

Im Oktober vergangenen Jahres fand die IMAPS-Herstkonzferenz wieder in Präsenz in München statt, wir berichteten bereits im Dezemberheft darüber. Es gab auch wieder einen „Best Presentation Award“. Die Entscheidung fiel auf den Vortrag von Kathrin Reinhardt vom Fraunhofer IKTS Dresden. Sie überzeugte im Vortrag und in der anschließenden Diskussion durch ein fundiertes Wissen und die sachliche Formulierungsweise. Der Vortrag war sehr anschaulich und strukturiert vorbereitet. Sie stellte ein bekanntes, aber neu belebtes Thema vor – „Fotostrukturierbare Pasten – neuste Innovationen in der Fineline-Dickschichttechnik“. Damit könnte die Lücke zwischen dem technisch „einfachen“ Siebdruckverfahren und der technologisch aufwendigen Mikrostrukturierung gefüllt werden. Frau Reinhardt hat freundlicherweise einen Abriss des präsentierten Themas für die PLUS aufgearbeitet.

### Fotostrukturierbare Pasten – Neuste Innovationen in der Fineline-Dickschichttechnik

Entwicklungen im Bereich mobile Kommunikation (5G, 6G), (autonome) Mobilität sowie Internet of Things (Smart Cities, Wearables, Objekt Tracking, Smart Grids, Video Security) sind in der europäischen Forschungs- und Industrielandschaft hochaktuell. Hierfür werden immer höhere Übertragungsbandbreiten und somit immer höhere Arbeitsfrequenzen >60 GHz benötigt. Um dieses Potential ausschöpfen zu können, werden neue Technologien zur Erzeugung der Hochfrequenzschaltungen benötigt, mit denen immer feinere Leiterzüge mit immer engeren Abständen im Bereich von jeweils 10-30 µm realisiert werden können. Für diese Zielsetzung wurden am Fraunhofer IKTS Dickschichtpasten entwickelt, welche mittels UV-Licht fotostrukturierbar sind und die angestrebten geometrischen Auflösungen ermöglichen können. Dabei ist ein vergleichbarer Technologieansatz bereits in der Vergangenheit von der Firma DuPont – FODEL™ verfolgt worden, allerdings konnte es auf Grund einer eingeschränkten Materialvielfalt (Gold, Silber, Dielektrika) und unzureichenden Geometrieauflösungen (40 µm Linienbreiten; 50 µm -abstände) nie zur industriellen Anwendung gebracht werden. Im Bereich der drahtlosen Kommunikation stellen deshalb die neu entwickelten IKTS fotostrukturierbaren Pasten (Silber, Gold, Platin, Widerstände) einen enormen Mehrwert dar, welche vergleichend zu FODEL zudem robuster (Verarbeitung unter Weißlicht), prozessfreundlicher (sehr kurze Prozesszeiten) und umweltfreundlicher (RoHS/REACH-kompatibel) sind. Zum besseren Verständnis ist in Abbildung 1 der Fotostrukturierungsprozess skizziert. Im Vergleich zur konventionellen Dickschichttechnik sind zur Strukturierung zwei Zusatzschritte (Belichtung und Entwicklung) nach dem Siebdruck notwendig. Die zusätzlichen Prozessschritte benötigen jeweils nur zwischen 5 und 20 s und können problemlos in etablierte Produktionsprozesslinien integriert werden. Die Belichtung kann dabei entweder über Fotomasken oder maskenlose Laser-Direkt-Schreibverfahren (LDI) erreicht werden. Dieses neuartige Merkmal wird durch gezielte Anpassung des fotosensitiven Binders ermöglicht und trägt zur Digitalisierung der Prozesstechnologie und zu einer dadurch nochmaligen Verbesserung der Strukturgenauigkeit bei.

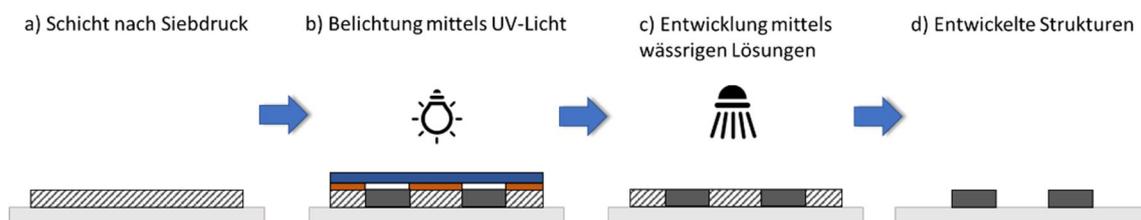


Abbildung 1: Darstellung der beiden zusätzlichen Prozessschritte: a) Schicht nach Siebdruck, b) Belichtung mittels UV Licht durch eine Negativ-Fotomaske, c) Entwicklung mittels wässriger Lösungen und d) entwickelte Strukturen vor dem Sintern.

