

mcPLASMA-lysis

High Performance Nanocarbon and Carbide Materials Methane-Plasma-Lysis

Programm / Ausschreibung	Rohstoffe 2024	Status	laufend
Projektstart	01.10.2025	Projektende	30.09.2027
Zeitraum	2025 - 2027	Projektaufzeit	24 Monate
Keywords	Nanocarbon, Carbide, CH4, Atmospheric Pressure Plasma Jet Technology, Plasmalyse		

Projektbeschreibung

Das Projekt mcPLASMA-lysis adressiert den dringenden Bedarf an hochreinen Nanokohlenstoff- und Carbid-Pulvermaterialien - wie kristallinem Nanographit, Graphen-Submikronflocken, Siliziumkarbid (SiC) und Borkarbid (B4C) - für Anwendungen der nächsten Generation in der Mikroelektronik, Energiespeicherung, Verteidigung und Luft- und Raumfahrt. Herkömmliche Synthesemethoden, insbesondere die meist angewandte Hochtemperatur-Karbothermie-Reduktion (bei 1700-2500 °C mit einem Energieverbrauch von über 7-9,1 kWh/kg) sind durch geringe Energieeffizienz und hohe Umweltauswirkungen (CO2-Emissionen) gekennzeichnet. Zudem basieren die Lieferketten auf Importen aus Ostasien und den USA, wodurch bei diesen strategisch höchst bedeutenden Materialien eine weitgehenden Abhängigkeit Europas besteht.

Als Reaktion darauf fokussiert das Projekt auf die innovative, "grüne" Plasmalyse als Alternativtechnologie, welche vor allem durch die Plasmaquellen von INO in mittlerem Energiebereich höchst effizient und steuerbar Methan aus fossilen und erneuerbaren biobasierten Quellen unter atmosphärischem Druck zur Mikro- und Nanopulver synthetisieren kann. Dieser Prozess wird sowohl für Plasmaprozessierung in der Gasphase (Methandissoziation durch Inertgas-Plasma) als auch in der Flüssigphase (d. h. Dissoziation an der Oberflächen von Plasma-Gasblasen in nicht toxischen Flüssigkeit) mit präziserer Reaktionskontrolle und Eignung speziell für Nanopulver entwickelt. Quantifizierte Ziele umfassen die Herstellung von (Sub-)Mikropulvern mit Partikelgrößen von 0,5-10 µm und Kristallinitäten über 85% sowie von Nanopulvern <200 nm mit Kristallinitäten zwischen 70% und 80%. Der Prozess zielt außerdem auf eine Methan-Umwandlung von über 85 % in einem einzigen Plasmadurchgang im Labormaßstab (industriell >95%) und die Abtrennung von Wasserstoff mit einer Reinheit von über 99% ab. Gleichzeitig soll der CO2-Gesamtfußabdruck durch zukünftige Abwärme-Rückgewinnung und die Wiederverwendung von Inertgasen im geschlossenen Kreislauf auf nahezu Null reduziert werden.

Die Projektziele umfassen die Entwicklung robuster, skalierbarer Plasmareaktorsysteme und die Integration einer umfassenden Prozessüberwachung, unterstützt durch CFD-basierte Plasma-Simulationen. Diese F&E fokussiert auf Steigerung des Technologiereifegrads innerhalb von zwei Jahren von TRL 2-3 auf TRL 4 steigern. Potenziellen industriellen Endnutzern innerhalb des bestehenden Kundennetzwerks von RHP (Mikroelektronik, Verteidigung, Kernenergie, Luft- und Raumfahrt usw.) sowie namhaften akademischen Forschungspartnern werden am Projektende bereits experimentelle Pulver und Sinterkomponenten zur Evaluierung bereitgestellt. Damit werden optimale Voraussetzungen für eine anschließende

Skalierung auf Prototypenprozesse geschaffen. Darüber hinaus zielt das Projekt auf eine deutliche Kostensenkung im Vergleich zur Carbothermal-Synthese (>40 %) ab, um die industrielle Wettbewerbsfähigkeit zu stärken und die Unabhängigkeit der europäischen Lieferketten zu gewährleisten – ein strategisches Gebot im heutigen geopolitischen Umfeld.

Insgesamt kombiniert mcPLASMA-lysis bahnbrechende Plasmaprozess-Innovationen mit strengen Nachhaltigkeits- und Sicherheitsstandards und bietet einen transformativen, umweltfreundlichen Weg zu Hochleistungs-Mikro- und -Nanomaterialien, die die strengen Anforderungen heutiger und zukünftiger Hochtechnologie-Anwendungen erfüllen.

Abstract

The mcPLASMA-lysis project addresses the critical need for advanced, high-purity nanocarbon and carbide powder materials—such as crystalline nanographite, graphene submicron flakes, silicon carbide (SiC), and boron carbide (B4C)—for next-generation applications in microelectronics, energy storage, defense, and aerospace. Traditional synthesis methods, notably mostly applied high-temperature carbothermal reduction (operating at 1700–2500 °C with energy consumptions exceeding 7–9.1 kWh/kg and significant CO₂ emissions), pose limitations in energy efficiency, environmental impact, and especially supply chain resilience, particularly given Europe's quite full dependency on imports from East Asia and the US for such strategically important material class.

In response, the project proposes an innovative plasmalysis approach that leverages mid-energy plasma jets to dissociate methane, sourced from both fossil and renewable bio-based feedstocks, under atmospheric pressure. This process is designed to achieve precise reaction control in both gas-phase (methane dissociation by inert plasma for micropowders) and liquid-phase regimes (i.e. at the interface to plasma-gas bubbles with general high nanopowder yield). Quantified targets include the production of (sub-)micro powders with particle sizes of 0.5–10 µm and crystallinities exceeding 85%, as well as nanopowders <200 nm with crystallinity between 70% and 80%. The process further aims for a methane conversion rate of over 85% in a single plasma pass at lab-scale level (industrialized >95%) and the separation of hydrogen with purity greater than 99%, while reducing the overall CO₂ footprint to near-zero levels through future waste heat recovery and closed-loop inert gas reuse.

The project's objectives extend to the development of robust, scalable plasma reactor systems and the integration of comprehensive process monitoring supported by CFD-based simulations. These efforts are expected to elevate the technology readiness level from TRL 2–3 to TRL 4 within two years, providing experimental powders and sintered components to potential industrial end-users within RHP's still existing customer network (microelectronics, defense, nuclear power, aerospace, etc.) as well as academic research for evaluation, setting optimal stage for the subsequent scale-up to prototypes and products. Additionally, the project targets significant cost reduction compared to carbothermal synthesis (>40%), thereby enhancing industrial competitiveness and ensuring European supply chain independence – a strategic imperative in today's geopolitical landscape.

Overall, mcPLASMA-lysis combines breakthrough plasma process innovation with rigorous sustainability and safety standards, offering a transformative, environmentally benign route to high-performance micro- and nanomaterials that meet the stringent specifications demanded by cutting-edge technological applications.

Projektkoordinator

- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Projektpartner

- RHP-Technology GmbH