

## TexPie

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

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Produktionstechnologien, Produktionstechnologien, M-ERA.net Ausschreibung 2023	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.04.2024	<b>Projektende</b>	31.03.2027
<b>Zeitraum</b>	2024 - 2027	<b>Projektlaufzeit</b>	36 Monate
<b>Keywords</b>	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  $\geq 40$  Vol.-% Keramik, Viskosität  $\leq 20$  Pas bei einer Scherrate von  $20 \text{ s}^{-1}$
- 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  $\geq 10$  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  $8 \text{ mm}$  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 ( $\geq 98$  % 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  $\geq 50$  %  $d_{33}$  und  $\geq 100$  % 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  $\geq 40$  vol % ceramic, viscosity  $\leq 20$  Pas at a shearing rate of  $20 \text{ s}^{-1}$
- 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  $\geq 10$  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  $8 \text{ mm}$  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 ( $\geq 98$  % relative density) and defect-free sintered components (no cracks, interlaminar defects or air inclusions  $\geq 250 \text{ }\mu\text{m}$ , Weibull modulus  $m \geq 10$  in regard of yield)
- Textured lead-free high-performance BNT-based piezoceramics with Lotgering factor  $\geq 0.8$ .
- Enhancement of the electro-mechanical coupling properties of textured BNT-based piezo-ceramic material compared to isotropic by  $\geq 50$  %  $d_{33}$  and  $\geq 100$  % 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