



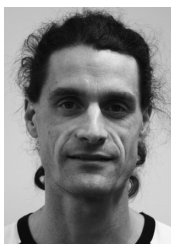
Gerd Harnisch



Sandra Müller



Wieland Stöckl



Peter Munzert



Erik Beckert



Ramona Eberhardt



Rainer Lenzen¹

¹ Max-Planck-Institut für Astronomie,
Heidelberg

LUCIFER (LBT-NIR Spectrograph Utility with Camera and Integral-Field Unit for Extragalactic Research) ist ein NIR-Spektrograph und Imager für das Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona für den Wellenlängenbereich von 0,9 μm bis 2,5 μm .

Für die IR-Kamera des LUCIFER-Instruments wurde eine Technologie zur Präzisionsmontage der Strahlteilerbaugruppe entwickelt, dessen optische Funktion die Aufspaltung des einfallenden Strahlenbündels in vier Teilbündel mit unterschiedlichen Wellenlängenbereichen ist (Abb. 1).

Die Strahlteiler-Komponenten werden auf den Filterrädern montiert und bei Bedarf in den konvergenten Strahlengang des LUCIFER-Instruments eingeschwenkt. Subbaugruppe 1 kollimiert mit einer Plankonkavlinse (AR-beschichtet) das Strahlenbündel und spaltet dieses an einer Teilerschicht in zwei Teilbündel auf. Das am Teiler abgelenkte Bündel wird durch einen Gold-Spiegel rückreflektiert, so dass beide Teilbündel senkrecht an der AR-beschichteten Planfläche aus der Subbaugruppe 1 austreten. Subbaugruppe 2 spaltet die beiden Teilbündel an einer Teilerschicht zu insgesamt vier Teilbündeln auf. Die beiden an der Teilerschicht reflektierten Teilbündel werden durch einen Gold-Spiegel zurück in die ursprüngliche Richtung gelenkt. Jedes der vier Teilbündel passiert einen wellenlängenselektiven Filter und wird mittels einer Plankonvexlinse in die Detektorebene der Kamera fokussiert.

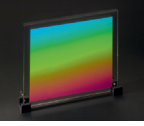
Spezifikation der Komponenten:

- Qualität der optisch wirksamen Flächen im Prüfbereich $6 \times 6 \text{ mm}^2$ besser $0,05 \lambda$ ($\lambda = 633 \text{ nm}$),
- Materialdicken $\pm 0,2 \text{ mm}$,
- Kippfehler der optischen Flächen $\pm 6 \text{ arcmin}$, Kippfehler der Spiegelflächen $\pm 0,5 \text{ arcmin}$,
- Zentrierung der Linsen $0,1 \text{ mm}$, Formabweichung der Krümmungsradien 1 Ring, Irregularität $0,2$ Ringe,
- Toleranz der Brechzahl $n \pm 0,001$,
- Bandpass-Filterschichten $1,575 \mu\text{m}$, $1,6 \mu\text{m}$ und $1,625 \mu\text{m}$ als zentrale Transmissionswellenlängen mit einer Toleranz von jeweils $\pm 2 \text{ nm}$ und einer FWHM von 25 nm , Transmission $> 92 \%$, untere Blockwellenlänge ist $1,45 \mu\text{m}$, die obere $1,85 \mu\text{m}$.

Montageanforderungen:

- Kippfehler und Verdrehung $\pm 0,5 \text{ arcmin}$,
- lateraler Versatz $\pm 0,2$,
- Wellenfrontdeformation $< 0,1 \lambda$ ($\lambda = 633 \text{ nm}$),
- Arbeitstemperatur des Strahlteilers 80 K .

Basierend auf einem montagegerechten Design sind an einem Rhombus-Prisma sämtliche für die Strahlumlenkung verantwortlichen Flächen und Beschichtungen (Teilerschicht- und Spiegelschicht) zusammengefasst worden. Somit konnten die Toleranzen für die Montage entschärft werden. Die sphärischen Flächen wurden durch Plankonvexlinsen bzw. durch eine Plankonkavlinse ersetzt. Die Filterschichten wurden auf separaten Bauelementen appliziert.



LUCIFER (LBT-NIR Spectrograph Utility with Camera and Integral-Field Unit for Extragalactic Research) is a NIR-Spectrograph and Imager for the Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona. It will be used for the wavelength range from 0.9 μm to 2.5 μm .

