

Digitale Spaltlampe unter Anwendung von Mikrodisplays

Stefan Riehemann, Martin Palme, Christoph Damm, Ingo Koschmieder*, Gunther Notni

* Carl Zeiss Jena GmbH, GB Ophthalmologie (jetzt: Carl Zeiss Meditec AG, Jena)



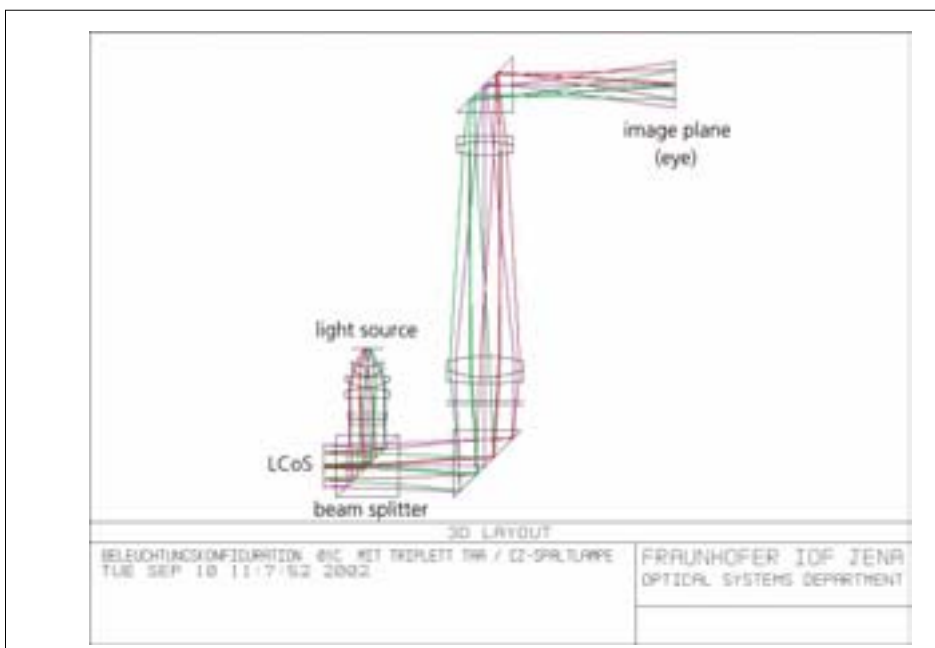
Stefan Riehemann

Einleitung

Die Haupteinsatzgebiete von Mikrodisplays auf der Basis von Mikrospiegelarrays (DMD) und reflektierenden Flüssigkristallarrays (LCoS) sind bisher Multimediaprojektoren, Rückprojektionsfernsehgeräte und Head Mounted Displays. Aber auch alternative Anwendungsgebiete wie Projektoren für die optische Messtechnik oder lithographische Belichtungssysteme werden auf Grund der interessanten Möglichkeiten dieser Mikrodisplays immer weiter erschlossen. So wurde in einem Projekt in Zusammenarbeit mit der Carl Zeiss Jena GmbH die Einsatzmöglichkeit von Mikrodisplays in einer Spaltlampe untersucht /1/. Durch die Projektion beliebiger Muster auf das Auge kann sich der Einsatzbereich der Spaltlampe als grundlegendes ophthalmologisches Untersuchungsgerät wesentlich erweitern, selbst komplexe Messaufgaben am Auge kann eine digital projizierende Spaltlampe (DSL) zukünftig übernehmen.

Abb. 1: Beleuchtungsstrahlengang der digitalen Spaltlampe mit LCoS-Display.

Fig. 1: Illumination ray trace of the digital slit-lamp with an LCoS-Display.



Modifizierungen der Spaltlampe für die Digitalprojektion

Eine Modellierung und Optimierung des optischen Strahlengangs des Beleuchtungskanal einer Spaltlampe erfolgte mit entsprechenden Optikdesign-Programmen.

