HIPER-TIMs4S

High Performance Thermal Interface Materials for Applications in Space

Programm / Ausschreibung	Weltraum, Weltraum, ASAP Ausschreibung 2023	**Status**	laufend
Projektstart	01.05.2024	**Projektende**	30.08.2025
Zeitraum	2024 - 2025	**Projektlaufzeit**	16 Monate
Keywords	Thermal Interface Materials, Nanocomposites, Paste, Metal sheets, Liquid Metal Alloy, Thermal conductivity, electricallly conductive, electrically insulating, low outgassing		

Projektbeschreibung

Effizientes thermisches Management ist entscheidend für Raumfahrzeuge, die ausgedehnte Weltraumreisen antreten, um optimale Bedingungen für Besatzung und Ausrüstung aufrechtzuerhalten und die Struktur des Raumfahrzeugs zu schützen. Thermische Schnittstellenmaterialien (TIMs) stehen im Weltraum vor Herausforderungen aufgrund extremer Bedingungen wie Temperaturschwankungen, Strahlenexposition, Vakuumumgebungen, Mikrogravitationseffekten und der Notwendigkeit langfristiger Zuverlässigkeit. Das HIPER-TIMs4S-Projekt zielt darauf ab, fortschrittliche TIMs mit stabiler thermischer Leitfähigkeit unter unterschiedlichen Bedingungen zu entwickeln, was für den Erfolg und die Langlebigkeit von Weltraummissionen entscheidend ist.
In der ersten Phase des Projekts durchlaufen vier Kategorien von TIMs Entwicklung, Test und Bewertung: Nanokomposite, kohlenstoffbasierte Pasten, Metallbleche und Flüssigmetalle. Das Ziel besteht darin, die vielversprechendsten elektrisch leitfähigen und isolierenden TIMs mit hoher thermischer Leitfähigkeit zu identifizieren. Antizipierte Ergebnisse umfassen die Entwicklung von TIMs mit Wärmeleitfähigkeiten im Bereich von 11 bis 100 W/(m K), abhängig vom Materialtyp. Um die erforderlichen elektrischen und mechanischen Eigenschaften für Raumfahrtanwendungen zu erreichen, werden bestimmte Kompromisse bei den thermischen Eigenschaften gemacht. In der zweiten Phase des Projekts werden weitere Optimierungen, Tests und Bewertungen durchgeführt. Das übergreifende Ziel besteht darin, thermische Eigenschaften zu erreichen, die mit denen kommerzieller TIMs für Raumfahrtanwendungen übereinstimmen. Das Projekt betont Umweltauswirkungen und Kosteneffizienz, mit dem Ziel, leistungsstarke, nachhaltige und wirtschaftlich tragfähige TIMs für Raumfahrtanwendungen herzustellen.
ATTO erkennt die Bedeutung von Spitzenforschung in TIMs für thermische Managementsysteme und stimmt mit ihren Ambitionen überein, maßgeschneiderte TIMs-Materialien mit spezifischen Funktionalitäten bereitzustellen. Im Folgeprojekt (F&E&I) werden die ausgewählten TIMs zusätzlichen Optimierungen und Validierungen in Zusammenarbeit mit AAC, FH Wr. Neustadt, FH Wels und RHP Space & Technology unterzogen. Der Innovationsansatz begegnet unterschiedlichen thermischen Herausforderungen mit modernsten Technologien, aber es gibt Herausforderungen in Bezug auf Komplexität, Kostenmanagement, regulatorische Compliance und Marktzulassung. Eine erfolgreiche Umsetzung erfordert eine sorgfältige Navigation dieser Herausforderungen und eine gut durchdachte Strategie, um Attophotonics als führend in der Bereitstellung innovativer thermischer Lösungen für Raumfahrtanwendungen zu positionieren. Die Entwicklungsstraße des Projekts sieht

einen lokalen Mehrwert durch ein Netzwerk von Partnerunternehmen vor, um die Produktion der entworfenen Produkte bei Attophotonics zu gewährleisten.
Das Projekt entspricht dem Call "Technologien für Raumfahrt" und zielt darauf ab, die Wettbewerbsfähigkeit des Raumfahrtsektors durch die Entwicklung umweltfreundlicher, ressourceneffizienter, leistungsstarker und kosteneffektiver TIMs zu stärken. Das HIPER-TIMs4S-Projekt, obwohl ehrgeizig und mit hohem Risiko verbunden, vereint Kompetenzen in Attophotonics - intelligenten funktionalen Materialien.

