

ULE-Cavity-Access

Stable, fibre-coupled ultra-low-expansion cavities with good optical access for cryogenic experiments in space

Programm / Ausschreibung	ASAP, ASAP, ASAP 12. Ausschreibung (2015)	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.04.2016	Projektende	30.09.2020
Zeitraum	2016 - 2020	Projektlaufzeit	54 Monate
Keywords	MAQRO, ULE, cavities, quantum optics, cryogenic		

Projektbeschreibung

Fortschritte in der Materiewelleninterferometrie und in der Quantenoptomechanik versprechen neuartige Tests der Grundlagen der Physik an der Schnittstelle zwischen Gravitations- und Quantenphysik zu ermöglichen. Da erdbasierte Tests dieser Art schon bald an prinzipielle Grenzen stoßen könnten, schlägt das Missionsproposal MAQRO vor, die einzigartige Umgebung des Weltraums und Fortschritte in der Weltraumtechnologie zu verwenden um diese Hindernisse zu überwinden. Um diese Mission zu verwirklichen, müssen einige Kerntechnologien weiterentwickelt werden. Zum Beispiel ist ein zentraler Bauteil von MAQRO ein optischer Spiegelhohlraum (Cavity) sehr hoher Güte (high finesse) mit gutem optischem Zugang. Diese Cavity soll bei MAQRO auf einer optischen Bank außerhalb des Raumfahrzeugs in kryogener Umgebung angebracht sein. In dem Vorläuferprojekt MAQROsteps konnten wir zeigen, dass es möglich ist, mithilfe weltraumtauglicher Kleber einen thermal stabilen Cavity-Aufbau zu kleben, die man für Weltraumexperimente verwenden könnte. Allerdings wurde dies nur bei Raumtemperatur gezeigt. Um eine stabil geklebte Cavity für kryogene Umgebungen im Weltraum zu realisieren, muss man noch einigen Herausforderungen begegnen: (1) Strahlen auf der optischen Bank von MAQRO können nicht mehr justiert werden – sie müssen stabil von Glasfasern in die Cavity und wieder zurück gekoppelt werden. (2) die ursprüngliche Justage der optischen Elemente wird bei Raumtemperatur geschehen aber soll später bei kryogenen Temperaturen funktionieren. (3) die weltraumtaugliche Klebetechnologie, die verwendet werden soll, wurde noch nicht bei kryogenen Temperaturen getestet. Im vorgeschlagenen Projekt, ULE-Cavity-Access, wollen wir uns diesen Herausforderungen stellen. Wir werden Cavity-Designs entwickeln, bei denen Licht direkt von Fasern in die Cavity und wieder zurück gekoppelt wird. Wir werden diese Designs auch bei kryogenen Temperaturen testen, und wir werden in thermalen Simulationen untersuchen, wie sich die optische Bank von MAQRO beim Abkühlen verhält und das Design der Bank gegebenenfalls optimieren. Unsere Ergebnisse werden den TRL zentraler Elemente von MAQRO, den TRL von Klebetechnologie für optische Elemente, und jenen von high-finesse optischen Cavities mit gutem optischem Zugang für Weltraumanwendungen im Allgemeinen erhöhen.

Abstract

Advances in matter-wave interferometry and quantum optomechanics promise allowing novel fundamental tests of physics at the interface between quantum physics and gravity. Because ground-based experiments may soon face principal limitations with respect to such tests, the mission proposal MAQRO suggests using the unique environment of space and harnessing recent advances in space technology to overcome those limitations. To realize this mission, several core

technologies need further development. For example, one of the central elements of MAQRO is a high-finesse optical cavity on an optical bench mounted outside the spacecraft in a cryogenic environment. In the preceding project MAQROsteps, we could show that it is possible using space-proof adhesives to glue a stable cavity assembly that could be used for space-based experiments. However, this was only shown for room temperature. Realizing a stable adhesively bonded cavity for a cryogenic environment in space still holds several challenges: (1) optical beams on the optical bench of MAQRO cannot be realigned – they have to be stably coupled from glass fibres into the cavity and back again. (2) the original alignment of the optical elements will be done at room temperature but the alignment later has to operate at cryogenic temperatures. (3) the space-proof adhesive-bonding technology to be used has not been tested for cryogenic temperatures so far. In the proposed project ULE-Cavity-Access, we want to meet these challenges. We will develop cavity designs where light is coupled directly from fibres into a stably bonded cavity and back again. We will test these designs also at cryogenic temperatures, and we will perform thermal simulations to investigate the behaviour of the optical bench of MAQRO when cooled to cryogenic temperatures and adapt the design if necessary. Our results will increase the TRL of core elements of MAQRO, the TRL of adhesive-bonding technology for optical elements and the TRL of high-finesse optical cavities with good optical access for space applications in general.

Projektpartner

- Österreichische Akademie der Wissenschaften