Ein mechanisches Konzept für den optischen Übertragungskanal wurde unter Berücksichtigung der geometrischen Randbedingungen der Integrierbarkeit eines LCoS-Displays in eine konventionelle Spaltlampe erstellt. Konstruktion und Aufbau zweier Demonstratoren erfolgten nach einem modularen Design, um schnell auf neue Anforderungen und Marktsituationen reagieren und entsprechend einzelne Baugruppen austauschen zu können /2/.

Der Einsatz eines Mikrodisplays (hier eines LCoS) anstelle des ausgeleuchteten Spaltbereiches schafft spezielle Randbedingungen und fordert einen neuen Ansatz für die Beleuchtungskonfiguration. Das optische Design hat dabei die beschränkten räumlichen Dimensionen und den beizubehaltenden Abbildungsstrahlengang des vorgegebenen Spaltlampensystems zu berücksichtigen. Abb. 1 zeigt die Beleuchtungsoptik mit dem Mikrodisplay und dem polarisierenden Strahlteilerwürfel (links unten) und der Abbildungseinheit (Mitte). Das neue, digitale Beleuchtungssystem wurde in eine konventionelle Spaltlampe integriert und in Betrieb genommen. Den endgültigen Montagezustand der Demonstratoren zeigen die Abb. 2 und 3. Für die Inbetriebnahme wurden Muster für erweiterte Spaltlampenanwendungen entworfen und generiert, die notwendigen Softwaretools zur Digitalprojektion wurden erstellt und in die Gerätesoftware implementiert.

Digital slit-lamps using microdisplays

Stefan Riehemann, Martin Palme, Christoph Damm,
Ingo Koschmieder*, Gunther Notni

* Carl Zeiss Jena GmbH, GB Ophthalmologie (now: Carl Zeiss Meditec AG, Jena)

Introduction

Microdisplays such as digital micro mirror devices (DMD) and reflective liquid crystal displays (LCoS) have hitherto mainly been used in multimedia projectors, rear projection TV sets, and head mounted displays. Due to the interesting potential these displays offer, more and more alternative applications are opening up, such as lithographic illumination systems or projectors for optical metrology. The employment of microdisplays in slit-lamps was investigated in a joint project with Carl Zeiss Jena GmbH /1/. By projecting freely arrangeable patterns onto the eye, the application field of the slit-lamp could be extended substantially as a basic ophthalmological instrument. Even complex measurements of the eye's topography could be carried out using digital slit-lamps (DSL) in the future.

Slit-lamp modifications for digital projection

By utilizing appropriate optical design software, the illumination ray trace of the DSL was simulated and optimized. Taking into consideration the geometrical restrictions for the integration of an LCoS imager, a mechanical concept for the complete optical system was formulated. The construction and assembly of two prototypes followed a modular design /2/ in order to enable single components to be exchanged quickly in reaction to market developments such as the introduction of new standards or the development of new components.

The employment of a microdisplay (in this case an LCoS) instead of a mechanical slit results in special optical requirements that have to be fulfilled by a new illumination system for the slit-lamp. The optical design has to take into consideration the restricted mechanical space in the slit-lamp as well as the imaging optics which had to be taken from the conventional slit-lamp. The resulting illumination system with a microdisplay, polarizing beam splitter (bottom left) and imaging optics (center) is plotted in fig. 1. The digital illumination unit was integrated into a conventional slit-lamp and put into operation. The resulting prototype can be seen in figs. 2 and 3. The software tools necessary for the DSL were generated and different illumination patterns for slit-lamp applications were designed and integrated into the software.



Martin Palme



Christoph Damm



Ingo Koschmieder



Gunther Notni

Abb. 2: Gesamtansicht des Demonstrators einer digitalen Spaltlampe.

Fig. 2: Total view of the prototype of the digital slit-lamp.



