

- 1 Nahaufnahme einer Aerosol-Jet-gedruckten, geerdeten Koplanarleitung auf LTCC.
- 2 S-Parameter-Messung  $S_{12}$  der gedruckten Koplanarleitungen verschiedener Länge (in  $\mu\text{m}$ ) im H-Band.
- 3 S-Parameter-Messung  $S_{22}$  der gedruckten Koplanarleitungen verschiedener Länge (in  $\mu\text{m}$ ) im H-Band.
- 4 Gedruckter Übergang zum MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit).
- 5 Modulierte Dämpfungskonstante der Messungen.
- 6 Laser-strukturierte Koplanarleitung.

## LTCC-PACKAGING FÜR SUB-TERAHERTZ-MODULE

### Gedruckte Koplanarleitungen auf LTCC

Millimeterwellen (mmW) verhalten sich ab einem Frequenzbereich oberhalb von 100 GHz quasi-optisch. Diese Eigenschaft ermöglicht Radare mit ungeahnter Genauigkeit und Kommunikationssysteme (6G und darüber hinaus) mit ultrahoher Bandbreite.

Insbesondere bei 240 GHz weist die Erdatmosphäre ein lokales Dämpfungsminimum mit einer einmalig enormen nutzbaren Bandbreite von 100 GHz auf. Leider sind die Kosten dieser Systeme für viele kommerzielle Anwendungen noch zu hoch und behindern deren Verbreitung. Das liegt auch an der gegenwärtigen Aufbautechnik (AVT), die aus massiven Messingblöcken mit Hohlleiterrohren besteht, was zu großen und schweren Systemen führt. In einem gemeinsamen Projekt mit dem Fraunhofer IAF werden die Grundlagen einer kostengünstigen, massenmarktauglichen und zuverlässigen mmW-AVT auf

Basis von Mehrlagenkeramiken (LTCC) entwickelt. In Kombination mit dem hochauflösenden Aerosol-Jet-Druck zur elektrischen Strukturierung werden die Frequenzbereiche oberhalb von 200 GHz für miniaturisierte, serienfertigungsfähige Millimeterwellenschaltungen erstmals auch für kommerzielle Zwecke untersucht. Erste Versuche belegen die hervorragende Performanz der gedruckten Koplanarleitungen mit verschiedenen Leitungslängen auf LTCC. Die S-Parameter der Analyse zeigen innerhalb der Zielfrequenz von 240 GHz eine Anpassung von unter -15 dB sowie eine Dämpfung von kleiner 0,7 dB/mm. Ein konstante Permittivität  $\epsilon_{r,\text{eff}}$  von 4,0 und ein  $\tan \delta$  von 0,0062 konnte für das LTCC-Material Ferro A6M im Frequenzbereich von 200–330 GHz ermittelt werden. Durch die neue Technologie wird es somit möglich, ganze RF-Frontends für Frequenzen bis 300 GHz in einem keramischen Gehäuse unterzubringen.

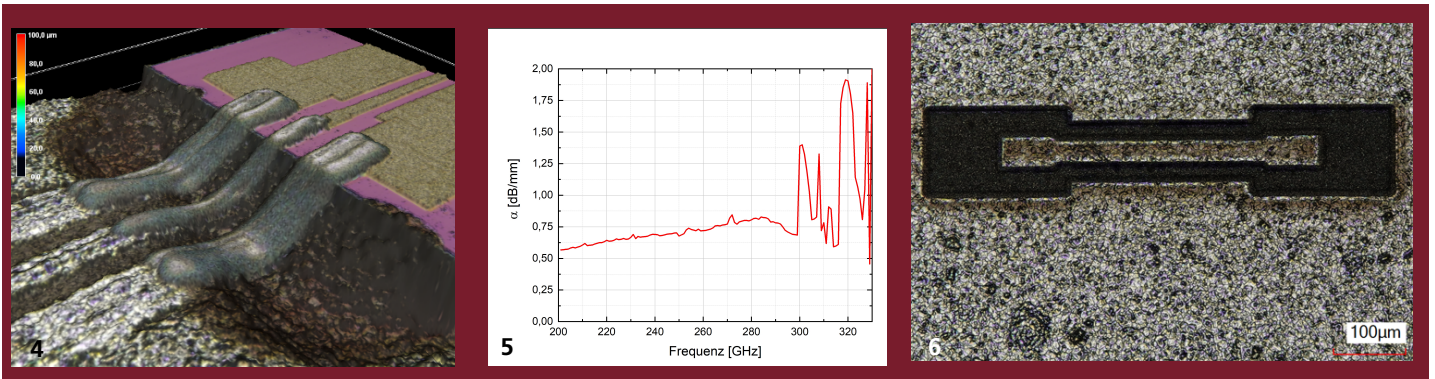
### Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

Winterbergstraße 28  
01277 Dresden

#### Ansprechpartner

Steffen Ziesche  
Telefon 0351 2553-7875  
steffen.ziesche@ikts.fraunhofer.de

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



- 1 Detail view of Aerosol-Jet-printed coplanar waveguide on LTCC (Grounded Coplanar Waveguide = GCPW).
- 2 S-parameter measurement  $S_{12}$  of printed GCPWs of several line length (in  $\mu\text{m}$ ) in H-Band.
- 3 S-parameter measurement  $S_{22}$  of printed GCPWs of several line length (in  $\mu\text{m}$ ) in H-Band.
- 4 Printed interconnection to MMIC (monolithic microwave integrated circuit).
- 5 Modulated attenuation constant of S-parameter measuring.
- 6 Laser-structured CPWG on LTCC.

## LTCC PACKAGING FOR SUB-TERAHERTZ MODULES

### Printed coplanar waveguides on LTCC

Millimeter waves (mmW) offer unique properties because they behave quasi optically from a frequency range above 100 GHz. This characteristic makes it possible to produce radars with unprecedented accuracy and communication systems (6G and beyond) with ultra-high bandwidth.

Packagings for such high frequency systems up to operations of 1 THz are usually realized with metallic split-blocks, which are complicated to machine and therefore expensive in production. Advantages of this technology are their flexibility and unrivaled low attenuation. Unfortunately, the resulting costs and the size of waveguides are prohibitive for commercial success of such systems. Especially high frequency applications of above 200 GHz will provide prospective opportunities, because the natural attenuation of the atmosphere offers a unique and wideband window in this frequency range. With the help of this high

bandwidth, cost-effective, high-resolution radar sensors or ultra-high bitrate communication lines could be realized. The described problems in the frequency range of 100 to 300 GHz can be solved by the usage of Low Temperature Co-fired Ceramics (LTCC) in combination with high-resolution Aerosol-Jet-printed transmission lines. First S-parameter measurements are showing very promising results for printed GCPWs (GCPW = grounded coplanar waveguide). The  $S_{12}$ -measurement in H-Band shows losses of the printed microstrip line less than 0.7 dB/mm for 240 GHz. The reflection coefficient  $S_{11}$  stays below -15 dB for up to 250 GHz. A steady effective dielectric constant  $\epsilon_{r, \text{eff}}$  of about 4.0 and  $\tan \delta$  of 0.0062 for Ferro A6M LTCC material could be determined at 200–330 GHz. With the help of the described technology, complete RF frontends could be hermetically packaged until 300 GHz within a LTCC packages for commercial purposes.

### Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS

Winterbergstrasse 28  
01277 Dresden, Germany

#### Contact

Steffen Ziesche  
Phone +49 351 2553-7875  
steffen.ziesche@ikts.fraunhofer.de

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