A technology to precisely assemble a beam splitter for the IR camera of the LUCIFER instrument has been developed. The optical function of the beam splitter is to divide the incoming beam into four partial beams with different wavelengths (Fig. 1).

The splitter components will be mounted on filter wheels and, where necessary, be put into the convergent part of the beam propagation path of LUCIFER. Subassembly 1 collimates the beam by means of an AR-coated plan-concave lens and divides it at the splitting filter into two sub-beams. The reflected part of the beam is pointed towards the initial direction by an Au backside mirror, such that both sub-beams leave the first subassembly at the AR-coated planar output surface in the same direction. Subassembly 2 acts the same way and divides the now two beams into overall four sub-beams which again point into the same direction. After passing a wavelength sensitive bandpass filter each beam is focused by a plan-convex lens onto the imager plane of the respective camera.

Component specifications:

- Quality of optical surfaces within the region of interest (6 x 6 mm²) better 0.05 λ ($\lambda = 633 \text{ nm}$),
- Thickness tolerance of each individual component $\pm 0.2 \text{ mm}$,
- Tilt error of optical surfaces $\pm 6 \text{ arcmin}$, tilt error of mirror planes $\pm 0.5 \text{ arcmin}$,
- Centricity of lenses 0.1 mm, form deviation of spherical surfaces 1 fringe, irregularity 0.2 fringes,
- Tolerance of refractive index $n \pm 0.001$,
- Bandpass filter layers 1.575 μm , 1.6 μm and 1.625 μm (center wavelengths), tolerance $\pm 2 \text{ nm}$ and FWHM of 25 nm, transmission > 92 %, lower block wavelength 1.45 μm , upper block wavelength 1.85 μm .

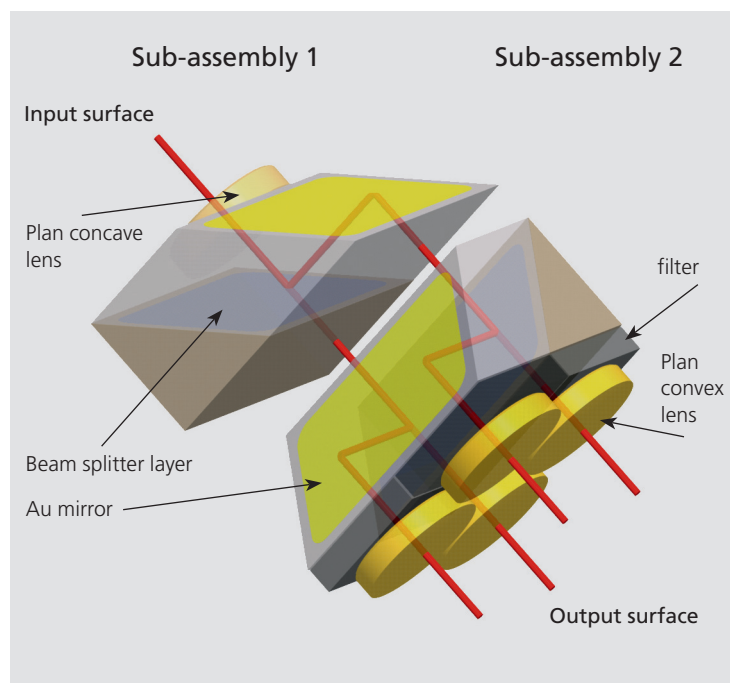
Assembly requirements:

- Tilt error and rotation $\pm 0.5 \text{ arcmin}$,
- Lateral misalignment ± 0.2
- Wavefront deformation < 0.1 λ ($\lambda = 633 \text{ nm}$),
- Working temperature of the beam splitter 80 K.

Based on an assembly driven review of the initial design all beam reflecting and splitting surfaces and filters of each subassembly are combined on one single rhombus prism, thus shifting tolerances away from assembly towards the manufacturing of the components where it's much easier to accomplish them. Spherical surfaces at the prisms were replaced by simple lenses. Also the filter layers have been applied onto separate components.

Abb. 1: Prinzipieller Aufbau des IR-Strahlteilers.

Fig. 1: Schematics of the IR beam splitter.



