

Titel: 3D-gedruckter kapazitiver Öl-Füllniveau Sensor

Einleitung: In diesem Beitrag wird ein interdigitaler 3D-gedruckter kapazitiver Sensor für die Füllstandsmessung vorgestellt. Der Sensor wurde unter Verwendung des Fused Filament Fabrication (FFF) – additiven Herstellungsverfahrens (AM) und eines handelsüblichen leitfähigen Filaments hergestellt. Die in dieser Zusammenfassung dargestellten Messungen zeigen den durchschnittlichen Anstieg der Kapazität als Reaktion auf ein inkrementell ansteigendes Volumen von Mineral-ÖL. (Viscosity ISO-VG-18).

Methode: Die kapazitiven Sensoren wurden mit der FFF AM-Technologie und eines handelsüblichen leitfähigen Filaments mit einem Volumenwiderstand von $\rho = 15 \Omega \cdot \text{cm}$ hergestellt (ProtPasta). Während der Einsatz dieser Technologie zur Herstellung von kapazitiven und anderen Sensorelementen unter Verwendung von speziell entwickelten Filamenten oder integrierten Verdrahtungen in gedruckten Strukturen bereits erforscht wurde[1][2], ist die Verwendung eines leitfähigen handelsüblichen Filaments (Polmilchsäure(PLA) basiert) für die Herstellung kapazitiver Sensoren für die Flüssigkeitsmessung ein neuartiges Forschungsgebiet und verspricht aufgrund der hohen Verfügbarkeit des Filaments ein breites Spektrum interessanter Anwendungsgebiete. Darüber hinaus ermöglicht der 3D-Herstellungsprozess eine große Flexibilität in Bezug auf das Sensordesign und eine Vergrößerung der Oberfläche zwischen den Elektroden, wodurch der relativ große Plattenabstand kompensiert wird und eine hohe Empfindlichkeit gegenüber ansteigenden Flüssigkeitsständen erzielt wird.

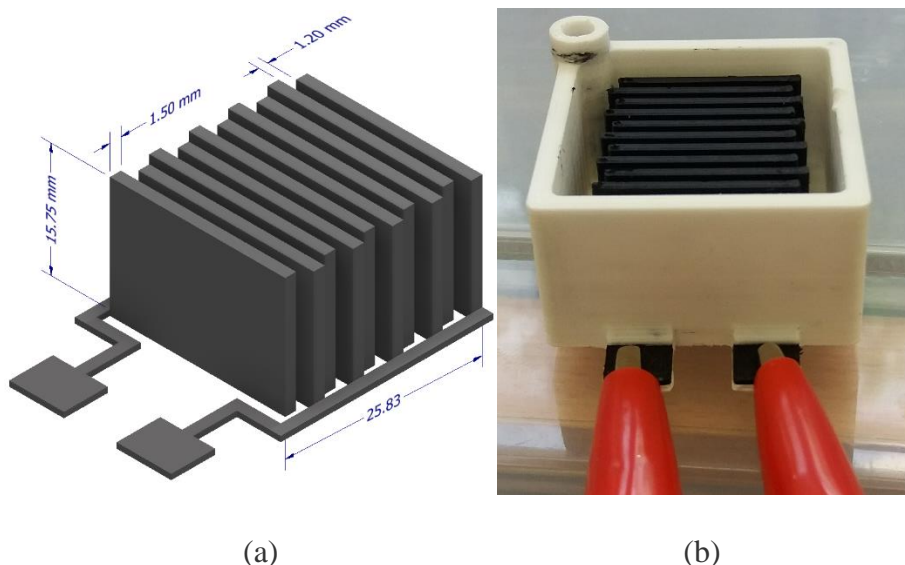


Abb. 1. (a) CAD-Zeichnung des getesteten Interdigitalkondensators mit den angegebenen Abmessungen in mm. Die Kanäle am Boden wurden eingeführt, um eine gleichmäßige Flüssigkeitsverteilung zwischen den Stellen / Platten zu gewährleisten.

(b) Foto des getesteten Sensors mit angeschlossenen Elektroden.

