

## KURZVERÖFFENTLICHUNG

### Entwicklung einer flexiblen elektrisch leitenden Kontaktierung für Smart Textiles durch Lasersinterung von Metalldispersionen (IGF 19140 N)

Autoren: Dr. Reinhold Schneider  
Dr. Valerie Bartsch

Erschienen: 29.05.2019  
Bearbeitungszeitraum: 1.1.2017 - 31.12.2018

#### **Zusammenfassung**

Eine sichere Kontaktierung bei häufigen Biegewechselvorgängen und dynamischen Zug-Druck-Belastungen ist bislang nicht oder nur bedingt möglich. Häufig kommt es aufgrund der Steifigkeit konventioneller Kontaktierungen zu Bruchstellen und Haarrissen und damit zu einem Verlust des elektrischen Durchgangswiderstands. Durch den Sinterprozess werden die isolierend wirkenden Stabilisatoren aus den Metalldispersionen inaktiviert und zerstört, wodurch sich die Metallpartikel berühren und den elektrischen Strom leiten. Die Lasersinterung von metallischen Dispersionen ermöglicht so prinzipiell die Herstellung dünner, biegeschlaffer metallischer Kontaktierungsschichten und damit die Herstellung einer Vielzahl neuer Smart Textiles. Ziel ist es, eine niederohmige und zuverlässige Kontaktierung zu metallischen Leitern oder gedruckten Leiterbahnen durch die Lasersinterung von metallischen Drucken zu realisieren. Mittels eines solchen Kontaktierungsverfahrens können neue Produkte, die sich gedruckter Leiterbahnen bedienen oder eine biegeschlaffe Kontaktierung von Metalllitzen und Kabeln erforderlich machen, für die Märkte in den Bereichen Automotive, Architektur und Innenausbau sowie in technischen Bereichen (z.B. Verbundwerkstoffe und Filtertechnik) und im Bereich intelligenter Bekleidung (z.B. gedruckte Elektrolumineszenz, „gedrucktes Licht“) erschlossen werden.

Aus Metallsalzlösungen konnten durch reduktive Fällung erfolgreich Metallpartikeldispersionen hergestellt werden, die sowohl durch Sieb- als auch Inkjetdruckverfahren verdruckt und durch die Anwendung einer Laserbehandlung in elektrisch leitfähige Strukturen überführt werden konnten. Die Partikelgröße der

hergestellten Silberpartikeldispersionen lag im Bereich von ca. 150-200 nm und bereitete beim Drucken keine Probleme hinsichtlich Agglomeratbildung oder in Bezug auf Verstopfung der Druckdüsen oder der Druckschablone. Es konnten Partikeldispersionen mit einem Silberanteil von bis zu 20% hergestellt werden. Eine einwandfreie Kontaktierung durch Lasersinterung konnte durch 3 bis 10-faches Bedrucken mit einer 25%igen Silbertinte (kommerzielles Produkt) mittels des Inkjetdrucks realisiert werden. Es wurde festgestellt, dass sämtliche auf Basis von Silberpartikeln oder auf Basis von versilberten Cu- oder Al-Partikeln aufgebauten Drucksysteme erst durch eine nachfolgende thermische Beaufschlagung oder Laserbehandlung in leitfähige Strukturen überführt werden können.

Es hat sich gezeigt, dass hochleitfähige Strukturen besonders leicht bei der Applikation auf glatten und nicht strukturierten 2D-Oberflächen erhalten werden. Je glatter und geschlossener die Struktur des textilen Trägermaterials ist, umso niedriger und umso reproduzierbarer ist der resultierende Oberflächenwiderstand der laserbehandelten Struktur. Laserbehandelte bedruckte Baumwolle zeigt im Vergleich zu Polyester eine wesentlich bessere elektrische Leitfähigkeit. Die niedrigsten Widerstände lagen hierbei bei 0,15 Ohm/sq.