Abstract

Efficient thermal management is essential for spacecraft embarking on extended space journeys to maintain optimal conditions for the crew and equipment, ensuring the protection of the spacecraft structure. Thermal Interface Materials (TIMs) encounter challenges in space due to extreme conditions such as temperature variations, radiation exposure, vacuum environments, microgravity effects, and the necessity for long-term reliability. The HIPER-TIMs4S project aims to develop advanced TIMs with stable thermal conductivity across varying conditions, which is crucial for the success and durability of space missions.
In the first phase of the project, four categories of TIMs undergo development, testing, and evaluation: nanocomposites, carbon-based pastes, metal sheets, and liquid metals. The objective is to identify the most promising electrically conductive and insulating TIMs with high thermal conductivity. Anticipated results include the development of TIMs with thermal conductivities ranging from 11 to 100 W/(m K), depending on the material type. To achieve the required electrical and mechanical properties for space applications, certain compromises in thermal properties will be made. In the second phase of the project, further optimization, testing, and evaluation will be conducted. The overarching goal is to attain thermal characteristics aligned with those of commercial TIMs for space applications. The project emphasizes environmental impact and cost-effectiveness, aiming to produce high-performing, sustainable, and economically viable TIMs for space applications.
ATTO recognizes the significance of cutting-edge research in TIMs for thermal management systems and concurs with their ambitions to provide customized TIMs materials with specific functionalities. In the Follow-up (F&E&I) project, the selected TIMs will undergo additional optimizations and validations in collaboration with AAC, FH Wr. Neustadt, FH Wels, and RHP Space & Technology. The innovation approach addresses diverse thermal challenges with state-of-the-art technologies, but challenges exist in complexity, cost management, regulatory compliance, and market acceptance. Successful implementation requires careful navigation of these challenges and a well-executed strategy to position Attophotonics as a leader in providing cutting-edge thermal solutions for space applications. The project's development road envisions local value gain through a network of partner companies, ensuring the production of designed products at Attophotonics.
The project aligns with the call for "Technologies for space travel" and aims to enhance the competitiveness of the space sector by developing environmentally friendly, resource-efficient, powerful, and cost-effective TIMs. The HIPER-TIMs4S project, although ambitious and high-risk, brings together competences in Attophotonics - smart functional materials.

Endberichtkurzfassung

Project Summary

This project investigated a broad range of thermal interface materials (TIMs), including polymer nanocomposites, carbon– and metal-based pastes, metallic composites, and coated metal foils, with the objective of identifying high-performance solutions suitable for space applications. The work focused on sustainable material design by using greener polymers and fillers while meeting stringent thermal, electrical, and mechanical requirements.

A comprehensive experimental approach was established, covering filler selection, composite formulation, rheology adjustment, high-shear dispersion, film casting, curing, and through-plane thermal conductivity measurements. Both insulating and conductive systems were developed. Additional studies addressed metallic TIMs based on liquid-metal alloys containing copper flakes, as well as graphite-coated metallic foils.

Key Results:

• Conductive polymer TIMs based on Clearsoft Silicone ADDV-612 (2:1) with graphene nanoplatelets achieved 9.5 W/m·K .
• Insulating polymer TIMs using Al_2O_3 reached 3.6 W/m·K .
• Metallic composites (In–Bi–Sn matrix with Sn/Cu flakes) reached 31 W/m·K .
• Metallic foils (e.g., 200 µm indium) with graphite lacquer achieved the highest performance, 39.3 W/m·K .
• All polymer TIMs passed thermal shock cycling between 373 K and <80 K, showing only slight conductivity increases.
• Outgassing performance under ECSS-Q-70-02 was excellent (TML 0.11%, RML 0.11%, CVCM 0.06%).

These results demonstrate that both polymer-based and metallic TIMs can be engineered to surpass the thermal performance of standard commercial materials while complying with space-grade requirements.

Outlook

Future work will focus on optimizing hybrid filler architectures, improving insulating composites, validating long-term durability under TVAC, radiation, and atomic oxygen exposure, and scaling up the manufacturing of printable, environmentally friendly TIM pads.

Projektpartner

- Attophotonics Biosciences GmbH