

Monolithisches optisches Freiformelement für eine IR-Detektorzeile

S. Riehemann *, M. Palme *, K. Frey *, R. Steinkopf *, P. Munzert *, G. Notni *, J. Krieg **

Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF), Jena

** *Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB), Ettlingen*

mailto: stefan.riehemann@iof.fraunhofer.de

Es wird ein neuartiges optisches System für eine IR-Detektorzeile präsentiert, welches aus nur einem monolithischen optischen Element mit 3 optischen Freiformflächen - teilweise verspiegelt – besteht. Das optische Design (Zielparame-ter: Wellenlängenbereich 0.9 μm bis 1.7 μm , Feldwinkel 75° x 2°, Winkelauflösung 0,5°) wird beschrieben. Zwei der drei optischen Flächen sind zylindrisch gestaltet, eine ist bikonisch ausgeführt. Das berechnete Bauteil wurde anschließend mittels Diamant UP-Bearbeitung gefertigt. Zwei der optischen Flächen wurden für den genannten Spektralbereich verspiegelt. Das realisierte Element wurde abschließend charakterisiert und die realisierte optische Leistungsfähigkeit mit den berechneten Werten überprüft.

1 Einleitung

Aktuell werden für (IR-) Zeilenkameras Objektiv- aus mehreren Linsen oder Spiegelsysteme be- nutzt. In diesem Poster stellen wir ein neu-artiges optisches System für IR-Zeilenkameras vor, welches aus nur einem monolithischen Element mit 3 optisch wirksamen Freiform-flächen besteht. Das Element wurde den Anforderungen entsprechend berechnet, mittels UP-Technik gefertigt und final mit einem reflektierenden Metall beschichtet

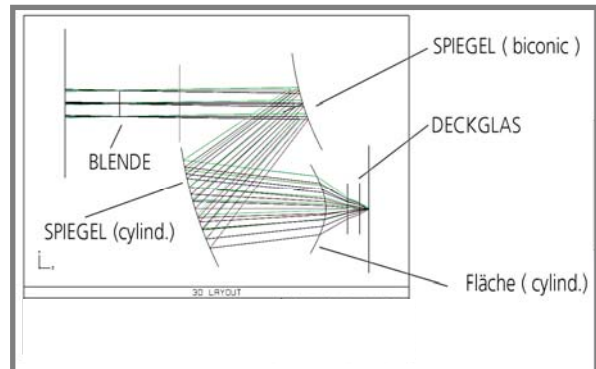


Abb. 1: Optisches Design des Freiformelementes

2 Optikdesign

Das optische Design des monolithischen Elementes wurde mit dem Optikdesign-Programm ZEMAX durchgeführt und für die nachfolgend genannten Anwendungsparameter berechnet: Empfängerzeile 1024 Elemente, Pixel 25 μm x 100 μm , Wellenlängenbereich 0.9 μm bis 1.7 μm , Feldwinkel 75° x 2°, horizontale Winkelauflösung 0.5°. Während des Design-Prozesses wurde eine der drei optischen Flächen bikonisch geformt, zwei weitere sind zylindrisch. Die Fertigungstoleranzen des Elementes wurden so bestimmt, dass das Element monolithisch mittels Ultrapräzisionsdiamantdrehtechnik (UP) in einem Schritt gefertigt werden kann. Das monolithische Element hat eine Größe von 13.5 x 18.7 x 30 mm³

Als geeignetes Material wurde PMMA ausgewählt, da dieses für den festgelegten Spektralbereich verwendbar und zudem via UP Technik gut bearbeitbar ist. Abschließend wurden zwei der optischen Flächen verspiegelt.

3 UP Fertigung

Der monolithische Aufbau vereinfacht die Montage deutlich, stellt jedoch erhöhte Anforderungen an die Fertigungstechnologie. Die besondere Herausforderung dabei liegt nicht allein in der Realisierung nicht-rotationssymmetrischer Flächen, sondern in der Ausrichtung der Flächen zueinander. Hier müssen mehrere Fertigungsverfahren auf einer Ultrapräzisionsbearbeitungsmaschine genutzt werden, um sowohl Referenzen als auch optische Flächen in einer Aufspannung zu realisieren. Die Spannvorrichtung wird dafür mit Referenzflächen versehen, um das Bauteil in der jeweiligen Bearbeitungsposition auszurichten. Die Bearbeitung der Flächen erfolgt dann in einem Hobelprozess. Dabei wird ein monokristallines Diamantwerkzeug auf der Bearbeitungsmaschine von drei Linearachsen zeilenförmig über die Fläche geschoben und auf diese Weise über die Fläche gehoben und auf diese Weise über die Fläche gehoben. So werden Rauheiten im Bereich von 10nm rms und Formabweichungen im Bereich von 200-300nm P.-V. realisiert.