Während der Montage wird die laterale Bestimmung der Einzelkomponenten mittels mechanischer Anschläge realisiert (Abb. 2). Die Ausrichtung der Komponenten in den Winkelfreiheitsgraden erfolgt durch ein hochpräzises 6-Achs-Positioniersystem. Dabei dient eine Planfläche der Vorrichtung als Referenz. Ein auf diese Fläche ausgerichteter Autokollimationsfernrohr erfasst sowohl die Ablagegenauigkeit der Komponenten in der Vorrichtung als auch den Justierzustand der zu fügenden Komponente. Ein zweites Autokollimationsfernrohr ist auf die 45°-Fläche des Rhombus-Prismas ausgerichtet und detektiert die Verdrehung der Subbaugruppe um die Achse senkrecht zur Referenzebene.

Für die Positionierung der Plankonvexlinsen sind in der Vorrichtung senkrecht zur Referenzfläche Bohrungen angeordnet, auf dessen Kanten die Linsen mit ihren sphärischen Flächen wie auf Ringschneiden aufliegen. Damit wird erreicht, dass die Krümmungsmittelpunkte der sphärischen Flächen in einer Ebene parallel zur Referenzebene liegen. Die Toleranz der Mittendicken der Plankonvexlinsen wird durch die Klebstoffschicht zwischen den zu fügenden Komponenten ausgeglichen. Die Fixierung der einzelnen optischen Komponenten der Subbaugruppen erfolgt mittels eines brechzahlangepassten Klebstoffes.

Mittels Testsamples wurde nachgewiesen, dass parallele Klebstoffspalte (Abweichung $\ll 10$ arcsec) für Flächen von 9×9 mm² reproduzierbar eingestellt werden können. Die geforderte Wellenfrontdeformation von $0,1 \lambda$ ($\lambda = 633$ nm) in Transmission vor und nach dem Abkühlen auf Cryotemperatur (80 K) ist eingehalten.

Gegenwärtig erfolgt die optische Erprobung der kompletten Strahlteiler-Baugruppe (Abb. 3) in cryogener Umgebung, bevor die Integration in die Infrarotkamera erfolgt.

Wir bedanken uns für die gute Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg.

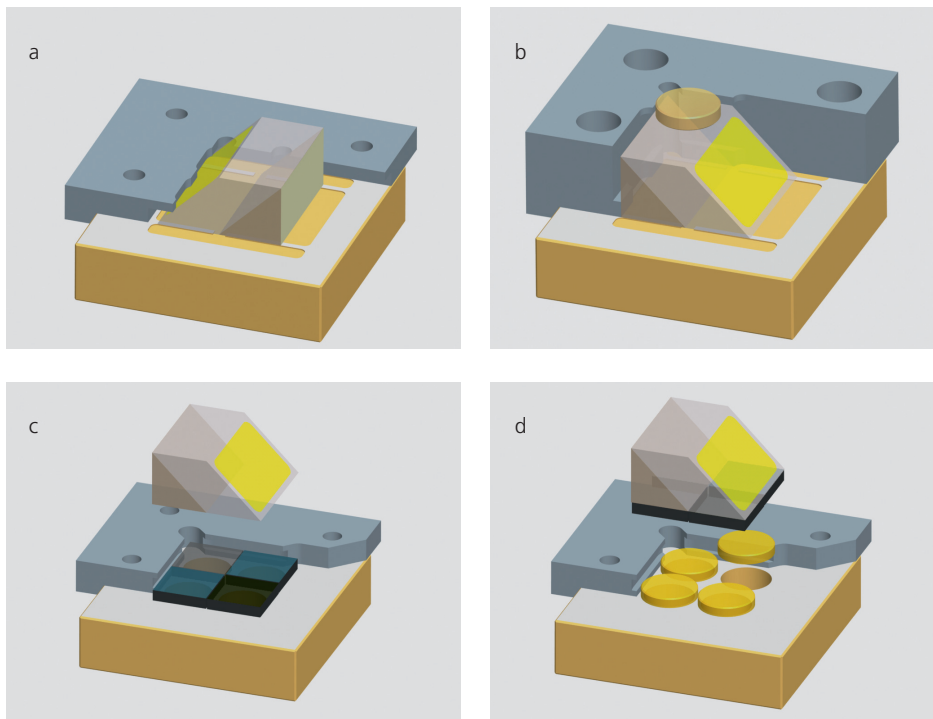
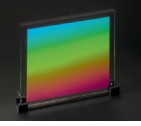


Abb. 2
Fügevorrichtungen:
a) Fügen einer Subbaugruppe,
b) Fügen der Plankonkavlinse mit Subbaugruppe 1,
c) Fügen der Filter mit Subbaugruppe 2,
d) Fügen der Plankonvexlinsen mit Subbaugruppe 2.

