

TexPie

Textured lead-free piezoceramic materials by additive manufacturing for high-performance ultrasonic transducers

Programm / Ausschreibung	Produktionstechnologien, Produktionstechnologien, M-ERA.net Ausschreibung 2023	Status	laufend
Projektstart	01.04.2024	Projektende	31.03.2027
Zeitraum	2024 - 2027	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	additive manufacturing, piezoceramics, transducers		

Projektbeschreibung

Das Gesamtziel des TexPie-Projekts ist die Erforschung von texturierten bleifreien Hochleistungs-Piezokeramiken, die mit der RoHS-Richtlinie der EU in Einklang stehen, wie am Beispiel des BNT-BT-Systems für Leistungsultraschallanwendungen gezeigt wird. Obwohl der grundsätzliche Ansatz der Texturierung bekannt ist, besteht ein gravierender Mangel an grundlegenden, systematischen Untersuchungen zum Design der Werkstoffe, Granulate, Suspensionen und Technologieparameter in Verbindung mit Bauteilform und Strukturfeinheit.

Das Projekt TexPie verfolgt dabei die folgenden Ziele:

- Bleifreie piezokeramische Suspensionen für den Einsatz im 3D-Druck in VPP-Prozessen (Vat Photopolymerization) mit Feststoffgehalten ≥ 40 Vol.-% Keramik, Viskosität ≤ 20 Pas bei einer Scherrate von 20 s^{-1}
- Leistungsstarke piezoelektrische Natrium-Bismut-Titanat-Barium-Titanat (BNT-BT)-Matrixpulver ($d_{33} \geq 150 \text{ pC/N}$) mit kontrollierter Partikelgröße und -form (Partikelgröße $\leq 1 \mu\text{m}$) für hochdichte, hochorientierte Keramikstrukturen
- Geeignete chemische Zusammensetzungen und Formen von plättchenförmigen Schablonen für piezokeramische Teile auf BNT-BT-Basis, die mittels VPP mit einem Aspektverhältnis ≥ 10 und einer kontrollierbaren Partikelgröße im Bereich von $1 - 10 \mu\text{m}$ hergestellt werden, sowie deren skalierbare Herstellung
- Optimale Parameter für die Herstellung von BNT-basierten Komponenten durch VPP mit Strukturgrößen von $250 \mu\text{m}$ bis 8 mm bis zu einer Größe von $50 \times 50 \times 20 \text{ mm}$.
- Thermische Prozessmodelle und optimierte thermische Prozessparameter für das Entbindern und das Sintern von piezokeramischen Komponenten mit komplexer Geometrie, um dichte (≥ 98 % relative Dichte) und defektfreie gesinterte Komponenten zu erhalten (keine Risse, interlaminaire Defekte oder Lufteinschlüsse $\geq 250 \mu\text{m}$, Weibull-Modul $m \geq 10$ in Bezug auf die Ausbeute)
- Texturierte bleifreie Hochleistungs-Piezokeramiken auf BNT-Basis mit Lotgering-Faktor $\geq 0,8$.
- Verbesserung der elektromechanischen Kopplungseigenschaften von texturierten BNT-basierten Piezokeramiken im Vergleich zu isotropen Materialien um ≥ 50 % d_{33} und ≥ 100 % max.
- Technologiedemonstration in sonochemischen und biomedizinischen Anwendungsumgebungen

TexPie konzentriert sich auf die Gewinnung neuer Erkenntnisse über die Beziehungen zwischen Materialzusammensetzung, Struktur, Technologieparametern und funktionellen Eigenschaften für untexturierte und texturierte BNT-BT-Piezokeramiken.

Erwartet werden experimentelle Daten zu BNT-BT-Piezokeramiken sowie zu Formgebungsprozessen mittels VPP und thermischen Prozessen, d.h. BBO und Sintern. Darüber hinaus sollen Modelle zum Entbindern von VPP-gefertigten Komponenten experimentell validiert werden, die die verbesserte Funktionalität von texturierten BNT-BT-Piezokeramikkomponenten in Demonstrationsanwendungen zeigen.

Abstract

The overall objective of the TexPie project is research on textured lead-free high-performance piezoceramics which are in line with the RoHS directive of the EU exemplarily shown for the BNT-BT system in power ultrasonic applications. Even though the basic approach of texturing is known there is a serious lack of fundamental, systematic investigations on the design of the materials, granules, suspensions, and technology parameters in connection with component shape and structural fineness. We pursue:

- Lead-free piezoceramic suspensions for use in additive manufacturing by vat photopolymerization (VPP) processes with solids loading ≥ 40 vol % ceramic, viscosity ≤ 20 Pas at a shearing rate of 20 s^{-1}
- High-performance piezoelectric sodium bismuth titanate barium titanate (BNT-BT) matrix powder ($d_{33} \geq 150 \text{ pC/N}$) with controlled particle size and shape (particle size $\leq 1 \text{ }\mu\text{m}$) for high-density, highly oriented ceramic structures
- Suitable chemical compositions and shapes of platelet-like templates for BNT-BT-based piezoceramic parts fabricated by VPP with an aspect ratio ≥ 10 and a controllable particle size in the range of $1 - 10 \text{ }\mu\text{m}$, and their scalable fabrication
- Optimal technology parameters for the fabrication of BNT-based components by VPP with feature sizes ranging from $250 \text{ }\mu\text{m}$ to 8 mm up to a size of $50 \times 50 \times 20 \text{ mm}$.
- Thermal process models and optimized thermal process parameters for binder-burnout (BBO) and sintering of piezoceramic components with complex geometry to achieve dense (≥ 98 % relative density) and defect-free sintered components (no cracks, interlaminar defects or air inclusions $\leq 250 \text{ }\mu\text{m}$, Weibull modulus $m \geq 10$ in regard of yield)
- Textured lead-free high-performance BNT-based piezoceramics with Lotgering factor ≥ 0.8 .
- Enhancement of the electro-mechanical coupling properties of textured BNT-based piezo-ceramic material compared to isotropic by ≥ 50 % d_{33} and ≥ 100 % max. strain
- Technology demonstration in sonochemical and biomedical application environments

TexPie is focused on the generation of scientific knowledge on relationships between material composition, structure, technology parameters and functional properties for untextured and textured BNT-BT piezoceramics. It is expected to achieve experimental data on BNT-BT piezo-ceramics as well as on shaping processes using VPP, and thermal processes, i.e. BBO and sintering. In addition, we aim to experimentally validate models for BBO of VPP-fabricated components and setups that demonstrate the improved functionality of textured BNT-BT piezoceramic components in demonstrator application environments.

Projektpartner

- Lithoz GmbH