

LISAM-SiC

Laser-induced Slipcasting as novel Additive Manufacturing Process for High-performance Silicon Carbide Ceramics

Programm / Ausschreibung	DST 24/26, DST 24/26, Bilateral Call with the Chinese Academy of Sciences, 2025	Status	laufend
Projektstart	01.01.2026	Projektende	31.12.2028
Zeitraum	2026 - 2028	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	additive manufacturing; silicon carbide; sintering		

Projektbeschreibung

Hochleistungskomponenten aus Keramik spielen eine wichtige und unersetzliche Rolle in High-End-Industriebereichen wie der chemischen Industrie und der Halbleitertechnik. Die hohe Härte und Sprödigkeit von keramischen Materialien erschwert jedoch deren Verarbeitung erheblich. Hochleistungskeramiken aus Siliziumcarbid (SiC) zeichnen sich durch Eigenschaften wie Hochtemperaturbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Oxidationsbeständigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit aus. Sie sind wichtige Kernmaterialien für die Entwicklung von Spezialausrüstung wie Luft- und Raumfahrt, präzisionsoptischen Geräten, Halbleiterbauelementen und chemischen Mikroreaktoren. Beispielsweise haben Siliziumcarbid-Komponenten wie optische Teile, Waferboote oder Präzisionsarbeitstische direkten Einfluss auf die Entwicklung von Photolithographiegeräten und die Halbleitersausrüstungsindustrie. Diese Siliziumcarbidkomponenten mit komplexen Strukturen erfordern in der Regel eine hohe Reinheit, hohe mechanische Eigenschaften, mechanische und thermische Stabilität sowie Korrosionsbeständigkeit usw. Daher haben Präzisionskomponenten aus Siliziumcarbidkeramik direkten Einfluss auf die Entwicklung der Halbleitersausrüstungsindustrie, wie z. B. Photolithographiegeräte, und sogar auf die gesamte Halbleiterindustriekette. Daher dienen Hochleistungs-Präzisionskeramiken als Sprungbrett für neue Materialtechnologien, die in High-End-Fertigungsbereichen wie der Halbleiterindustrie Einzug halten. Mit den traditionellen Keramikformgebungsverfahren ist es schwierig, Keramikkomponenten mit komplexen und feinen Strukturen herzustellen. Die bestehenden Keramik-3D-Drucktechnologien weisen jedoch häufig Probleme wie eine zu große Pulverpartikelgröße, eine geringe Dichte nach dem Sintern und eine geringe Formgenauigkeit auf. Dies führt speziell im Fall von Siliziumcarbid zu geringen mechanischen Eigenschaften der resultierenden Bauteile sowie rauen Oberflächen, was den Anwendungsbereich von Keramikkomponenten stark einschränkt. Derzeit ist es für bestehende 3D-Drucktechnologien äußerst schwierig, Submikron-Keramikpartikel für das Atmosphärendruck-Sintern von SiC zu drucken. Einige wenige auf Materialextrusion-basierende additive Fertigungsverfahren (AM) können Submikron-Keramikpartikel drucken, aber ihre Präzision, Homogenität und Gesamtqualität sind nicht ausreichend für technische Anwendungen. Die Entwicklung neuer 3D-Druckverfahren und die damit in Zusammenhang stehende Entwicklung von Submikron-SiC-Materialien zählen daher zu den wichtigsten Herausforderungen, die bei der Herstellung hochpräziser und leistungsstarker SiC-Keramiken mit komplexer Struktur dringend bewältigt werden müssen.

Abstract

High-performance ceramic complex components play a significant and irreplaceable role in high-end industrial fields such as fine chemicals and semiconductors. However, the high hardness and brittleness of ceramic materials make processing extremely difficult. High-performance silicon carbide ceramics possess characteristics such as high-temperature resistance, corrosion resistance, oxidation resistance, and thermal shock resistance. They are key core materials required for the development of special equipment such as aerospace, precision optical devices, semiconductor devices, and chemical microreactors. For instance, Silicon carbide ceramics components such as optical parts, wafer boats, suction cups, and precision worktables directly affect the development of photolithography machines and the semiconductor equipment manufacturing industry. These silicon carbide components with complex structures usually require high purity, high mechanical properties, mechanical and thermal stability, and corrosion resistance, etc. Therefore, precision silicon carbide ceramic components directly affect the development of semiconductor equipment manufacturing such as photolithography machines and even the entire semiconductor industry chain. Therefore, high-performance precision ceramics serve as a springboard for new materials technology to overflow into high-end manufacturing fields such as semiconductors. The traditional ceramic forming methods make it difficult to directly produce ceramic components with complex and fine structures. However, the existing ceramic 3D printing technology often has problems such as overly large powder particle size, low density after sintering, and low forming accuracy. This directly leads to low mechanical properties of ceramic components and rough forming surfaces, which greatly limits the application range of ceramic components. At present, it is difficult for 3D printing technologies and equipment to print sub-micron ceramic particles for atmospheric pressure sintering of SiC. A few material extrusion-based additive manufacturing (AM) methods can print sub-micron ceramic particles, but their precision, homogeneity and overall quality is very poor. The development of new 3D printing methods and the development of sub-micron SiC ceramic printings have become the key challenges that need to be urgently overcome in the preparation of high-precision and high-performance complex-structured SiC ceramics.

Projektpartner

- Lithoz GmbH