

## Thermische Eigenschaften von mikroelektronischen Geräten werden sichtbar

Bei der Entwicklung von Elektronik- und Mikroelektronik-Geräten ist die Erfassung von transienten thermischen Daten unerlässlich, um die ordnungsgemäße Funktion eines bestimmten Bauteils oder Geräts überprüfen zu können.



Darüber hinaus wird die Leistung von Mikroelektronik-Geräten der nächsten Generation von einem besseren Verständnis der thermophysikalischen Eigenschaften der verschiedenen Materialien abhängen, die in der Mikroelektronik-Industrie zum Einsatz kommen. An der US-amerikanischen Universität von Texas in Arlington erforscht das Team von Dr. Ankur Jain, der das dortige Mikro-Thermophysiklabor leitet, eine Vielzahl von Themen, die mit dem Wärmetransport auf Mikroebene im Zusammenhang stehen. Dabei setzt das Labor

zahlreiche moderne Geräte und Instrumente ein, zu denen auch Wärmebildkameras von FLIR Systems gehören.

### Nanotechnologie und Dünnschichtverarbeitung

In den letzten Jahrzehnten war die Miniaturisierung ein entscheidender Entwicklungsfaktor für die Mikroelektronik-Industrie. Kleinere Geräte ermöglichen schnellere Arbeitsgeschwindigkeiten und kompaktere Systeme. Der in der Nanotechnologie und Dünnschichtverarbeitung erzielte Fortschritt wird zunehmend auch in anderen technologischen Bereichen wie Photovoltaikzellen, thermoelektrischen Materialien und mikroelektromechanischen Systemen (MEMS) genutzt. Die thermischen Eigenschaften dieser Materialien und Geräte sind von entscheidender Bedeutung für die Weiterentwicklung derartiger technischer Systeme. Dennoch bestehen hinsichtlich des Wärmetransports in diesen Systemen immer noch zahlreiche offene Fragen. Um jede dieser Fragen effizient beantworten zu können, muss man den Wärmetransport in diesen Materialien auf Mikroebene bis ins Detail verstehen.

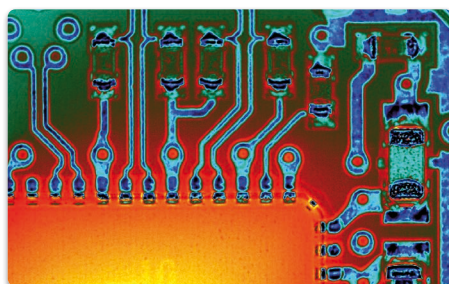
### Wärmeverteilung in 3D-ICs

Dr. Ankur Jain leitet das Mikro-Thermophysiklabor, in dem er und seine Studenten Forschungsarbeiten zum Wärmetransport auf der Mikro-Ebene, zu Energieerzeugungssystemen, zum Wärmemanagement bei Halbleitern, zur Biowärme-Übertragung und anderen zugehörigen Themen ausführen.

Die FLIR-A6700 MWIR Wärmebildkamera ermittelt die Wärmeverteilung in dreidimensional integrierten Schaltkreisen: Denn die Wärmeverteilung in dreidimensionalen ICs stellt nach wie vor eine bedeutende technologische Herausforderung dar und hat trotz der enormen Anzahl von wissenschaftlichen Studien, die in den letzten ein bis zwei Jahrzehnten zu diesem Thema ausgeführt wurden, bislang eine umfassende Einführung dieser Technologie verhindert. Deshalb führen die Forscher im Mikro-Thermophysiklabor Experimente durch, mit denen sie die wichtigsten thermischen Eigenschaften von 3D-ICs messen und analytische Modelle entwickeln können, um den gesamten Wärmetransportprozess zu verstehen, der in einem 3D-integrierten Schaltkreis stattfindet.

