additional TiW layer achieved the most homogenous temperature distribution. This micro hotplate operated with both heaters showed a temperature deviation of 3 % over the five thermistors. However the whole temperature distribution cannot be determined with only this five thermistors.

The electrical thermal coupled simulation yielded a temperature distribution with deviating maximally by 6 % from the experimental results. The simulation of the thermal radiation was achieved by an additional layer with a temperature dependent thermal conductivity. In this case, a micro hotplate with a meander-shaped heating structure, which covers a large area, and with an additional TiW layer achieved the most homogenous temperature distribution. Maximum relative temperature deviation was 14 % over the membrane. The comparison of the simulation results with the experimental data shows that it is advisable to simulate the temperature distribution in micro hotplates and that it is insufficient to rely on the determination of the temperature distribution at five specific points of a membrane only.

Zusammenfassung

Inhalt dieser Diplomarbeit ist (i) die Bestimmung der thermischen Leitfähigkeit dünner Schichten mit Hilfe verschiedener Membrangeometrien, (ii) die experimentelle Bestimmung der Temperaturverteilung in *micro hotplates* und (iii) die elektrisch-thermisch gekoppelte Simulation der Temperaturverteilung in *micro hotplates* und der Vergleich mit den experimentellen Ergebnissen.

Es wurde die temperaturabhängige thermische Leitfähigkeit für ein Schichtpaket aus drei 400 nm dicken thermischen Siliziumoxid-Schichten und einer 110 nm dicken Siliziumnitrid-Schicht, einer 100 nm dicken Titan/Wolfram-Schicht (TiW) und einer 100 nm dicken Polysilizium-Schicht bestimmt. Es ergaben sich thermische Leitfähigkeiten bei Raumtemperatur von $1.06 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ für das Oxid-Nitrid-Schichtpaket, $21.7 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ für die TiW-Schicht und $31.7 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ für die Polysilizium-Schicht.

Mit Hilfe $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ großer Membranen aus zwei verschiedenen Schichtpaketen und unterschiedlichen integrierten Heizergeometrien aus Polysilizium wurde die Temperaturverteilung in *micro hotplates* bestimmt. Ziel der Arbeit war die Extraktion der homogensten Temperaturverteilung in den *micro hotplates*. Die Temperaturverteilung wurde mittels fünf TiW-Thermistoren, die in die Membranen integriert sind, bestimmt. Die homogenste Temperaturverteilung lieferte eine Membran mit einfacher schlaufenförmiger Heizerstruktur für beide Heizer und einer zusätzlichen TiW-Schicht. Bei dieser *micro hotplate* ergab sich eine relative Temperaturdifferenz von nur 3 % über die fünf Thermistoren, wenn die Membran mit beiden Heizern betrieben wurde. Da diese Temperaturdifferenz allerdings nur über die fünf Thermistoren ermittelt wurde, kann damit nicht zwangsläufig eine Aussage über die Temperaturverteilung in der gesamten Membran getroffen werden.

Die elektrisch-thermisch gekoppelte Simulation dieser *micro hotplates* lieferte an den Stellen der Thermistoren Temperaturen, die sich um maximal 6 % von den experimentell bestimmten Temperaturen unterschieden. Dabei wurde die thermische Abstrahlung der Membranen durch eine zusätzliche Schicht mit temperaturabhängiger thermischer Leitfähigkeit berücksichtigt. Die Simulation der Temperaturverteilung in den *micro hotplates* zeigte, im Gegensatz zu den experimentellen Ergebnissen, die beste Homogenität der Temperaturverteilung für Membranen mit einer großflächigen mäanderförmigen Heizergeometrie und einer zusätzlichen TiW-Schicht. Bei dieser ergab sich eine relative Temperaturdifferenz von 14 % über die gesamte Membran. Der Vergleich der Simulation mit der experimentellen Bestimmung der Temperaturverteilung zeigt, dass es notwendig ist, die Temperaturverteilung zu simulieren. Es reicht nicht aus, sich auf die Temperaturverteilung zu verlassen, die nur mit Hilfe der Temperaturen an fünf Stellen der Membran bestimmt wurde.

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