



Gerd Harnisch



Wieland Stöckl



Simone Fabian



Sandra Müller



Erik Beckert

Die geplante ESA-Weltraummission DARWIN soll im Jahr 2014 erdähnliche extrasolare Planeten basierend auf der Methode der Nulling-Interferometrie detektieren [1, 2]. Dazu wird, auf mehrere Satelliten und Teleskope verteilt, ein Interferometer-Cluster aufgebaut, welches durch konstruktive und destruktive Interferenz das Licht der zu suchenden Planeten von dem ihrer eigentlich dominanten Zentralgestirne separiert. Für dieses Experiment werden u. a. zwei präzise achromatische Phasenschieber benötigt, die am Max-Planck-Institut für Astronomie Heidelberg entworfen und durch das Fraunhofer IOF prototypisch realisiert wurden. Aufgrund der cryogenen Umgebungstemperaturen wurde für die Phasenschieber ein weitgehend athermales Design mit ZERODUR™ als Basismaterial gewählt. Insgesamt drei hochpräzise gefertigte Prismen mit Spiegelflächen aus Gold sind in einer Phasenschieber-Baugruppe (Abb. 1) derart zueinander angeordnet, dass bei einer Wellenfrontverzerrung von kleiner  $\lambda/20$  der Vektor der elektrischen Feldstärke des einfallenden Strahls um  $180^\circ$  im Raum gedreht wird. Dies erfordert Ebenheiten der einzelnen Spiegelflächen im Bereich 12 nm rms und eine Genauigkeit der Winkelausrichtung zueinander von kleiner  $10''$ . Zur Eliminierung des Einflusses von Zwischenschichten, z. B. Klebstoff, bei Montage und Einsatz wurden die einzelnen Prismen mit dem Grundkörper ausschließlich und unter Einbehaltung der Justiertoleranzen durch Ansprenge gefügt.

Abb. 1:  
Aufbau einer einzelnen Phasenschieber-Baugruppe.

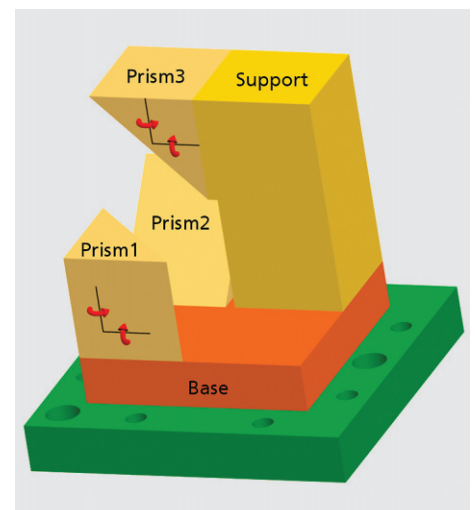
Fig. 1:  
Setup of one individual Phaseshifter assembly.

Parallel zum Entwurf geeigneter Beschichtungs- und Montagevorrichtungen wurden im Rahmen des Projektes geeignete Rohteile qualifiziert. Mittels Beobachtung durch ein Autokorrelationsfernrohr und unter Nutzung hochpräziser Stellelemente erfolgte während der Montage die Winkelausrichtung einzelner Prismenflächen zueinander mit einer Auflösung im Sekundenbereich. Die eingestellte Relativlage der Prismen zueinander wurde durch das Ansprenge minimal im Bereich weniger Sekunden verändert, sodass die Spezifikation der Ausrichtgenauigkeit von  $10''$  für alle Einzelprismen erreicht wurde. Die interferometrische Vermessung zweier montierter Phasenschieber (Abb. 2) zeigte eine Gesamt-Wellenfrontverzerrung von 36 nm rms bis 44 nm rms (Abb. 3). Ebenso wurde die Cryo-Tauglichkeit der angesprengten Phasenschieber in einem Prinzipversuch nachgewiesen.

Gegenwärtig werden die Phasenschieber im experimentellen Umfeld vom MPI Heidelberg erprobt.