Fig. 2:
Assembly devices:
a) Joining of a sub-assembly,
b) Joining of the plan concave lens and sub-assembly 1,
c) Joining of the filters and sub-assembly 2,
d) Joining of the plan convex lens and sub-assembly 2.



During assembly the lateral position of the individual component is defined by mechanical Stops within the assembly device (Fig. 2). Alignment of the component in tip and tilt meanwhile is carried out by a high precise 6DOF hexapod positioning system. A planar surface of the assembly devices serves as a reference for an autocollimation telescope (AKF), which detects not only the accuracy of the components placed into the assembly device but also the alignment state of the components actually to be mounted. A second AKF detects the tilt of the 45° plane of each sub assembly perpendicular to the reference plane.

For the positioning of the plan-convex lenses the assembly device is equipped with holes and sharp chamfers, on which the lenses lie as in an optical gravitation carrier ring. Thus the centers of curvature of the spherical surfaces are aligned in plane and parallel to the reference plane. A thickness deviation between the four individual plan-convex lenses can be balanced by the adhesive gap. Mounting of the components of each subassembly is carried out by means of an UV-curing, index matching adhesive.

Using test samples it has been proven, that parallel adhesive gaps (deviation $\ll 10$ arcsec) for surfaces of $9 \times 9 \text{ mm}^2$ can be reproduced. The required wave-front deformation in transmission mode of 0.1λ ($\lambda = 633 \text{ nm}$) before and after cooling down to the cryogenic working temperature of 80 K was maintained.

Currently, the complete beam splitter assembly (Fig. 3) is being tested in cryogenic environment before it gets integrated into the LUCIVER instrument itself.

We would like to thank the Max-Planck-Institute for Astronomy Heidelberg for the constructive co-operation.

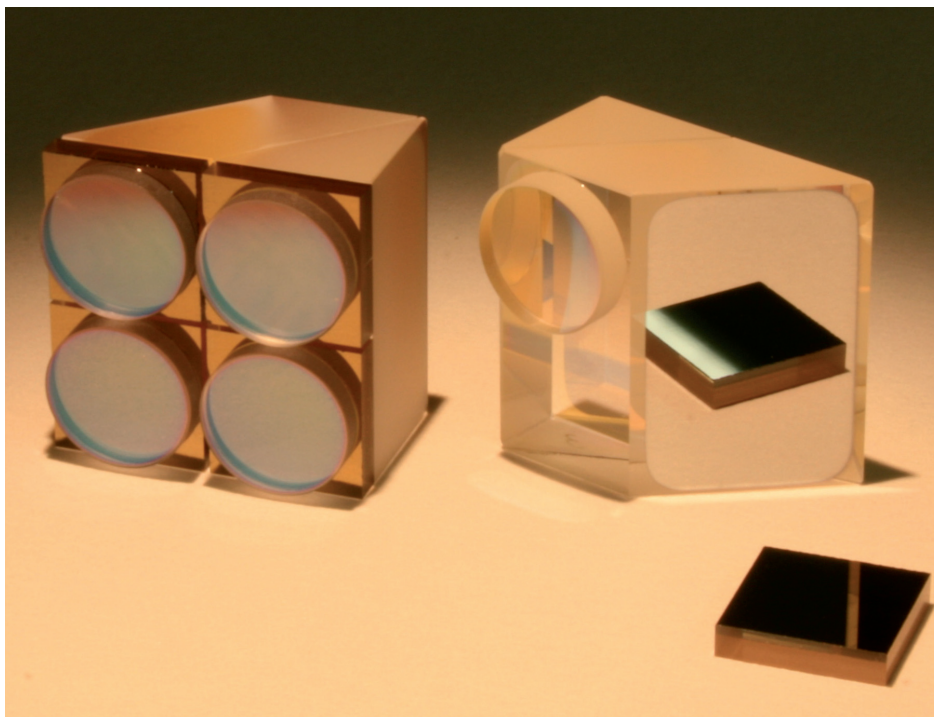


Abb. 3:
Von links nach rechts:
Subbaugruppe 2, Subbaugruppe 1, Filter.

Fig. 3:
From left to right:
sub-assembly 2, sub-assembly 1, filter.