Der kapazitive Sensor, der im Bild und in der CAD-Zeichnung von Abbildung 1 zu sehen ist, wurde mit integriertem Gehäuse gedruckt um den Messprozess zu vereinfachen. Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse von drei Messungen, die mit dem hergestellten Prototypen durchgeführt wurden, sowie die Standardabweichung, die durch die gezeigten Fehlerbalken dargestellt wird. Die Kapazität (C) des Sensor-Prototypen wurde unter Verwendung eines Kapazitätsmessers HP4278A bezüglich eines

zunehmenden Füllvolumens (V) von Mineral-Öl (Viskosität ISO-VG-18) von 0 auf 3 ml gemessen. Die Messungen wurden bei Raumtemperatur zwischen 24 und 25 ° C durchgeführt.

Ergebnisse:

Die ersten Tests zeigen eine starke Abhängigkeit der mittleren Kapazität und zunehmenden Volumen, wobei die Kapazität C zwischen 80,633 pF für einen leeren Sensor (Luftspalt) und 110,433 pF für einen gefüllten Sensor variiert. Diese Ergebnisse sind konform mit den Simulationsergebnissen.

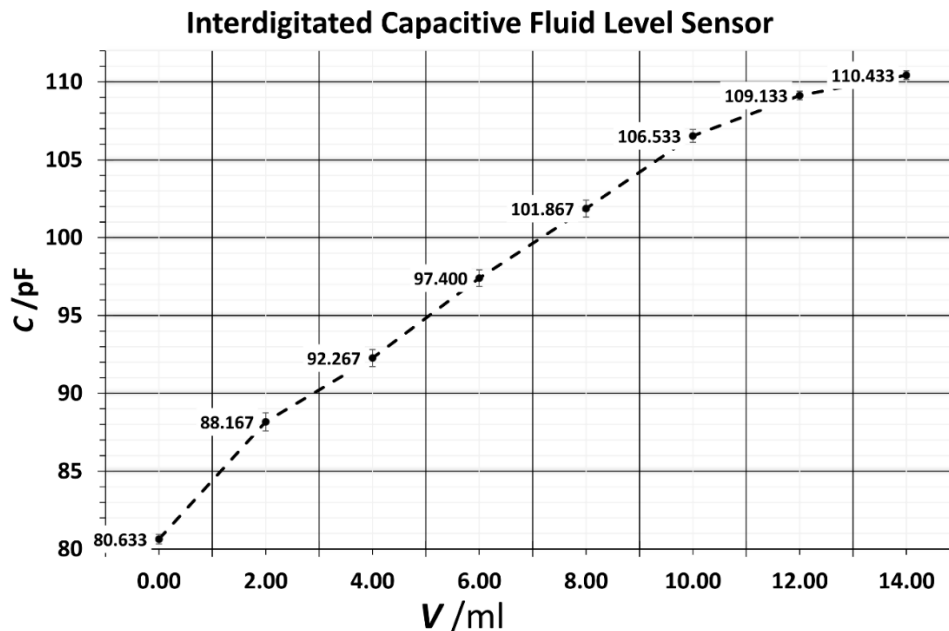


Abbildung 2. Diagramm, das die Abhängigkeit der Kapazität C des Interdigitalsensors und zunehmendem Füllvolumen V von Minerale-Öl (Viskosität ISO-VG-18) zeigt. Die Tests zeigen eine starke Abhängigkeit der Kapazität von dem ansteigenden Volumen. Die aufgetragene Kurve ist der Durchschnitt von drei Messungen, wobei die Fehlerbalken die Standardabweichung sind.

Diskussion/Conclusio: Die gezeigten Ergebnisse sind vielversprechend. Die nächsten Schritte umfassen umfangreiche Tests mit verschiedenen Geometrien und Flüssigkeiten. Die Verwendung von FFF-Verfahren für die Herstellung kapazitiver Sensoren ermöglicht die Untersuchung komplexer Geometrien, wodurch vorab mathematische Oberflächenoptimierungen und Simulationen sinnvoll sind.

Quellen:

[1] C. Shemelya et al., "3D printed capacitive sensors," 2013 IEEE SENSORS, Baltimore, MD, 2013, pp. 1-4. doi: 10.1109/ICSENS.2013.6688247

[2] Sen Wai Kwok, Kok Hin Henry Goh, Zer Dong Tan, Siew Ting Melissa Tan, Weng Weei Tjiu, Je Yeong Soh, Zheng Jie Glenn Ng, Yan Zhi Chan, Hui Kim Hui, Kuan Eng Johnson Goh, Electrically conductive filament for 3D-printed circuits and sensors, Applied Materials Today, Volume 9, 2017, Pages 167-175, ISSN 2352-9407, <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2017.07.001>.