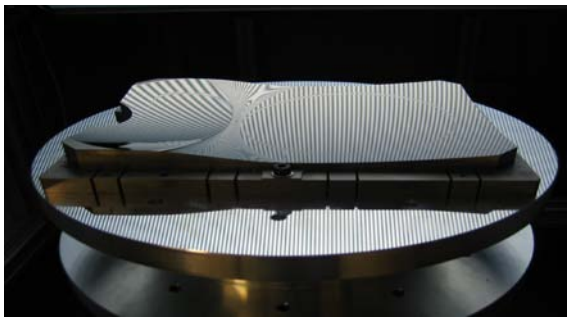
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Optische Technologien
Förderinitiative „Freiformoptiken“

Projekt:	**Hocheffiziente LED Beleuchtungssysteme auf Basis von hochintegrierten Freiformreflektoren und neuartigen, mikrostrukturierten Reflektormaterialien (HIREFLED)**
Koordinator:	Henning Schlüter Alux-Luxar GmbH & Co. KG Schneiderstr. 76 40764 Langenfeld Tel.: +49 2173 2790 e-Mail: schlueter@alux-luxar.de
Projektvolumen:	2,93 Mio € (ca. 52% Förderanteil durch das BMBF)
Projektlaufzeit:	01.06.2010 bis 31.05.2013
Projektpartner:	➲ Fraunhofer-Institut für Lasertechnik, Aachen ➲ ALANOD Aluminium-Veredelung GmbH & Co. KG ➲ BÄRO GmbH & Co. KG ➲ Alux-Luxar GmbH & Co. KG

Freiformoptiken – Universeller Einsatz maßgeschneiderter Optikkomponenten

Hochwertige optische Geräte wie etwa Ferngläser, Mikroskope oder Kameraobjektive gehören mit zu den häufigsten Assoziationen, wenn es um Qualität „Made in Germany“ geht. Während die klassischen Optiken abbildender Systeme modular aus einzelnen Linsen verschiedener Brennweite mit kugelförmiger (= sphärischer) Oberfläche aufgebaut werden, zeichnet sich in den letzten Jahren immer deutlicher ein Wechsel hin zu maßgeschneiderten Einzelkomponenten mit Freiformoberflächen ab, die speziell auf die jeweilige Anwendung zugeschnitten sind. Dies ermöglicht eine Vermeidung von Abbildungsfehlern und steigert damit die Qualität der optischen Abbildung auf ein Maß, das auf konventionellem Weg grundsätzlich unerreichbar bleibt. Optische Systeme werden zudem wesentlich kompakter und leichter. Ein prominentes Beispiel solcher Optiken der nächsten Generation findet man beispielsweise in den ultrakompakten Kameras, die heute in nahezu jedem Mobiltelefon verbaut sind. Zusätzlich zu den auf Brechung oder Reflexion von Licht basierenden optischen Komponenten sind nunmehr auch solche verfügbar, deren Funktionsprinzip auf einer Beugung des Lichts beruht, sogenannte diffraktive optische Elemente (DOE).



Freiformspiegelpaar aus Direktherstellung mittels Ultrapräzisionsbearbeitung (Quelle: Carl Zeiss Jena GmbH)

Für die wirtschaftliche Fertigung und die flexible und hochpräzise Vermessung solcher Optiken mit Freiformflächen sowie der DOE ist ein lückenloses Verständnis der optischen Eigenschaften des Systems, der Beschichtungen, der Aufbau- und Verbindungstechnik, des Herstellungsprozesses und der dabei verwendeten Werkzeuge erforderlich. Die neuen Optiken finden breite Anwendung in der Medizintechnik, Konsumerelektronik, Beleuchtung, Automobilbau, Sicherheitstechnik, Materialbearbeitung sowie im Maschinen- und Anlagenbau. Es gilt, die traditionelle Stärke deutscher Unternehmen bei der Fertigung hochwertiger, innovativer Optiken in die nächste Generation zu überführen.

LEDs für die Allgemeinbeleuchtung – maßgeschneiderte Lichtfarbe und Reflektoren

Die LED bringt das Licht der Zukunft – sie ist allen anderen Optionen überlegen. Ihre vielfältigen Einsatzmöglichkeiten, ihre Flexibilität bzgl. Form und dynamischer Farbe, ihre herausragende Effizienz und Langlebigkeit werden sie zu *dem* Beleuchtungstool der Zukunft machen. Innen wie außen, in Büros, Foyers, in Haus und Heim; an Fassaden, Textilien, Straßen und im Automobil finden LEDs ihren Platz und sorgen für eine neue Qualität der Beleuchtung. Die im Prinzip jederzeit mögliche Anpassung der Lichtfarbe und -temperatur an Tageszeit und Aufgabe macht das LED-Licht zukünftig zum alltäglichen Werkzeug in Hotels und Shops, Museen und Theater, Industrie und Handwerk. Ärzte nutzen das variable Licht zur Optimierung der unterschiedlichsten Untersuchungen, Konzerte und TV-Shows werden mit LEDs wirkungsvoll und farbenprächtig in Szene gesetzt und sensible Waren können ohne schädliche Wirkungen in dem infrarot- und UV-freien Licht präsentiert werden. All diese faszinierenden Einsatzmöglichkeiten verbinden sich mit hoher Effizienz und Lebensdauer.

