

1 Angesichts immer leistungsfähigerer Elektronik wird die Entwärmung von Bauteilen immer wichtiger.

2 Thermographiebild einer pulsierenden Heatpipe (PHP), eingetaucht in eine heiße Flüssigkeit. PHP weisen eine enorm hohe effektive Wärmeleitfähigkeit auf. Im Vergleich zu einem massiven Kupferstab (links im Bild) erfolgt der Temperatureausgleich mit einer heißen Flüssigkeit sehr schnell im gesamten Volumen.

## PULSIERENDE HEATPIPES

### EFFIZIENTE ENTWÄRMUNG VON HOT SPOTS

#### Mehr Leistung – mehr Abwärme

Mit steigender Leistung und Packungsdichte elektronischer Bauteile steigt auch die auf engem Raum erzeugte Abwärme stark an. Dies führt zu gefährlich hohen Temperaturen und erhöht so das Ausfallrisiko elektronischer Geräte. Mittlerweile werden 55 Prozent der Ausfälle von Elektronikbauteilen allein durch erhöhte Temperaturen verursacht.

#### Fluidgefüllte Kanäle statt Dochtstruktur

Mit pulsierenden Heatpipes (PHP) können viele Entwärmungsprobleme effektiv gelöst werden. Die PHP kann dabei als gebogenes Rohr oder auch als flache Platte ausgeführt werden. Während bei Standard-Heatpipes der Rückfluss des Fluids zur Wärmequelle meist durch eine

Dochtstruktur erfolgen muss, besteht eine pulsierende Heatpipe aus bis zu mehreren Dutzend dünnen, mäanderförmigen Windungen, die partiell mit Flüssigkeit befüllt und evakuiert werden. Durch die Oberflächenspannung bilden sich zusammenhängende Segmente aus Fluid und Dampf. An der Heißeite dehnen sich die Dampfsegmente aus und schrumpfen bzw. kondensieren an der Kaltseite wieder. In der PHP liegen dadurch stets lokale Temperatur- und Druckunterschiede vor, deren Ausgleich das zweiphasige System durch verschiebende Kräfte auf die Fluid/Dampf-Segmente anstrebt. Diese Kräfte erzeugen eine ständige pulsierende Bewegung der Segmente, wobei das System nie in ein statisches Gleichgewicht gerät. Durch die Bewegung der Segmente erfolgt der Fluidtransport von der Heißeite (Wärmequelle) zur Kaltseite und damit auch der Wärmetransport.

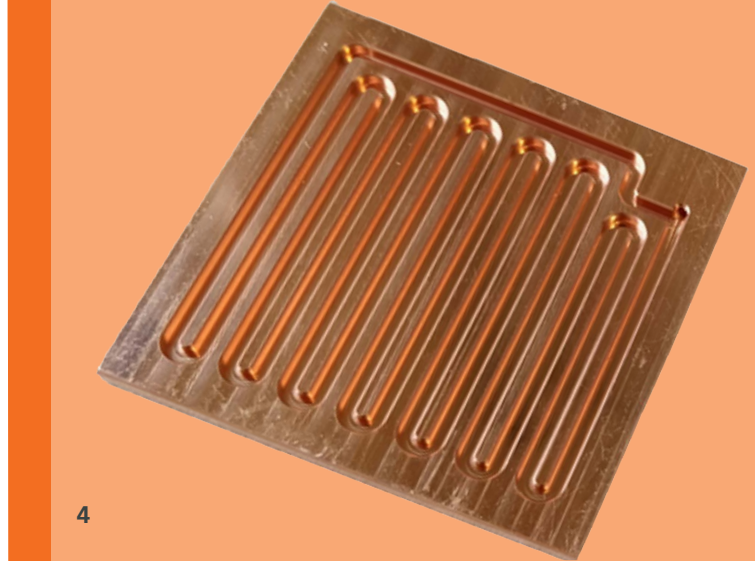
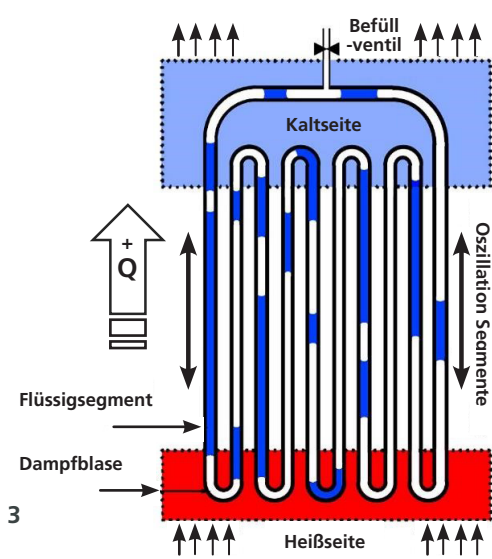
#### Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Heidenhofstraße 8  
79110 Freiburg

