

Adaptive planar integrierte Freiraum-optische Systeme

A.Oeder *, M. Amberg*, P.J.W. Hands**, G.D. Love**, S. Sinzinger*

*Technische Universität Ilmenau

** Durham University, UK

<mailto:andreas.oeder@tu-ilmenau.de>

Planar integrierte Freiraum-optische Systeme sind für eine Vielzahl an Anwendungen sehr gut geeignet. Dazu gehören die optische Verbindungstechnik und Sicherheitsanwendungen. Durch die Integration adaptiver Flüssigkristallelemente (LC-Elemente) können wir hier zum ersten Mal dynamische Funktionen in solchen mikrooptischen Systemen demonstrieren.

1 Einführung

Planar integrierte Freiraum-optische Systeme (PIFSO) [1] vereinigen die Vorteile der Freiraumoptik mit den hochpräzisen Justagemöglichkeiten der planaren Herstellungsmethoden der Mikrotechnik (Lithographie). Aufgrund ihres robusten Aufbaus eignen sie sich besonders gut für Anwendungen als optische Verbindungselemente und Sicherheitsanwendungen [2,3]. Es wurden bereits eine Vielzahl von PIFS-Systemen demonstriert, die statische Funktionen realisieren. Wir stellen einen planar integrierten 4f-Aufbau vor, der mit einer modalen Flüssigkristalllinse (LC-Linse) kombiniert wurde. Damit haben wir ein adaptives PIFS-System hergestellt mit dem Scanbewegungen, Strahlteilung und Fokuskorrektur erzielt werden können.

2 Einführung zu planar integrierten optischen Systemen

In PIFS-Systemen wird das optische System in ein dickes Glassubstrat gefaltet. Refraktive oder diffraktive optische Elemente können in die Oberfläche des Substrats integriert werden. Damit kann sich das Licht zwischen reflektierenden Schichten an den Oberflächen im Zick-Zack ausbreiten und dabei optisch beeinflusst werden. Im Fall eines rein diffraktiven Systems können die Vorteile der mikrotechnologischen Herstellung genutzt werden. Während des Maskendesigns kann die Lage der Bauelemente hochpräzise festgelegt werden, so dass nach der lithographischen Herstellung keine weiteren Justageschritte mehr nötig sind.

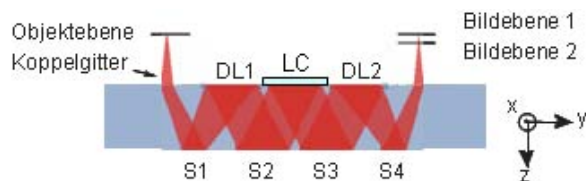


Abb. 1 PIFS-System mit LC-Element. Beim Schalten der LC-Linse wird die Bildebene von 1 nach 2 verschoben; DL1,2 diffraktive Linsen; S1-4 Spiegelflächen.

3 Analoge Flüssigkristall Elemente

Modale LC-Bauelemente sind in der Lage, analoge Phasenprofile zu realisieren [4-8]. Diese Eigenschaft wird durch ihre nicht-pixelierte Struktur möglich. Das Phasenprofil des Bauelements wird allein durch die elektrische Ansteuerung realisiert. Der Aufbau einer LC-Linse wird in Abb. 2 gezeigt. Vergleichbar zu LC-Zellen in Monitoren besteht das Sandwich aus zwei Substraten, zwischen denen Ansteuerelektroden, Orientierungsschichten (Polyimid) und der eigentliche Flüssigkristall angeordnet sind. Die Orientierungsschichten zwingen die LC-Moleküle dazu, sich parallel auszurichten, was dazu führt, dass nur eine Polarisationsrichtung des Lichts Änderungen der Moleküldrehung und

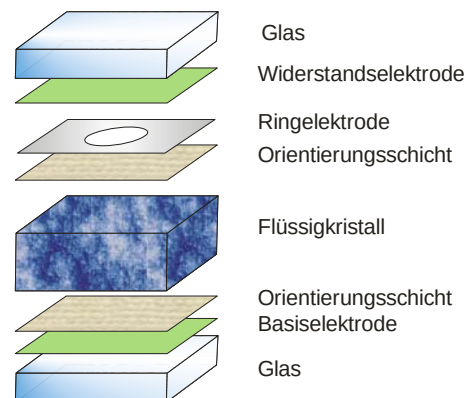


Abb. 2 PIFS-System mit LC-Element. Beim schalten der LC-Linse wird die Bildebene von 1 nach 2 verschoben; DL 1,2 diffraktive Linsen; S 1-4 Spiegelflächen.

damit des Brechungsindex erfährt. Zusammen mit der LC-Schicht wirkt die Widerstandselektrode wie ein Netzwerk aus Tiefpässen. Wird sie mit Wechselspannung angesteuert, so bildet sich über der Ringelektrode eine parabolische Spannungsverteilung aus. Die Flüssigkristalle richten sich analog dazu neu aus und es resultiert ein parabolisches Phasenprofil. Es ist essentiell, den Schichtwiderstand der Widerstandselektrode korrekt zu wählen, um ein ideales Verhalten der Linse zu erzielen.

