

# 3D-Drucken von räumlich elektronischen Baugruppen

## 3D-printing of mechatronic integrated devices

Projekträger | Fördermittelgeber: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), Programm: ZIM – Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)  
Executing Organization: German Federation of Industrial Research Associations (AiF), Program: ZIM – Central Innovation Program SME | Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (BMWi)

### Aufgabenstellung

In diesem Vorhaben wird eine neuartige, additive Prozesskette zum Aufbau komplexer, hochintegrierter räumlicher elektronischer Baugruppen für Prototypen und Kleinserien entwickelt. Die Grundkörperherstellung erfolgt mittels Fused Deposition Modeling (FDM). Die Erzeugung von Leiterstrukturen innerhalb der Matrix und an der Oberfläche der FDM Bauteile wird durch strahlungs-basiertes Sintern einer Silberpartikelpaste realisiert.

### Vorgehensweise

Die elektrische Funktionalisierung von FDM Bauteilen während des additiven Bauprozesses ermöglicht eine Verkürzung der Prozesskette zur Erzeugung von elektronischen Baugruppen und eine flexible Generierung des Leiterbahnlayouts. Unter Einsatz eines Direct Printing Verfahrens wird eine Silberpartikelpaste auf die Bauteiloberfläche dispensiert. Zur Glättung der inhomogenen FDM Bauteiloberfläche wird vor dem Dispensprozess eine lokale Laserbestrahlung durchgeführt. Der Sinterprozess der Silberpartikelpaste erfolgt mittels quasi simultaner Laserbestrahlung. Die laserbasierte in-situ Erzeugung von elektrischen Leiterbahnen ermöglicht eine Funktionalisierung des Bauteils in der FDM Anlage und somit eine flexible Wiederaufnahme des Bauprozesses.

### Ergebnisse

Die Sinterung der Silberpartikelpaste wird durch thermische Erwärmung in Folge von Absorption der Laserstrahlung (Wellenlänge = 1070 nm) an der Oberfläche realisiert. Auf Grund thermischer Energie erfolgen eine sukzessive Evaporation der Bindemittel und eine Verfestigung des anteiligen Epoxidharzes. Die Verdichtung der Silberpartikel führt in diesem Zusammenhang zu einer Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit. Unter Verwendung zeitlich aufgelöster quasi-simultaner Laserbestrahlung ist eine sehr hohe Verdichtung der Silberpartikel ohne thermische Schädigung erzielbar. Die hierbei erreichten elektrischen Leitfähigkeiten der generierten Strukturen liegen bei sechs Prozent ( $3,7 \cdot 10^6$  S/m) des Reinformaterials Silber. In Abhängigkeit des Leiterbahnquerschnitts können sowohl Signalströme aber auch Strom von mehreren Ampere übertragen werden. Durch die flexible Technologie zur Leiterbahnerzeugung können aus ins Bauteil eingebettete Leiterbahnen realisiert werden.

### Task

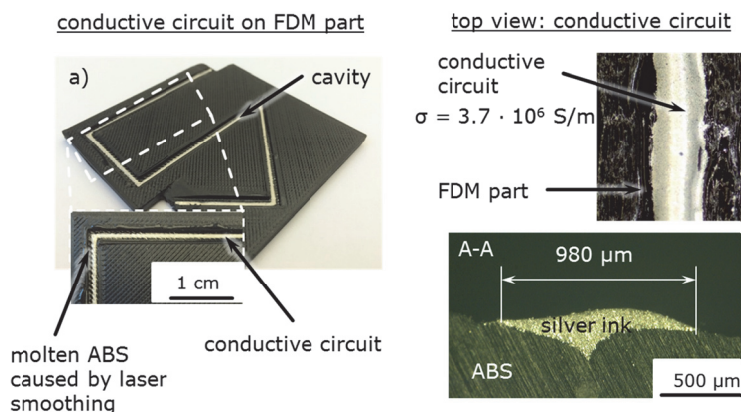
In this project a new process chain is developed to manufacture highly integrated devices for prototypes and small series. The components are produced by Fused Deposition Modeling (FDM). The generation of conductive circuits within the matrix and on the surface of the components is carried out by sintering of silver paste using laser irradiation.

### Approach

The electrical functionalization of FDM parts during additive building process enables shortening of process chain to produce electrical devices and a flexible generation of the circuit layout. By using direct printing processes silver paste can be dispensed on the part surface. A local smoothing of the part surface is done by a laser irradiation process before dispensing. The sintering process of the silver paste is carried out by quasi simultaneous laser irradiation. The laser based generation of conductive circuits enables a functionalization of FDM parts during building process.

### Results

Sintering of silver particle paste is realized by thermal heating due to absorption of laser radiation (wavelength = 1070 nm). Thus, a successive evaporation of binder and hardening of the epoxy content occurs. The densification of the silver particle paste leads to an increasing of electrical conductivity. By using temporally resolved quasi simultaneous laser irradiation a very dense structure without thermal defects can be obtained. The achieved electrical conductivity of the generated structures is about six percent ( $3.7 \cdot 10^6$  S/m) of the bulk material silver. Thus, transmission of signal currents and currents up to several amperes is possible depending on cross section of the conductive circuit. The flexible laser based technology allows also the generation of embedded conductive circuits.



Darstellung einer elektrischen Leiterbahn auf einem FDM Bauteil  
Demonstration of conductive circuit on a FDM part