



**ASSIC**

AUSTRIAN SMART SYSTEMS INTEGRATION RESEARCH CENTER

**ASSIC**  
**Austrian Smart Systems**  
**Integration Research Center**

Programm: COMET – Competence  
Centers for Excellent Technologies

Förderlinie: K1 COMET-Zentrum

Projekttyp: Kurztitel: Process  
Control Monitors (PCM)

Laufzeit: 01/2019 – 12/2022,  
multi-firm

## METHODE ZUR BESTIMMUNG DES KOEFFIZIENTEN DER THERMISCHEN DEHNUNG VON DÜNNFILMEN

BEIDSEITIG EINGESPANNTE BALKEN AUF LITHIUMNIOBAT SUBSTRAT DIENEN ALS VERLÄSSLICHE PROBEN ZUR BESTIMMUNG DER THERMISCHEN DEHNUNG.

Der Koeffizient der thermischen Dehnung (CTE) ist ein wichtiger Parameter bei der Beschreibung der Geometrieänderung eines Werkstoffs beim Erwärmen oder Abkühlen. Diese temperaturabhängige Veränderung ist oft für mechanische Spannungen verantwortlich, die Werkstoffversagen in Systemen verursachen, bei denen verschiedene Materialien kombiniert werden.

Als Standardmethode zu Bestimmung des CTE dient eine interferometrische Ausdehnungsmessung einer Werkstoffprobe einer bestimmten Länge. Der Nachteil dieser Methode ist, dass sie nur auf massive Materialien anwendbar ist und nicht auf Dünnschichten von einigen Mikrometer Dicke. Bei Dünnschichtbeschichtungen kann die Bestimmung durch

gebündelte Ionenstrahlen (FIB) erfolgen, mit denen ein Kragarm aus einer Probe herausgeschnitten wird und deren temperaturänderungsbedingte Biegeverformung dann zur CTE-Bestimmung gemessen wird. Der Nachteil dieses Ansatzes besteht in einem hohen Aufwand der Probenpräparation.

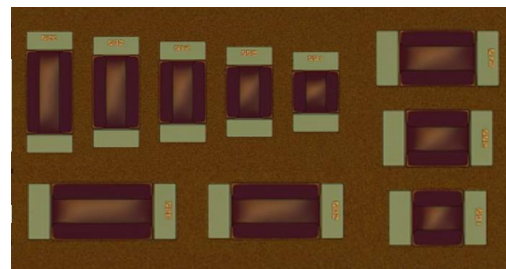


Abb. 1.: DCB Proben verschiedener Größen und Orientierungen.

## SUCCESS STORY

Unser neuer Ansatz basiert auf beidseitig eingespannten Balken (DCB), die in einem MEMS-Prozess hergestellt werden, der auch zur Dünnschichtproduktion verwendet wird. Auf diese Weise werden viele Proben in unterschiedlichen Größen und Orientierungen bereitgestellt (Abb. 1).

Der DCB und das Substrat haben deutlich unterschiedliche CTE, wobei der des Substrats üblicherweise bekannt ist. Wenn die Probe erwärmt wird, führen die unterschiedlichen thermischen Dehnungen von Substrat und Balken zur Verformung des Balkens. Aufgrund der beidseitigen Einspannung und seiner relativen Schwäche kann der Balken nur durch Ausbauchung seine temperaturbedingte Längenänderung unterbringen. Die Wölbung in Höhenrichtung verstärkt die Wirkung der Längenänderung, wo durch eine kleine thermische Dehnung in Längsrichtung zu einer gut bestimmbaren Höhenänderung führt. Beispielsweise führt eine relative Verlängerung von 0.2  $\mu\text{m}$  (Balken minus Substrat) eines 161  $\mu\text{m}$  langen Balkens zu einem Höhenzuwachs von mehr als 2  $\mu\text{m}$ , also ein um den Faktor 10 gesteigerter Wert. Das Prinzip des Prozesses ist in Abb. 2 dargestellt.

Die Messungen wurden mit einem Polytec MSA (Micro System Analyzer) 500 Weißlichtinterferometer und einer temperatur-kontrollierten Vakuumkammer mit einem optischen Zugangsfenster durchgeführt.

Die Proben wurden auf 180°C aufgeheizt und wieder abgekühlt. Die gemessenen Höhenveränderungen wurden mit einem Finite Element (FE) Modell verglichen und dabei der unbekannte Dünnschicht-CTE ermittelt.

### Wirkungen und Effekte

Der Vorteil dieser Methode ist, dass sowie das FE-Modell und der Messaufbau verfügbar sind, die CTE-Bestimmung unmittelbar erfolgen kann. Der Nachteil ist, dass die DCB-Proben nur dann einfach herstellbar sind, wenn bestimmte Herstellungsfähigkeiten beim Projektpartner verfügbar sind.

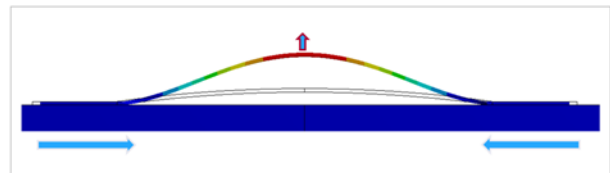


Abb. 2.: Das Prinzip der CTE-Bestimmung von Dünnschichten durch DCB wird hier dargestellt: Das Substrat hat einen hohen CTE und schrumpft stark mit abnehmender Temperatur. Der beidseitig eingespannte Balken schrumpft dabei nur wenig, während die Ankerpunkte synchron mit dem Substrat bewegt werden. Der dünne Balken kann nur durch Wölbung in die Höhe ausweichen, um seine Längenänderung unterzubringen. Der Höhenunterschied kann gemessen werden. Von diesem Wert kann die Längenänderung abgeleitet werden. Beim Erwärmen oder bei kleinerem Substrat-CTE als dem des Balkenmaterials kehrt sich der Prozess um und der Bogen wird geringer.

### Projektkoordination (Story)

Dipl.-Ing. Alfred Binder, M.Sc.  
Research Unit Head Heterogeneous Integration Technology  
Silicon Austria Labs GmbH  
T +43 (0) 4242 56300 210  
[Alfred.Binder@silicon-austria.com](mailto:Alfred.Binder@silicon-austria.com)

### ASSIC K1 COMET-Zentrum

**SAL Silicon Austria Labs GmbH**  
Europastraße 12  
9524 Villach T +43 (0) 4242 56300 0  
[contact@silicon-austria.com](mailto:contact@silicon-austria.com)  
[www.silicon-austria-labs.com](http://www.silicon-austria-labs.com) [www.assic.eu](http://www.assic.eu)

### Projektpartner

- Qualcomm Germany RFFE GmbH, Deutschland

Diese Success Story wurde von der Konsortialführung und den genannten Projektpartnern zur Veröffentlichung auf der FFG Website freigegeben. Das K1 COMET-Zentrum ASSIC wird im Rahmen von COMET – Competence Centers for Excellent Technologies durch BMK, BMDW, Land Kärnten und Land Steiermark gefördert. Das Programm COMET wird durch die FFG abgewickelt. Weitere Informationen zu COMET: [www.ffg.at/comet](http://www.ffg.at/comet)