4 Design und Experimentalaufbau

Nach Simulationen in ZEMAXTM mit Augenmerk auf die machbaren Ablenkungen und die zu erwartende Abbildungsqualität [9], wurde die Herstellung des Systems in Angriff genommen. Die LC-Linse wurde als Feldlinse eines generalisierten konfokalen Abbildungssystems konzipiert. Vor den eigentlichen Experimenten musste eine LC-Linse hergestellt werden, die doppelt so stark war, wie die bis dahin gebauten Linsen. Diese Arbeit wurde in Kooperation mit der Universität Durham durchgeführt.

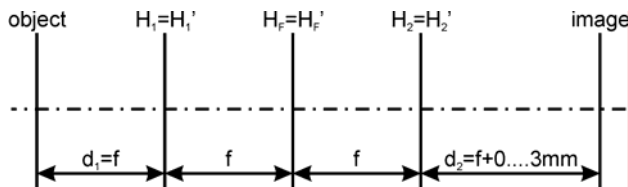


Abb. 3 Schema eines generalisierten konfokalen Abbildungssystems (nach [10])

Aus Platz- und Justagegründen wurden die tatsächlichen Experimente an einer, bereits für frühere Versuche verwendeten, Planaroptik durchgeführt und die LC-Elemente an Stelle des ersten Spiegels im System gesetzt (S1 in Abb.1).

5 Ergebnisse

Mit den Experimenten konnten zwei Funktionen gezeigt werden:

Mit den bereits vorgestellten LC-Linsen ist es gelungen, die Bildebene des Systems um 300 μm zu verschieben.(Abb. 4).

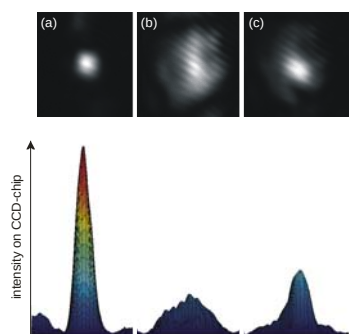


Abb. 4 Fokuskorrektur mit LC-Linse; a) unausgelenktes System b) Bild 300 μm außerhalb des Focus c) korrigierter Spot

In einem zweiten Versuch mit einem LC-Prisma konnte der Laserspot am Ausgang des Systems um ca. 40 μm ausgelenkt werden (Abb. 5)

In beiden Experimenten waren die Intensitäten bei angeschaltetem LC-Element deutlich geringer als bei inaktivem Element. Wo genau diese Verluste entstehen konnte nicht detailliert analysiert wer-

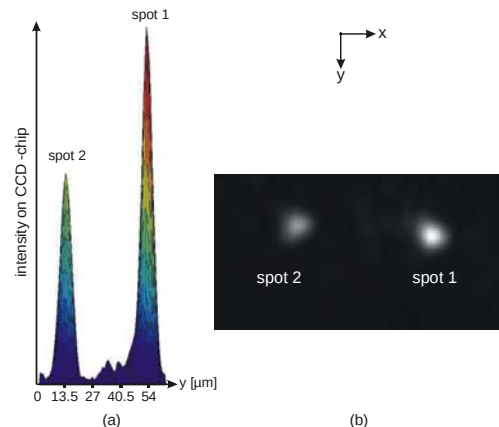


Abb. 5 Laterale Auslenkung des Lasers mit einem LC-Prisma. Auslenkung um 40 μm zwischen Spot 1 und Spot 2

den. Das genaue optische Verhalten der LC-Schicht ist jedoch nicht bekannt, so dass es durchaus vorstellbar ist, dass Fehler in der Orientierung und Streuung im Kristall selbst die Ursache sind.

Referenzen:

- [1] J. Jahns, A. Huang, "Planar integration of free space optical components," Appl. Opt. 28, 1602-1605 (1994).
- [2] S. Sinzinger, Opt. Comm. "Microoptically integrated correlators for security applications," 290, 69-74 (2002)
- [3] M. Gruber, J. Jahns, E. Joudi and S. Sinzinger, "Practical Realization of Massively Parallel Fiber -Free-Space Optical Interconnects," Appl. Opt. 40, 2902-2908 (2001)
- [4] A.F. Naumov, M.Y. Loktev, I.R. Guranik, G.V. Vdovin, "Liquid crystal adaptive lenses with modal control," Optics Letters 23(13), 992-994, (1998).
- [5] A.F. Naumov, G.D. Love, M.Yu. Loktev, F.L. Vladimirov, "Control optimisation of spherical modal liquid crystal lenses," Optics Express 4(9), 344-352, (1999).
- [6] P.J.W. Hands, A.K. Kirby, G.D. Love, "Adaptive modally addresses liquid crystal lenses," Liquid Crystals VIII, I.-C. Khoo ed., Proc. SPIE 5518, 136-143, (2004).
- [7] G.D. Love, J.V. Major, "Liquid crystal prisms for tip-tilt adaptive optics," A. Purvis, Optics Letters 19(15), 1170-1172, (1994).
- [8] P.J.W. Hands, S.A. Tatarkova, A.K. Kirby, G.D. Love, "Modal liquid crystal devices in optical tweezing: 3D control and oscillating potential wells," Optics Express 14(10), 4525-4537, (2006).
- [9] M. Amberg and S. Sinzinger, "Design Considerations for Efficient Planar Optical Systems," Opt. Comm. 267, 74-78 (2006).
- [10] Q. Cao, M. Gruber and J. Jahns, "Generalized Confocal Imaging Systems for Free-Space Optical Interconnections," Applied Optics 43, 3306-3309 (2004).