

# Mikrooptisches Beleuchtungsmodul für digitale Projektionsanwendungen

Uwe Detlef Zeitner, Peter Schreiber, Ralf Rosenberger,  
Arne Tröllsch\*, Armin Leitel\*

\*Carl Zeiss Jena GmbH



Uwe Detlef Zeitner

---

## Einleitung

Technische Systeme versorgen heute den Nutzer mit einer zunehmenden Menge an verschiedensten Informationen. Die Schlüsselschnittstelle zwischen dem System und Benutzer ist dabei die Visualisierung der Daten über Displays. Diese entscheidet oft über die Akzeptanz des gesamten Systems. In enger Kooperation mit der Carl Zeiss Jena GmbH entwickelt das Fraunhofer IOF neue innovative Konzepte für Displaylösungen in mobilen Anwendungen, wie z. B. der Integration von digitaler Projektion in mobilen Computern.

---

## Realisierung des Beleuchtungsmoduls

Projektoren bestehen in der Regel aus drei Hauptbestandteilen: der Lichtquelle, einer elektronisch ansteuerbaren Bildgebermatrix und dem Projektionsobjektiv. Alle diese Komponenten müssen für mobile miniaturisierte Projektionsanwendungen speziell angepasst werden. Im Folgenden wird eine Variante der Bildgeberbeleuchtungseinheit beschrieben, die für solche Anwendungen entwickelt wurde. In nahezu allen Datenprojektoren werden so genannte UHP-Lampen als Lichtquelle eingesetzt. Trotz deren stetiger Weiterentwicklung in der Vergangenheit haben diese Lampen einige Nachteile. Der benötigte Reflektor führt häufig zu geometrischen Abmessungen, die speziell für mobile Anwendungen zu groß sind. Ein signifikanter Anteil der abge-

strahlten Energie geht durch die typischerweise sequenzielle Selektion der drei Grundfarben mit Filtern aus dem breitbandigen Spektrum der UHP-Lampen verloren. Die Gesamtlichtleistung dieser Lampen ist sehr gut geeignet für Videoprojektionen auf großen Leinwänden mit einer Fläche von mehreren Quadratmetern. In mobilen Anwendungen werden diese Großprojektionen jedoch häufig nicht benötigt – die Projektionsflächen sind meist deutlich kleiner. Allerdings ist es nicht möglich, UHP-Lampen in ihrer Ausgangsleistung zu dimmen, so dass eine Anpassung nur schlecht möglich ist.

Im neu entwickelten System werden rote, grüne und blaue LEDs als Lichtquellen eingesetzt. In der Vergangenheit waren LEDs nicht hell genug, um als Beleuchtung in Projektionsanwendungen genutzt zu werden. Mit der Entwicklung der so genannten high-brightness LEDs hat sich dies in den letzten Jahren teilweise geändert. Durch den Einsatz von LEDs lässt sich der Wärmeverlust in den Systemen deutlich verringern, da die verschiedenen Farben sequentiell angesteuert werden können und die Selektion mit Farbfiltern entfällt. Zusätzlich bietet die Nutzung von LEDs oder LED-Arrays als Lichtquelle ein enormes Potenzial für die Verringerung der Gesamtgröße der Projektionssysteme.

# Microoptical illumination module for digital projection applications

Uwe Detlef Zeitner, Peter Schreiber, Ralf Rosenberger, Arne Trölsch\*, Armin Leitel\*

\*Carl Zeiss Jena GmbH

## Introduction

Today's technical systems provide the user with an ever increasing amount of diverse information. One of the key points of contact between systems and their users is the visualization of data via displays, often acting as a deciding factor in the users' acceptance of any given system. In close cooperation with Carl Zeiss Jena GmbH, the Fraunhofer IOF is developing new innovative concepts for potential display strategies in the area of mobile applications. One such example is the integration of digital projection into mobile computers.

## Realization of the illumination module

Projectors usually consist of three main parts: a light source, an electronically controlled imager matrix and a projection lens. All three must be adapted to the special demands of mobile miniaturized projection applications. A description below illustrates the configuration of an imager matrix illumination which has been specially developed for such applications.

The vast majority of data projectors use UHP lamps as a source of light. In spite of the continued development of these lamps in the past they are still subject to certain shortfalls. The reflectors required often take on geometrical dimensions which, especially in the case of mobile applications, are usually too large. Furthermore, a significant amount of radiated energy is lost due to the selection of the RGB colors in filtering the broadband spectrum of the UHP lamps. The total amount of light emitted from such UHP lamps is well suited for video projection onto screens with an area of several square meters, but is not necessary in the projection of images onto smaller surface areas, which is often the case in the above-mentioned applications. The fact that it is not possible to dim the output power of UHP lamps imposes serious limitations on the adaptability of their applications.