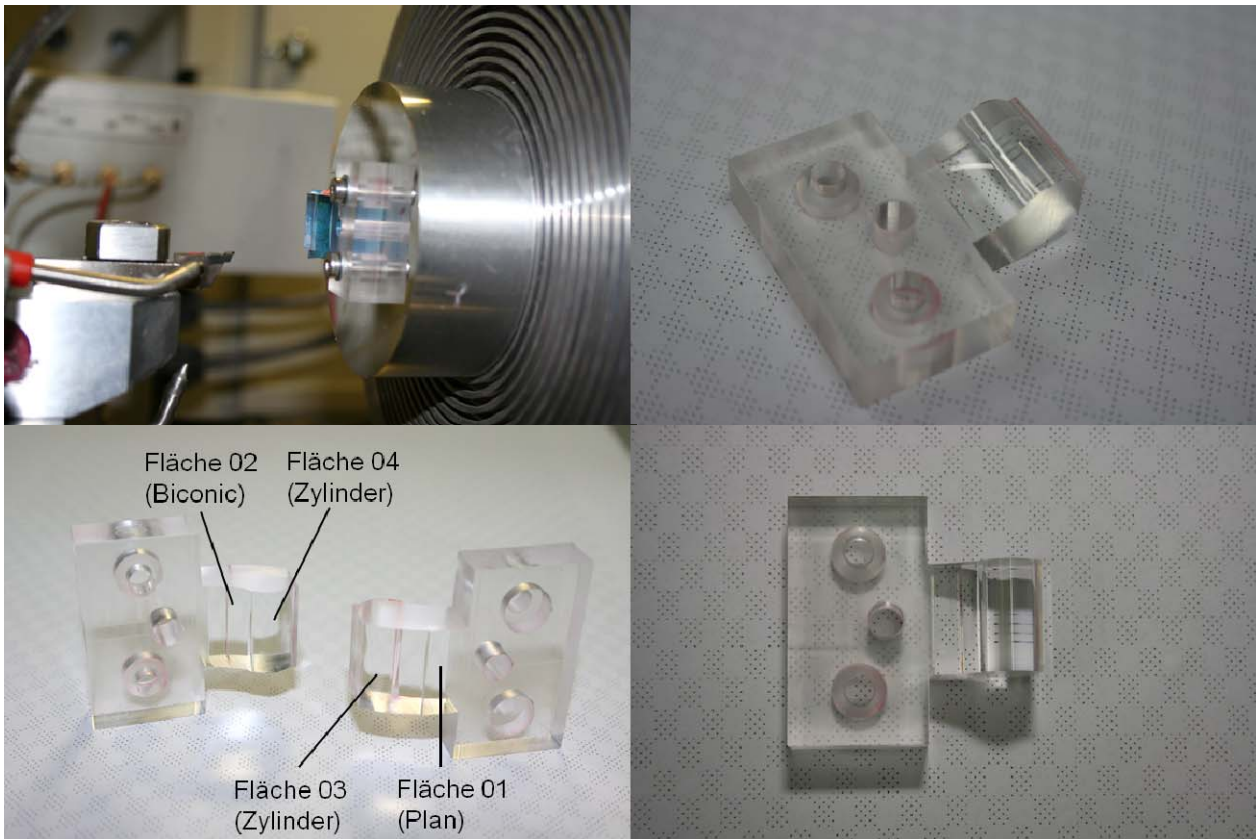


Abb. 2: Fertigung des monolithischen Freiformelementes mittels UP-Fertigung.

4 Beschichtung/Verspiegelung

Da gesputterte Beschichtungen auf PMMA Haftungsprobleme haben, musste eine NIR transparente adhäsionsfördernde Zwischenschicht im Vakuum aufgedampft werden. Der nachfolgende Goldreflektor wurde dann mittels Magnetron-Sputtern haftfest aufgebracht.

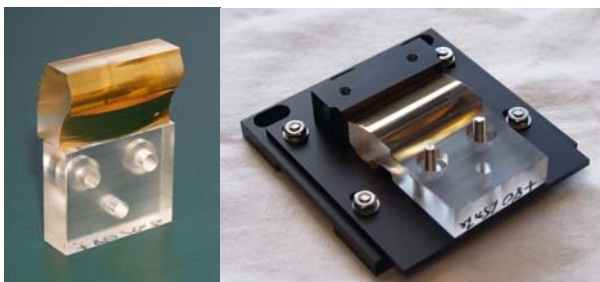


Abb. 3: Beschichtetes Element (links) und Element montiert auf IR Detektorzeile (rechts).

5 Charakterisierung

Das realisierte Element wurde nach der UP Fertigung und Beschichtung in eine Fassung mit einem IR Zeilenempfänger eingebaut (siehe Abb. 3) und anschließend optisch charakterisiert. Die gemessene

Performance (Winkelauflösung $0,5^\circ$) entspricht den berechneten Werten des Design-Prozesses. Das Element findet Anwendung in der Winkeldetektion von IR Signalen.

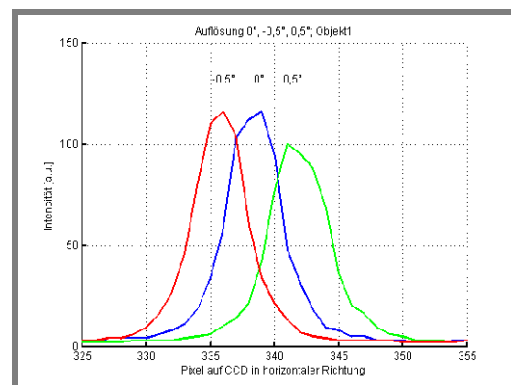


Abb. 4: Charakterisierung/ Winkelauflösung

6 Zusammenfassung

Erstmals konnte ein neuartiges optisches System für eine IR-Detektorzeile präsentiert, welches aus nur einem monolithischen optischen Element mit 3 optischen Freiformflächen besteht. Das optische Element ist nicht größer als die IR-Detektorzeile und lässt sich somit platzsparend integrieren.