Abb. 3: Detailansicht der mikrodisplay-basierten Projektionseinheit der digitalen Spaltlampe (ohne Gehäuse).

Fig. 3: Detail view of the digital slit-lamp's projection unit based on microdisplays (without cover).



Digitale Spaltlampe – Erreichte Systemparameter

Die optischen Eigenschaften der DSL wurden vor den ersten Untersuchungen am Auge vermessen.

Beide Demonstratoren erreichen in der Augenebene eine Beleuchtungsstärke von 50 klux und einen Hell-Dunkel-Kontrast von $> 440 : 1$.

Durch das verbesserte optische Design der Beleuchtungseinheit konnte die Homogenität der Ausleuchtung der Augenebene gegenüber der klassischen Spaltlampe verbessert werden. Die spektrale Verteilung in der Augenebene entsprach DIN EN ISO 10939 (Untersuchungen am Auge). Die Abbildungsleistung der Projektion wird durch folgende Parameter gekennzeichnet: Schärfentiefebereich 0,14 mm, Krümmungsradius der Bildfeldwölbung 35 mm, kissenförmige Verzeichnung der Abbildung in den Randbereichen von 1,45 %. Hierbei wurde – wie schon erwähnt – das Abbildungssystem einer konventionellen Spaltlampe übernommen und nicht optimiert.

Erste Anwendungsbeispiele

Erste Untersuchungen am menschlichen Auge zeigen, dass beim Blick durch das Stereomikroskop der Kontrast für normale Spaltlampenanwendungen ausreichend ist. In den Abb. 4 bis 7 sind die Projektionen verschiedener Muster auf die Cornea und durch die Linse zu sehen.

Zur Vermeidung störender Reflexe von der Iris (siehe Abb. 4 bis 6) wird für Projektionen auf die Linse oder deren Rückfläche die Größe des projizierten Bildes an den Pupillendurchmesser angepasst (siehe Abb. 7). Bei augenärztlichen Untersuchungen besteht die Möglichkeit einer Pupillenweitung durch Mydriatika, so dass dann eine großflächigere Projektion auf die Augenlinse erfolgen kann.

Zusammenfassung

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass eine digital projizierende Spaltlampe unter Verwendung reflektierender Mikrodisplays realisierbar und funktionsfähig ist. Die dazu notwendigen Technologien sind prinzipiell vorhanden. Bis zu einer serienreifen Umsetzung sind jedoch weitere technische und applikative Fragen zu lösen.

Literatur:

- /1/ Patentschrift DE 198 12 050 A1.
- /2/ Riehemann, S., Palme, M., Eichler, U., Koschmieder, I., Luther, E., Damm, C., Notni, G.: „Beleuchtungskonzepte zum Einsatz reflektierender LCoS- und DMD-Mikrodisplays am Beispiel einer digital projizierenden Spaltlampe“, Jahrestagung der DGaO 2002.

Abb. 4: Konventionelle Spaltlampenuntersuchung (sichtbar sind Cornea und Linse) mittels der DSL.

Fig. 4: Conventional slit-lamp examination (cornea and lens are visible) using the DSL.

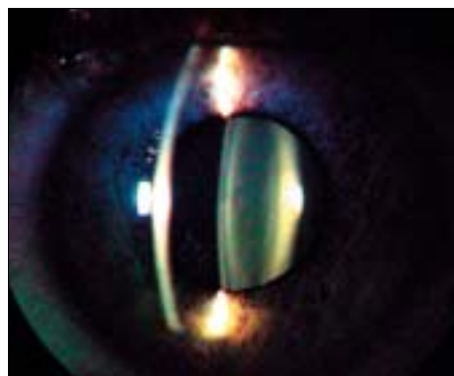
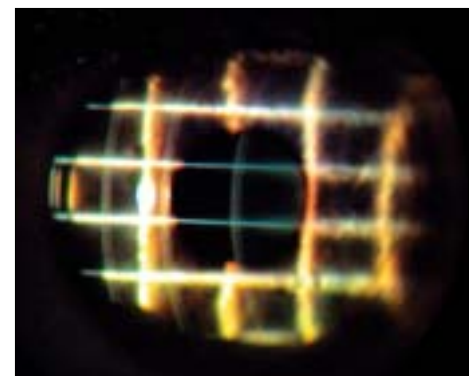


Abb. 5: Projektion eines Gitters auf die Cornea mittels der DSL.