The newly developed system contains red, green, and blue LEDs as a source of light. In the past, LEDs have been unable to emit a sufficient amount of light for use in projection applications. However, this has changed to an extent due to recent progress made in the development of high-brightness LEDs. As a consequence of the use of LEDs, the system's heat dissipation can be reduced significantly which is a result of the sequential addressing of the different colors, which in turn makes color filters unnecessary. In addition, the use of LEDs or LED arrays as a light source offers great potential for a noteworthy reduction in the overall size of the system.



Peter Schreiber



Arne Trölsch



Ralf Rosenberger



Armin Leitel

Um die LED-Arrays an die hier betrachtete Beleuchtungsaufgabe anzupassen, wurden verschiedene mikrooptische Elemente im Beleuchtungsstrahlengang mit konventioneller Optik kombiniert. Für die Kollimation der Lichtquelle wurde ein spezielles Mikrolinsenarray berechnet und mittels Reflow-Technologie hergestellt sowie mit einem UV-Reaktionsgussverfahren repliziert /1/. Jeder LED-Chip im Array wird separat mit einer eigenen Linse kollimiert.

Abb. 1 zeigt das Kollimationslinsenarray vor der Montage auf das LED-Array. Die zweite Aufgabe, die mit Hilfe von Mikrolinsenarrays gelöst wurde, ist die Homogenisierung der Ausleuchtung auf der Bildgebermatrix /2/. Der so genannte Lichtmischstab, der in konventionellen Projektoren eingesetzt wird, ist beim vorliegenden System durch Paare von Mikrolinsenarrays für jede der drei LED-Arrays und eine gemeinsame Fokussierlinse ersetzt worden.

Durch diese Anordnung konnte die Gesamtlänge des Systems von der Lichtquelle bis zum Bildgeber reduziert werden.

Abb. 2 zeigt das montierte Beleuchtungsmodul, bestehend aus den drei LED-Arrays mit der Homogenisierung, dem Farbmischwürfel, der Fokussierlinse und dem Strahlteilerwürfel, der im endgültigen Aufbau direkt vor der Bildgebermatrix angeordnet ist.

### Zusammenfassung

Es wurde ein neues Beleuchtungskonzept für Bildgebermatrizen in digitalen Projektoren entwickelt und experimentell demonstriert, welches auf dem Einsatz von LED-Lichtquellen und mikrooptischen Komponenten basiert. In Zusammenhang mit der absehbaren Weiterentwicklung von so genannten

High-brightness LEDs eröffnen solche Konzepte ein enormes Potenzial für die Miniaturisierung von Projektoren und damit für ihren Einsatz in mobilen Systemen.

### Danksagung

Diese Arbeiten wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert unter der Vertragsnummer 01BD150.

#### Literatur:

- /1/ P. Dannberg, L. Erdmann, R. Bierbaum, A. Krehl, A. Bräuer, E.-B. Kley: „Micro-optical elements and their integration to glass and optoelectronic wafers“, *Microsystem Technologies* 6, pp. 41–47, (1999).
- /2/ A. Büttner, U. D. Zeitner: „Wave optical analysis of light-emitting diode beam shaping using microlens arrays“, *Opt. Eng.* Vol. 41 No. 10, 2393–2401, Oct. 2002.

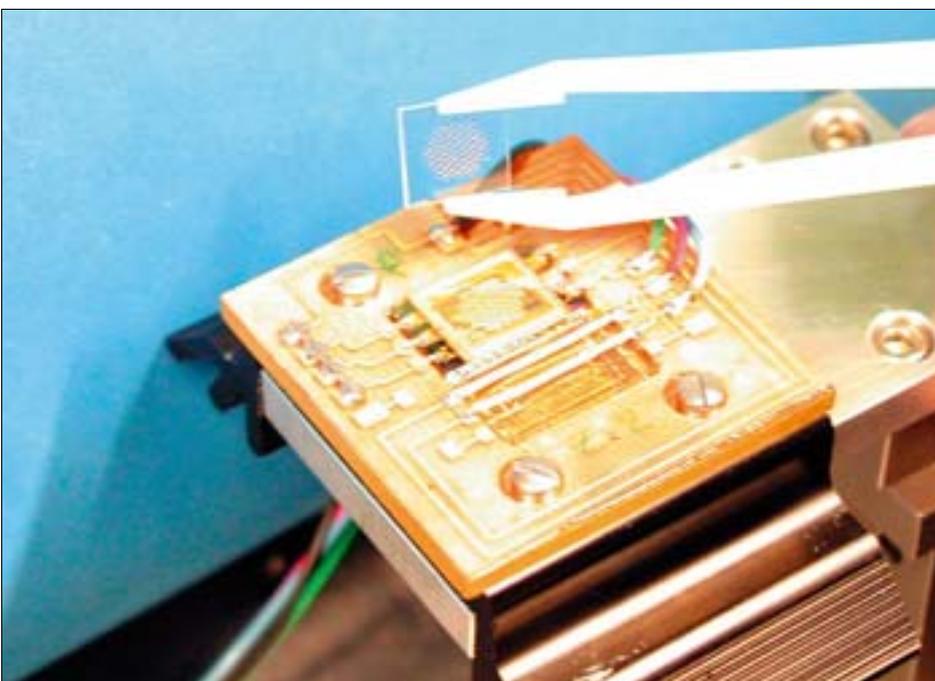


Abb. 1:  
Mikrolinsenarray für die Kollimation  
des LED-Arrays.