Autoren:  
Joachim Templin  
Sales Manager  
R&D/Science & Automation  
Teledyne FLIR Systems GmbH  
[www.flir.de/research](http://www.flir.de/research)

Frank Liebelt  
freier Journalist



## Messung von Temperaturfeldern

Dünnschichtmaterialien sind seit ihrem Aufkommen ein unverzichtbarer Bestandteil von Mikroelektronik – viele Funktionen, die auf einem Chip ablaufen, wären ohne sie undenkbar. Um das thermische Verhalten von Dünnschichtmaterialien genau verstehen zu können, müssen wir dazu in der Lage sein, die thermischen Eigenschaften mit der sich entwickelnden Mikrostruktur und -morphologie, die wiederum mit dem Depositionsverfahren zusammenhängt, miteinander in Bezug zu bringen. Dadurch sollte es möglich sein, Eigenschaften wie die Leitfähigkeit, das Kompressionsmodul, die Stärke und thermische Grenz Widerstände zu ermitteln.

Bei einem typischen Testexperiment werden auf einem Substrat aufgebrachte Mikro-Heizdrähte mit einer Stromversorgungsquelle verbunden. Dann wird das Gerät mittels Joule-Erwärmung (Stromwärme) erwärmt. Dadurch entwickelt sich das Temperaturfeld des Substrats in Abhängigkeit von der Zeit.

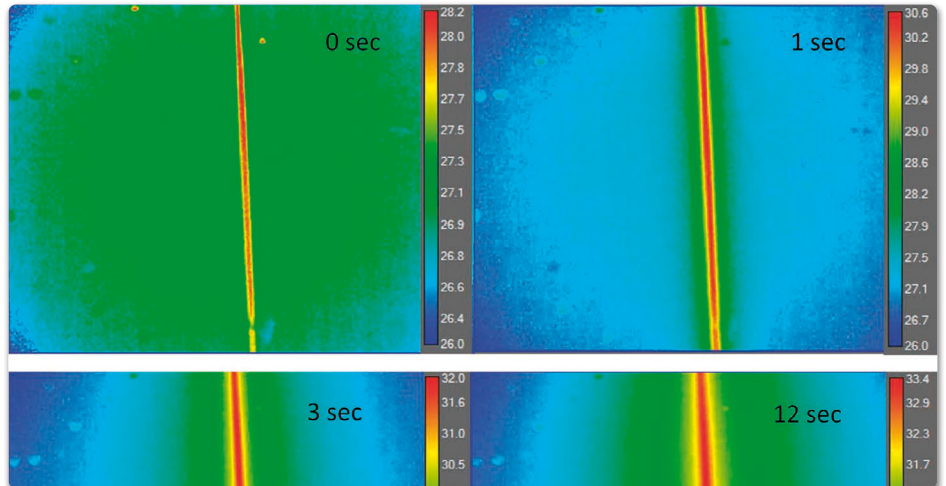
### Statement

Dr. Ankur Jain leitet das Mikro-Thermophysiklabor an der Universität Texas in Arlington. Er sagt: „Wir interessieren uns insbesondere für die zeitliche Entwicklung eines Temperaturfelds bei einem Mikrogerät“, sagt Dr. Ankur Jain. „Indem wir die thermischen Eigenschaften des Substrats messen, versuchen wir, die grundlegenden Eigenschaften der Wärmeübertragung auf Mikroebene zu verstehen.“

In der Elektronik ist Wärme oft ein unerwünschter Nebeneffekt der primären Gerätefunktion. Deshalb ist es wichtig, das transiente thermische Phänomen bei Dünnschichtmaterialien komplett zu verstehen. „Wenn wir herausfinden, wie der Wärmefluss in einem Mikrosystem abläuft, können wir Überhitzungsprobleme effizient minimieren. Das hilft uns dabei, bessere Mikrosysteme zu entwickeln und fundiertere Entscheidungen



**Dr. Ankur Jain leitet das Mikro-Thermophysiklabor an der Universität Texas in Arlington.**



**Die FLIR-A6700 MWIR Wärmebildkamera ermittelt die Wärmeverteilung in dreidimensional integrierten Schaltkreisen.**

bei der Materialauswahl zu treffen. Beispielsweise haben wir eine Vergleichsstudie zu den Wärmetransporteigenschaften der verschiedenen Dünnschichtmaterialien ausgeführt.“