Das enorme Potenzial der LED erschließt sich jedoch erst durch ihren Einsatz in der passenden Leuchte. Das gerichtete Licht der LED muss für die Beleuchtungsaufgabe angepasst und aufgeweitet, Blendungen müssen vermieden werden. Dies geschieht konventionell mit Hilfe von Linsen, Streuplatten und Reflektoren. Letztere bieten hier grundsätzlich den Vorteil einer höheren Effizienz – sie weisen weniger Verluste auf als Linsen und Streuplatten. Eine Leuchte, die komplett auf Linsen und Streuplatten verzichtet und in der die Aufgaben der Lichtlenkung und Entblendung allein durch einen entsprechend geformten Reflektor übernommen werden, ist deshalb grundsätzlich die bestmögliche Variante. Eine solche LED Leuchte mit einem Freiform-Reflektor, integriertem Systemdesign und einer Gesamteffizienz von bis zu 90% soll im vorliegenden Verbund HIREFLED realisiert werden. Dies würde eine deutliche Erhöhung gegenüber konventionellen Leuchten bedeuten – mit allen Vorteilen bei der Energie- und CO_2-Einsparung.

Eine Kombination von roten, grünen und blauen LEDs soll dabei das gezielte Einstellen verschiedener Lichtfarben ermöglichen. Im Vorhaben wird die Lebensmittelbeleuchtung adressiert, die besonders hohe Anforderungen an die spektrale Zusammensetzung des Lichts stellt. Die erwarteten Projektergebnisse sind dann übertragbar auf weitere Anwendungen im Bereich der Allgemeinbeleuchtung. Um weitere Energieeinsparungen zu ermöglichen, ist ein in den Reflektor integrierter Sensor geplant, der die tatsächliche Beleuchtungssituation auf dem Objekt vermisst. Die LEDs in der Leuchte werden dann entsprechend so angesteuert, dass die Beleuchtungsstärke und das Zielspektrum auf dem Beleuchtungsobjekt erreicht werden. Hierfür werden entsprechende Sensoren und Steuermodule erforscht. Der Reflektor soll in der Leuchte mehrere Aufgaben übernehmen: Er mischt das Licht der einzelnen LEDs in geeigneter Weise, um die gewünschte Beleuchtung auf dem Objekt zu erzielen. Er berücksichtigt den im Strahlengang integrierten Sensor und vermeidet möglichen Schattenwurf. Er sorgt für die notwendige Entblendung durch eine passende Mikrostruktur der Reflektoroberfläche. Und nicht zuletzt dient der Reflektor gleichzeitig als Kühlkörper und stellt eine stets ausreichende Kühlung der LEDs sicher.

Tiefgezogener Freiformreflektor aus stückeloxiertem Material mit Reflexionsgrad von max. 84%

Im Vorhaben werden das LED Steuerungsmodul, das Design des Reflektors, dessen mikrostrukturierte Oberfläche und mögliche Verfahren zur Realisierung des Reflektors untersucht. Wesentliche Herausforderungen sind hier die Erforschung neuer Schichtsysteme, die eine Beibehaltung der hohen Reflexionsgrade (98%) trotz Umformung und Mikrostrukturierung ermöglichen sollen. Die Erarbeitung von Optik-Simulationen zur Auslegung des Freiform-Reflektordesigns ist weiterer Arbeitspunkt, neben der Untersuchung angepasster LED Steuermodule, die Messwerte des Sensors verarbeiten und die verschiedenen LEDs entsprechend der Zielvorgaben in den Beleuchtungswerten ansteuern. Hierdurch soll auch die unterschiedlich schnell ablaufende Alterung der verschieden-farbigen LEDs kompensiert werden.

Im Jahr 2006 betrug der Umsatz im Bereich professioneller Leuchten (ohne Wohnraumleuchten) in Westeuropa 5,3 Mrd. €, alleine im Segment der Shop-Beleuchtung wurden hiervon 27% erzielt. Aufgrund neuer EU-Richtlinien zum Umweltschutz haben sich in ihrer Lichtfarbe und Leistung regelbare Lichtinstallationen und LED-Leuchten im Markt etabliert. Mit der Verfügbarkeit von LEDs höherer Leistung und gleichzeitig akzeptabler Lichtwirkung wird ein weiterer drastischer Anstieg dieses Marktanteils erwartet. Dieser Trend wird verstärkt durch eine Verdrängung alter Lichtquellen, wie z.B. bei Retrofit-Lampen mit LED, sowie durch die Erschließung neuer Einsatzgebiete für LED.