Die realisierten Querschnitte der Leiterzüge weisen im Vergleich zu konventionell gedruckten Leiterzügen eine nahezu rechteckige Form auf, wobei die Schichtdicken im für Hochfrequenzapplikationen relevanten Bereich 8-12 µm gesintert liegen (Abbildung 2).

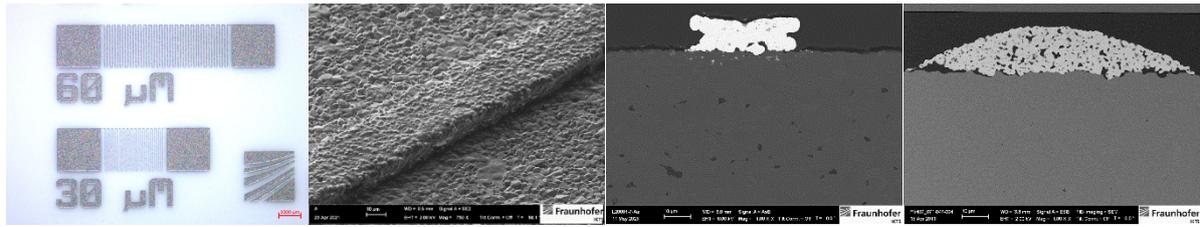


Abbildung 2: Mittels fotostrukturierbaren Pasten am IKTS hergestellte Strukturen mit einer Auflösung von 60 bzw. 30 µm Linien mit je 30 µm Abstand (links) sowie elektronmikroskopischen Aufnahmen der ungesinterten Leiterzugflanke (20 µm) (Mitte links), einen Querschliff eines gesinterten fotostrukturierten (20 µm) (Mitte rechts) sowie konventionell hergestellten Leiterzugs (100 µm) (rechts).

Der Fokus der aktuellen Entwicklungen der PI-Pasten am IKTS liegt auf den Metallisierungspasten, wie Silber, Gold, Platin und Kupfer. Aber auch PI-Widerstands- und Dielektrikumspasten werden derzeit entwickelt. Am Beispiel der PI-Silberpasten konnte gezeigt werden, dass diese sowohl für Aluminiumoxidsubstrate als auch für Low Temperature Cofired Ceramics (LTCC) eingesetzt werden können. Die entwickelten Silberpasten ermöglichen somit LTCC-Aufbauten im Post- als auch Cofiringprozess. Hierbei wurden Linienbreiten von 10 µm und Spaltbreiten von 16 µm im co-gesinterten Zustand realisiert. Erste Untersuchungen haben außerdem gezeigt, dass die IKTS-PI-Pasten für das Laserdirektbelichten geeignet sind. Tabelle 1 zeigt zusammenfassend einen Eigenschaftsüberblick der Silber-, Gold-, Platin- und RuO<sub>2</sub>-PI-Pasten hinsichtlich geometrischer Auflösung und elektrischer Leitfähigkeit auf Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Substraten.

Tabelle 1: PI-Pastenüberblick zu elektrischen Kenndaten und geometrischer Auflösung.

PI-Paste auf Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Flächenwiderstand <sup>1</sup> [mOhm/sq]	Gebrannte Schichtdicke [µm]	Linienauflösung Linie / Abstand [µm/µm]
Silber <sup>2</sup> (PI1101)	≤ 3,5	8-12	20/20
Gold <sup>2</sup> (PI2101)	≤ 6	8-15	20/20
Platin <sup>3</sup> (PI6101)	≤ 40	6-12	20/30
RuO <sub>2</sub> <sup>2</sup> (W20024)	3500 k	11-17	40/35

<sup>1</sup> Sheet resistivity, calculated for a fired thickness of 10±1 µm.

<sup>2</sup> Firing profile: 10 min at 850 °C.

<sup>3</sup> Firing profile: 10 min at 1200 °C.

Die Ergebnisse zu den PI-Pasten des Fraunhofer IKTS zeigen einen vielversprechenden Massen- und Industrieprozess auf, mit geringen Investitionskosten und nur wenig höherer Fertigungszeit, mit dessen Hilfe Bauteile hergestellt werden können, die bei höheren Frequenzen eine wesentlich bessere HF-Performance als bisher möglich machen und eine deutliche Miniaturisierung für die Zukunft erlauben.