Die Lasersinterung war mit einem Faser-Laser mit einer Wellenlänge von 1064 nm erfolgreich. Zur Realisierung einer hohen elektrischen Leitfähigkeit müssen die Silberpartikel gezielt geschmolzen werden, um nachfolgend netzwerkartig zu koaleszieren. Je nach vorhandener Schichtdicke des Silbers ist eine Leistung von 0,5-3 W und eine Scangeschwindigkeit von 100-200 mm/sec erforderlich, um leitfähige Strukturen zu realisieren. Dabei steigt der erforderliche Energieeintrag mit zunehmender Schichtdicke des applizierten Silbers. Für die verschiedenen Applikationsverfahren (Inkjetdruck, Siebdruck und Beschichtung) wurden hierzu geeignete Verfahrensparameter zur Erzeugung elektrisch leitfähiger Strukturen identifiziert. Die sorgsam angewandte Lasersinterung ist dabei vor allem beim Vorliegen dünner Metallpartikelschichten, wie sie durch den Inkjetdruck in 1-10-facher Bedruckung erzeugt werden, sehr wirksam. Während die reinen Drucke ohne thermische Behandlung oder Lasersinterung keine nennenswerte Leitfähigkeit aufweisen, konnten durch eine Lasersinterung Silberschichten mit Schichtdicken zwischen 0,5 und 6  $\mu\text{m}$  und einem ohmschen Widerstand von  $< 1 \text{ Ohm/sq}$  in kürzester Zeit erreicht werden. Die Durchführung eines thermischen Sinterprozesses führt ebenfalls zu leitfähigen Strukturen, jedoch liegen die Leitfähigkeitswerte niedriger als im Falle einer Laserbehandlung.

Für die elektrische Kontaktierung wurden sowohl PES-Gewebebändern mit integrierten metallisierten PA-Garnen, Edeldstahlgarnen und Mikrokabeln sowie Baumwollgewebe mit aufgenähten elektrisch leitfähigen Garnen hergestellt und mit einer elektrisch leitfähigen Tinte auf Basis von Ag-Partikeln mehrfach bedruckt und anschließend mit einem Faser-Laser unter den optimierten Prozessparametern behandelt. Hierbei konnte eine niederohmige Kontaktierung bei 10-fachem Bedrucken nur bei Baumwollsubstraten erhalten werden, während PES-Substrate bei Anwendung der Laserbehandlung meist schmelzen. Gedruckte und laserbehandelte Kontaktierungen überstanden hierbei mehr als 10.000 Biegebeanspruchungen ohne wesentliche Veränderung des Durchgangswiderstandes. Knickbeanspruchungen hingegen sind problematisch und können zu einem Verlust der Leitereigenschaften führen.

Abschließend wurde ein gedruckter elektrischer Schalter mit einer aufgenähten elektrischen Leiterbahn niederohmig kontaktiert und steht an den Forschungsstellen als Beispiel für die erfolgreiche Kontaktierung mittels des entwickelten Verfahrens zur Verfügung. Durch Berührung des Demonstrators lassen sich elektrische Geräte durch eine entsprechende Peripherie Ein/Aus-Schalten.

Im Ergebnis wurden geeignete Tinten und Pasten entwickelt, die durch die Lasersinterung für die niederohmige elektrische Kontaktierung genutzt werden können. Die hierzu erforderlichen Trägersubstrate sowie die Parameter der Lasersinterung wurden entwickelt und in einen funktionsfähigen Demonstrator überführt. Zur Erzielung einer hohen elektrischen Leitfähigkeit bedarf es einer sorgsamem Anpassung des Laserenergieeintrags unter Berücksichtigung der applizierten Schichtdicke an leitfähigen Partikeln.

### **Danksagung**

Wir danken der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 12 - 14, 10117 Berlin für die finanzielle Förderung des IGF-Vorhabens 19140 N, die über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages erfolgte. Den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses, der 3T Inkjet Textile Consulting GmbH, AMOHR Technische Textilien GmbH, BASF AG, Doduco GmbH, DP Solutions GmbH & Co. KG, Fa. Georg + Otto Friedrich Wirkwarenfabrik KG, Wilhelm Zuleeg GmbH, Gerster GmbH & Co. KG, INSKO GmbH, ITVP Produktservice GmbH, Lefatex Chemie GmbH, Leuchtstoffwerke Breitung GmbH, Lindenfarb Textilveredlung Julius Probst

GmbH, Multiplot GmbH, Allianz Faserbasierter Werkstoffe e.V., IVGT – Industrieverband Garne-Gewebe-Technische Textilien e.V. Frankfurt/M., Textilchemie Dr. Petry GmbH, Trans Textil GmbH, GSB – Wahl GmbH, W. Zimmermann GmbH & Co. KG, RAS AG, Archroma Management GmbH, Textilveredlung an der Wiese GmbH, Rathgeber GmbH & Co. KG), CHAUVIN ARNOUX GmbH danken wir für die freundliche Unterstützung des Projektes.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Der Schlussbericht des Forschungsvorhabens „Entwicklung einer flexiblen elektrisch leitenden Kontaktierung für Smart Textiles durch Lasersinterung von Metalldispersionen“ (IGF-Nr. 19140 N) ist an den Deutschen Instituten für Textil und Faserforschung Denkendorf erhältlich.

**Ansprechpartner:** Dr. Reinhold Schneider ([reinhold.schneider@ditf.de](mailto:reinhold.schneider@ditf.de))