#### Ansprechpartner

Dr. Markus Winkler  
Projektleiter  
Thermische Energiewandler  
Telefon +49 761 8857 611  
markus.winkler@ipm.fraunhofer.de

[www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de)



### Vorteile pulsierender Heatpipes

- **Vielfach höherer Wärmetransport auf kleinem Raum:** Eine am Fraunhofer IPM entwickelte und gebaute PHP aus Kupfer mit Abmessungen von beispielsweise 100x50x2,5 mm<sup>3</sup> hat eine bis zu sechsfach höhere effektive Wärmeleitfähigkeit als eine gleich große Platte aus Vollkupfer – vergleichbar mit Diamant.
- **Technische Einfachheit und Zuverlässigkeit:** Die Funktion des Wärmetransports über das sich hin und her bewegende Fluid ist lageunabhängig und rein passiv. Mit anderen Worten: PHP funktionieren wie eine integrierte Wasserkühlung. Dabei sind jedoch keine beweglichen Bauteile und keine Stromversorgung erforderlich. Dadurch ergeben sich eine hohe Betriebsstabilität und Zuverlässigkeit.
- **Stabilität und Gewicht:** Der Anteil an Hohlräumen ist gegenüber herkömmlichen Heatpipes bzw. Wärmespreizern deutlich kleiner. Die Stabilität des Leiterplattenstapels z. B. gegenüber Press-Prozessen ist sehr hoch. Gleichzeitig ist das Gewicht geringer als das einer Vollplatte. Dies ist insbesondere in der Luft- und Raumfahrt ein gewichtiger Vorteil.
- **Extrem gute Wärmespreizwirkung auf Grund des Wirkprinzips der PHP.** Die Wirkung ist abhängig von Position und Größe des heißen Bauteils und der Wärmesenke.
- **Integrierbarkeit:** Mit Dicken von lediglich 2-3 mm ist die PHP flach und sehr kompakt. Besonders für eingebettete Leistungsbauteile ermöglicht dies eine sehr gute thermische Ankopplung.

3 Funktionsprinzip einer pulsierenden Heatpipe.

4 Grundplatte einer PHP mit eingefrästen Kanälen. Nach dem Verlöten der Grundplatte mit dem Deckel und der Befüllung mit dem Fluid ist die PHP einsatzbereit.

5 Mögliche Anbindung einer PHP an ein elektrisches Bauteil in einem Leiterplattenverbund.

6 Thermischer Widerstand einer PHP im senkrechten Betrieb für verschiedene Wärmeströme (blaue Messpunkte). Im Vergleich mit einer gleich großen Platte aus Vollkupfer (schwarz gestrichelt) können bis zu > 80 Prozent niedrigere thermische Widerstände erzielt werden.

7 Temperatur eines heißen Bauteils für verschiedene Wärmeströme bzw. elektrische Leistungen. Befindet sich das Bauteil auf einer PHP, erreicht es für dieselbe elektrische Leistung weniger als die Hälfte der Temperatur (blaue Messpunkte) als auf einer gleich großen Kupferplatte (schwarze Messpunkte). Oder anders herum: Eine kritische Temperatur von typischerweise um die 80–90 °C wird erst bei dreimal höheren Leistungen bzw. Wärmeströmen erreicht