Fig. 1:  
Microlens array for collimation of the LED-Array.

In order to adapt the LED arrays to the illumination task in question, various micro-optical elements were combined with conventional optical components in the light path. A special micro-lens array was designed and fabricated using reflow technology and UV-reaction molding for the collimation of the light source /1/. Each LED chip in the array is collimated separately with its own lens. Fig. 1 shows the collimation lens-array before it is mounted onto the LED array. The homogenization of the illuminated area on the imager matrix followed as the second task, carried out with the help of micro-lens arrays /2/. The light tunnel used in conventional projectors was replaced in the current system by pairs of micro-lens arrays for each of the three LED arrays, and a joint focusing lens. As a result of this arrangement it was possible to reduce the overall distance from light source to imager.

Fig. 2 illustrates the assembled illumination module consisting of three LED arrays together with the homogenization unit, a color combiner, the focusing lens and the beam splitter cube, for placement directly in front of the imager matrix in the final set-up.

### Conclusion

A new concept for the illumination of the imager matrix in digital projectors based on LED light sources and micro-optical components has been developed and experimentally demonstrated. In view of the likely further development of high-brightness LEDs, such concepts offer great potential in the miniaturization of projectors. This will prove necessary especially as applied in connection with mobile systems.

### Acknowledgements

This work was sponsored by the German Ministry of Education and Research under contract 01BD150.

#### References:

- /1/ P. Dannberg, L. Erdmann, R. Bierbaum, A. Krehl, A. Bräuer, E.-B. Kley: „Micro-optical elements and their integration to glass and optoelectronic wafers“, *Microsystem Technologies* 6, pp. 41–47, (1999).
- /2/ A. Büttner, U. D. Zeitner: „Wave optical analysis of light-emitting diode beam shaping using microlens arrays“, *Opt. Eng.* Vol. 41 No. 10, 2393–2401, Oct. 2002.

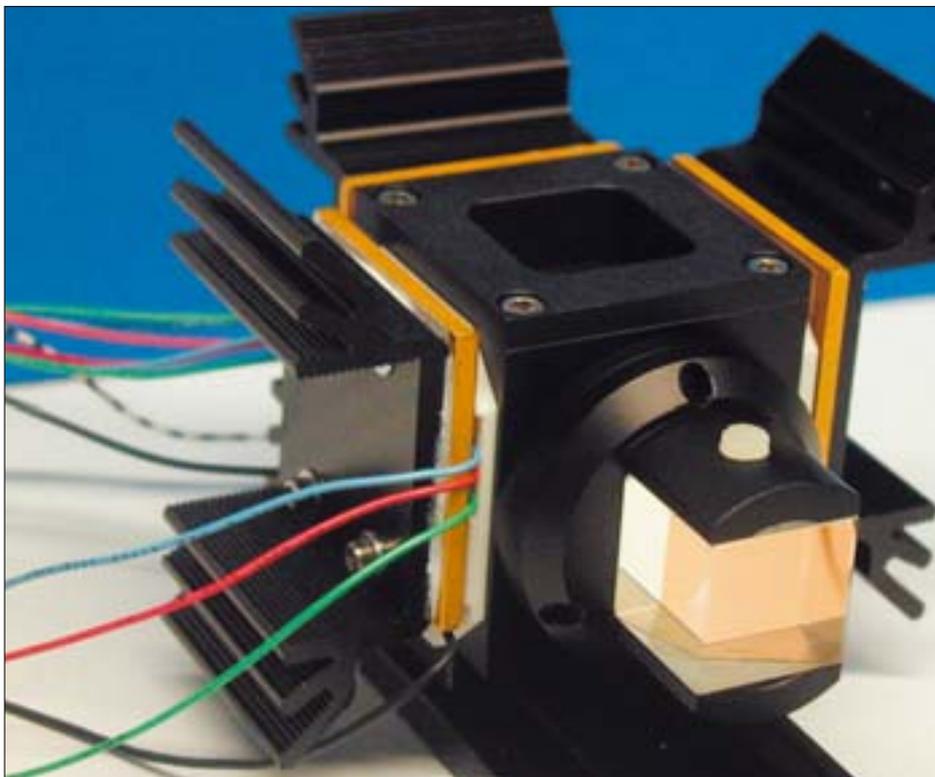


Abb. 2: Montiertes Beleuchtungsmodul.

Fig. 2: Assembled illumination module.