#### Literatur:

- /1/ Friedlund, C.: DARWIN – The Infrared Space Interferometry Mission. In: ESA Bulletin, Vol 103 (2000), pp. 20-25.
- /2/ Landgraf, M. et al.: DARWIN – Peering Through the Interplanetary Dust Cloud. In: ESA Bulletin, Vol. 105 (2001), pp. 60-64.



DARWIN is an ESA planned space mission that aims at the detection of extrasolar planets by nulling interferometry. Distributed over several spacecrafts and telescopes, an interferometer cluster creates destructive interference for the light of extrasolar stars and, by constructive interference, enables for the detection of nearby planets. Precise achromatic phaseshifting is mandatory for this setup and one possible approach was investigated at the Max-Planck Institute for Astronomy, Heidelberg. Fraunhofer IOF assembled and characterized two prototype devices according to their specifications.

Due to the cryogenic environment temperatures for the Phaseshifters an athermal design made of ZERODUR™ was chosen. Three high precisely manufactured prisms had to be provided with a gold surface mirror before aligning them with respect to each other (Fig. 1) in a way that the overall wavefront distortion of the beam going through the three mirror setup was less than  $\lambda/20$  while its electric field vector was twisted around in free space by  $180^\circ$ . This required a flatness of the individual mirror surfaces less than 12 nm rms and an angular alignment accuracy within the assembly of better than  $10''$ . To eliminate the influence of any intermediate joining media, e.g. adhesives, during assembly and usage, molecular bonding of the prisms to the base structure was the preferred joining technology while maintaining the achieved alignment tolerances.

For the assembly of the Phaseshifters different coating and handling tools were developed and suitable raw parts were characterized. During assembly with the help of an autocollimation telescope and high precise actuators the angular alignment of the individual prisms was manipulated with a resolution in the seconds range. The aligned position of the prisms remained smaller than  $10''$  during molecular bonding, thus fulfilling the specifications. Interferometer measurements of assembled Phaseshifters (Fig. 2) resulted in overall wavefront distortion values of 36 nm rms to 44 nm rms (Fig. 3). The cryo-suitability of the molecular bonded prism joints was also checked in a proof of principle. Currently, the Phaseshifters are being evaluated in an experimental setup at Max-Planck Institute facilities.

#### References:

- /1/ Friedlund, C.: DARWIN – The Infrared Space Interferometry Mission. In: ESA Bulletin, Vol 103 (2000), pp. 20-25.
- /2/ Landgraf, M. et al.: DARWIN – Peering Through the Interplanetary Dust Cloud. In: ESA Bulletin, Vol. 105 (2001), pp. 60-64.

Abb. 2:  
Gesamtansicht der montierten Baugruppe.

Fig. 2:  
View of an assembled Phaseshifter.

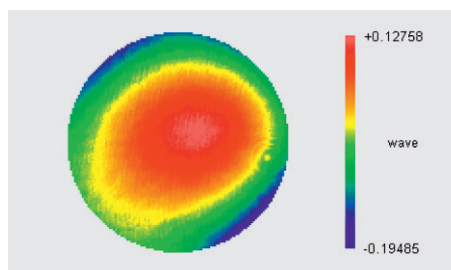
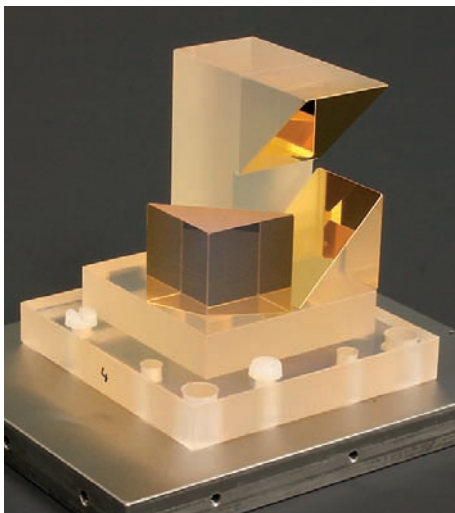


Abb. 3:  
Wellenfrontverzerrung der Gesamt-Baugruppe im Prüfbereich.

Fig. 3:  
Wavefront Distortion (control area) of one Phaseshifter.