Fig. 5: Projection of a grid onto the cornea using the DSL.



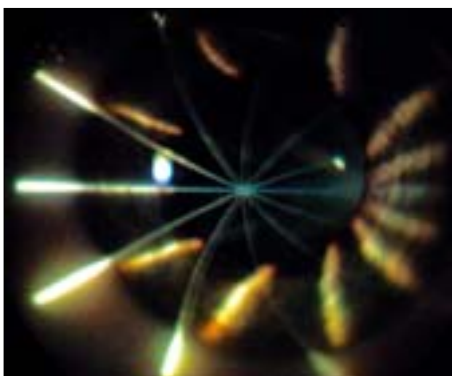
Digital slit-lamp – system parameters achieved

The optical properties of the DSL were measured before using the slit-lamp for ophthalmological examinations. Both prototypes achieved an illuminance of 50 klux and a contrast greater than 440 : 1. Due to the optimized optical design, the homogeneity of the light distribution on the eye's surface was improved. The spectral composition of the projected light fulfills DIN EN ISO 10939 (eye examinations).

The projection is further characterized by the following parameters: depth of focus 0.14 mm, curvature of the image area 35 mm, distortion of the image area (on the edge) 1.45 %. As already mentioned, the imaging system of a conventional slit-lamp was used without further optimization.

Abb. 6:
Projektion eines Sterns auf die Cornea mittels der DSL.

Fig. 6:
Projection of a star onto the cornea using the DSL.

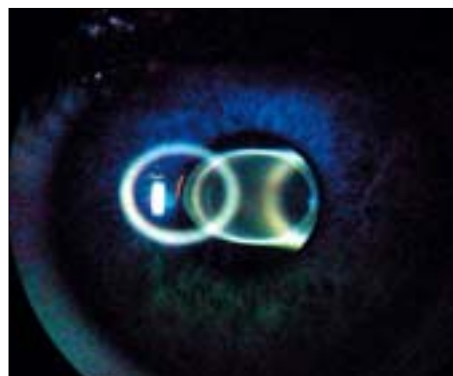


First applications

The first human eye examinations with the DSL showed that the contrast is sufficient for normal slit-lamp applications. Projections of different patterns on the human cornea and through the lens can be seen in figs. 4 to 7. In order to avoid disturbing iris reflections (see figs. 4 to 6), the size of the projection must be adapted to the pupil size (see fig. 7). In „real“ examinations, the ophthalmologist can enhance the pupil diameter by using mydriatica to examine larger areas of the lens all at once.

Abb. 7:
Lichtschnitt mit einem projizierten Kreis durch Cornea und Linse mittels der DSL.

Fig. 7:
Projection of a circle through the cornea and lens by use of the DSL.



Summary

It was demonstrated that a digital-projection slit-lamp using reflecting microdisplays can be developed at full functionality. All the technology necessary for this process is essentially available. Before the unit is ready to go into production, some technical questions and questions concerning applications will need to be answered first.

References:

- /1/ Patent DE 198 12 050 A1.
- /2/ Riehemann, S., Palme, M., Eichler, U., Koschmieder, I., Luther, E., Damm, C., Notni, G.: „Beleuchtungskonzepte zum Einsatz reflektierender LCoS- und DMD-Mikrodisplays am Beispiel einer digital projizierenden Spaltlampe“, Annual Meeting of the DGaO, 2002.