

PolyTherm – Polymers for Thermally Demanding Applications Programm: COMET – Competence Centers for Excellent Technologies Programmlinie: K-Projekte

COMET-Einzelprojekt, Laufzeit und Projekttyp: Kationische Aushärtung von Epoxid-Duromeren mit maßgeschneiderten Eigenschaften, basierend auf Simulationsmethoden, 04/2017-03/2021, strategisch

3D-Druck von polymeren high- κ Dielektrika: Herstellung von Formkörpern mit geringem Schrumpfung während des Druckprozesses

Als 3D-Druck werden Fertigungsverfahren bezeichnet, bei denen Materialien Schicht für Schicht aufgetragen werden, um dreidimensionale Gegenstände zu erzeugen. Der schichtweise Aufbau erfolgt dabei computergesteuert aus flüssigen Werkstoffen nach vorgegebenen Formen. Die Schichten werden individuell gehärtet, beispielsweise durch chemische Vernetzung. Durch diese Vernetzung tritt ein Volumenschrumpfung auf, der zu geometrischen Abweichungen zwischen der gedruckten und der vorgegebenen Form führt. In einer Zusammenarbeit zwischen der MU Leoben, der TU Graz, der Universität Southampton, dem Politecnico di Torino und dem PCCL wurde ein Harzsystem entwickelt, das geringen Volumenschrumpfung und maßgeschneiderte dielektrische Eigenschaften aufweist.



High- κ Dielektrika

Dielektrika ist der Sammelbegriff für elektrisch nichtleitende oder nur schwach leitende Materialien, also für Materialien, in denen Ladungsträger nicht oder nur kaum beweglich sind, sodass kein Stromfluss durch diese Materialien erfolgen kann. Auf Grund dieser Eigenschaften finden Dielektrika ubiquitären Einsatz in Kondensatoren, Kabeln, Hochfrequenz- und Hochspannungsbauteilen.

Der Trend zur Miniaturisierung beispielsweise in der Mikroelektronik ist ungebrochen. Die Vorteile der Miniaturisierung sind mannigfaltig und reichen von der Ressourceneffizienz (geringerer Materialeinsatz für die Herstellung von Bauteilen) über den geringen Stromverbrauch in hochintegrierten Schaltkreisen bis zu höheren Schaltgeschwindigkeiten. Durch diese Miniaturisierung wird aber die Entstehung von Leckströmen begünstigt, sodass in letzter Konsequenz Dielektrika mit besonderen Eigenschaften in diesen Bauteilen eingesetzt werden müssen.

Bei den besonderen Dielektrika handelt es sich um die sogenannten high- κ Dielektrika, also Materialien, die eine höhere Dielektrizitätszahl als Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid aufweisen. Wird beispielsweise ein solches high- κ Material als Isolator in einem Kondensator eingesetzt, so kann im Rahmen der Miniaturisierung dessen Kapazität auch bei höheren Schichtdicken der Isolation erhalten werden, während zeitgleich die Leckströme drastisch reduziert werden.



3D-Druck von Formkörpern aus Polymerlösungen

Unter den zahlreichen 3D-Druckverfahren ist das sogenannte *digital light processing* DLP-Verfahren zum 3D-Druck von Photopolymeren, also Polymeren die unter Bestrahlung chemische Reaktion eingehen, besonders geeignet.

Dabei wird in einem DLP-Drucker eine höhenverstellbare Plattform in der Harzformulierung aufgehängt und beleuchtet; der Formkörper wird

durch die Höhenbewegung der Plattform Schicht für Schicht aufgebaut.

Hauptvorteile der DLP-Technik sind hohe Genauigkeit und Auflösung sowie die Erzeugung glatter Oberflächen. Als Nachteil ist der Volumenschwupf zu nennen, der auf Grund der Polymerisations- und Vernetzungsreaktion auftritt.