Und fügt hinzu: „Bei einem typischen Testexperiment werden auf einem Substrat aufgebrachte Mikro-Heizdrähte mit einer Stromversorgungsquelle verbunden. Dann legen wir eine sehr geringe elektrische Spannung an, und das Gerät wird mittels Joule-Erwärmung (Stromwärme) erwärmt. Dadurch entwickelt sich das Temperaturfeld des Substrats als eine Zeitfunktion.“

### Wärmebildkameras als Lösung

Um die Temperatur von mikroelektronischen Geräten zu messen, hat das Team von Dr. Ankur Jain bereits zahlreiche verschiedene technische Hilfsmittel wie Thermoelemente verwendet. Eine der größten Herausforderungen bei dieser Technik ist jedoch, dass Thermoelemente Temperaturwerte immer nur an einem einzigen Punkt messen können. Deshalb entschloss sich Dr. Jain dazu, Wärmebildkameras von FLIR einzusetzen, um einen vollständigen visuellen Eindruck vom gesamten Temperaturfeld zu gewinnen. Die FLIR-A6700 MWIR Wärmebildkamera ([www.flir.de/products/a6700-mwir/](http://www.flir.de/products/a6700-mwir/)) wurde speziell für Anwendungen wie Elektronikinspektionen, medizinische Thermografie, Fertigungsüberwachung und zerstörungsfreie Materialprüfung entwickelt. Die Kamera eignet sich ideal zum Erfassen von Hochgeschwindigkeits-Wärmeereignissen und sich schnell bewegenden Zielen. Dank kurzer Belichtungszeiten kann eine Momentaufnahme der Bewegung erfolgen und präzise Temperaturmessungen vorgenommen werden. Die Bildausgabe der Kamera lässt sich im Teilbildformat (Windowing) auf eine Bildrate von 480 fps erhöhen, um auch schnellere thermische Ereignisse präzise zu beschreiben und sicherzustellen, dass während einer Überprüfung keine wichtigen Daten verloren gehen.

Die MWIR-InSb-Kamera für F&E FLIR A6700 MWIR wurde speziell für Elektronikinspektionen

entwickelt. Sie kann mittels Bereichsausblendung (Windowing) auf eine Bildrate von 480 fps erhöht werden, um auch extrem schnelle thermische Ereignisse präzise zu beschreiben.

„Bei den Geräten, die uns interessieren, treten die thermischen Phänomene, die wir messen wollen, besonders schnell und spontan auf. Deshalb benötigen wir aussagekräftige Daten für den gesamten Messbereich und nicht nur für einzelne Messpunkte“, sagt Dr. Ankur Jain. „Die FLIR A6700 MWIR hat uns bei unseren Experimenten geholfen, denn die Kamera liefert uns besonders feine Detailmesswerte vom jeweils überprüften Gerät.“

### Thermoanalyse-Software für Forschungs- und Wissenschaftsanwendungen

Das Team von Dr. Ankur Jain verwendet zusätzlich die FLIR-ResearchIR-Analyse-Software für Forschungs- und Wissenschaftsanwendungen. ResearchIR ist eine leistungsfähige und benutzerfreundliche Thermoanalyse-Software zur Steuerung und Kontrolle von Kamerasystemen, zur Hochgeschwindigkeits-Datenaufzeichnung sowie zur Analyse und Berichterstattung von Echtzeit- und Wiedergabedaten. „Die ResearchIR-Software von FLIR hat sich für unser Team als äußerst nützlich erwiesen“, sagt Dr. Ankur Jain. „Insbesondere die Möglichkeit, die von uns aufgenommenen Wärmebilder zu speichern und anschließend zur weiteren Analyse auf mehrere PCs zu übertragen, war sehr hilfreich. Die ResearchIR-Software von FLIR hat die Zusammenarbeit deutlich verbessert – und zwar nicht nur innerhalb unseres Teams, sondern auch zwischen unserem und anderen Teams.“

Dr. Ankur Jain: „Wir interessieren uns besonders für die zeitliche Entwicklung eines Temperaturfelds bei einem Mikrogerät. Indem wir die thermischen Eigenschaften des Substrats messen, versuchen wir, die grundlegenden Eigenschaften der Wärmeübertragung auf Mikroebene zu verstehen.“ ◀