Harzmischungen mit Expansionspolymeren

Im strategischen Projekt des K-Projekts PolyTherm wurden Spiroorthoester-Monomere hergestellt: Das sind Monomere, die Ringöffnung eingehen können. Da diese Ringöffnung unter Volumensexpansion erfolgt, kann somit der Volumenschwupf während der chemischen Vernetzungsreaktion kompensiert werden. Dieser Spiroorthoester wurde gemeinsam mit einem Ethylenglycol-Vinylether 3D-gedruckt (Abbildung 1). Während der Schwupf um 2 Prozentpunkte verringert wurde, stieg die Dielektrizitätszahl auf Werte bis zu 100 bei Frequenzen von 50 Hz.

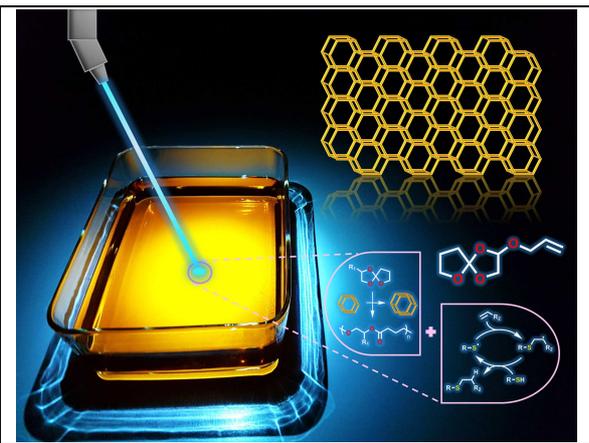


Abb. 1: 3D-Druck von Photopolymeren.

Wirkungen und Effekte

Harze, die während der Härtingsreaktion Schwupf zeigen, neigen oftmals zur Rissbildung und Ablösung von den Oberflächen (sogenannte Delamination). Da diese Materialschädigungen die Isolationswirkung signifikant reduzieren, ist der Volumenschwupf besonders kritisch zu bewerten. Wenn solche Dielektrika als Harz zur Isolation gegen Stromfluß eingesetzt werden, ist die gewünschte Schutzwirkung des Harzes nicht mehr uneingeschränkt gewährleistet, wodurch ein Versagen von Bauteilen möglich ist.

Die Härtingsreaktion der im K-Projekt PolyTherm entwickelten Harzmischung wurde so gewählt, dass sie entweder durch Erwärmen der Harzmischung oder durch Bestrahlung der Harzmischung erfolgen kann. Wird UV-Licht als Auslöser der Härtingsreaktion gewählt, ist auch der hier dargestellte 3D-Druck solcher Harzmischungen möglich.

Die 3D-gedruckten Harze zeigen hohe Dielektrizitätszahlen von bis zu 100 (zum Vergleich: ab einer Dielektrizitätszahl größer als 3,9, dem Referenzwert von Siliziumdioxid, wird von high-κ-Materialien gesprochen). Trotz dieser hohen Dielektrizitätszahl werden mit diesen Materialien nur äußerst geringe Leitfähigkeiten im Bereich von lediglich 10^{-11} S/cm erhalten.

In einer Zusammenarbeit der MU Leoben, der TU Graz, der University of Southampton, dem Politecnico di Torino und dem PCCL wurde im Rahmen des K-Projekts PolyTherm ein Harzsystem entwickelt, aus dem mittels *digital light processing* dreidimensionale elektronische Materialien der nächsten Generation gedruckt werden können.

Kontakt und Informationen

K-Projekt PolyTherm

Polymer Competence Center Leoben
Roseggerstrasse 12, 8700 Leoben
T +43 3842 42962 0
E office@pccl.at; H https://www.pccl.at

Projektkoordination

Frank Wiesbrock

Projektpartner

Organisation	Land
Montanuniversität Leoben	Österreich
University of Southampton	Großbritannien
TU Graz	Österreich
Politecnico di Torino	Italien
TU Dortmund	Deutschland

Weitere Informationen zu COMET – Competence Centers for Excellent Technologies: www.ffg.at/comet

Diese Success Story wurde von der Konsortialführung/der Zentrumsleitung zur Verfügung gestellt und zur Veröffentlichung auf der FFG-Website freigegeben. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die FFG keine Haftung.