

Laserbasierte Erzeugung von Mikro- und Nanostrukturen für die Effizienzsteigerung von Lichtquellen zur Weißlichterzeugung

New technology for high efficiency LED- and laser-modules for solid state lighting applications

Projektträger / Fördermittelgeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) | Europäische Union (EU)
Executing Organisation: Federal Ministry of Education and Research (BMBF) | European Union (EU)

Aufgabenstellung

Für die Erzeugung von weißem Licht mittels LED oder Laser werden oft eine blaue Lichtquelle und ein fluoreszierendes Material eingesetzt, welches Teile des blauen Lichtes in gelbes Licht umwandelt, sodass die Mischung als weißes Licht erscheint. Zur Verbesserung der Lichtausbeute und -qualität von monokristallinen Phosphormaterialien für die Anwendung in hocheffizienten LED- und Laserlicht-Modulen wird eine Methode entwickelt um Kristalloberflächen im Submikrometerbereich zu strukturieren.

Vorgehensweise

Es werden unterschiedliche Methoden zur Laserstrukturierung der Phosphormaterialien untersucht. Neben der direkten Strukturierung mittels interferierender ultrakurzer Laserpulse werden auch Methoden wie Laser Induced Frontside/Backside Dry Etching (LIFE/LIBDE) und Kombinationen mit lithographischen Techniken untersucht.

Ergebnisse

Um Strukturgrößen unterhalb von $1\ \mu\text{m}$ zu erreichen, wird ein lithographischer Ansatz in Kombination mit der LIFE-Methode gewählt, um die technischen Schwierigkeiten der Laserinterferenz von ultravioletten und ultrakurzen Laserpulsen zu umgehen. Ein Photoresist wird mittels eines Interferenzaufbaus einer blauen Laserdiode (Wellenlänge $405\ \text{nm}$) mit einer Strukturgröße von ca. $460\ \text{nm}$ entwickelt. Durch Aufputtern einer Goldschicht kann eine definierte und strukturierte Absorberschicht auf der Kristalloberfläche erzeugt werden (Abb. 1). Mit der LIFE-Methode werden diese Strukturen mit geringem Aufwand mittels ultrakurzen Laserpulsen oder eines Excimer-Lasers in die Kristalloberfläche übertragen. Damit werden Strukturgrößen $< 500\ \text{nm}$ mit Tiefen von ca. $80\ \text{nm}$ ermöglicht (Abb. 2).

Task

White light generation via LED or Laser often uses a blue light source and a fluorescent material (luminophore) which converts parts of the blue light into yellow light so that the mixture of light appears white. To improve the efficiency and quality of white light generated by crystalline luminophores for use in high-efficiency LED- and laser-light engines a method for defined structuring of crystal surfaces on a submicron scale is being developed.

Approach

Different methods for laserstructuring of luminophore surfaces are being studied. Besides the direct structuring using interference of ultrashort laser pulses methods like Laser Induced Frontside/Backside Dry Etching (LIFE/LIBDE) and combinations with lithographic methods are investigated.

Results

To achieve surface structure sizes below $1\ \mu\text{m}$, a lithographic approach in combination with the LIFE method is used to circumvent the technical difficulties of direct laser interference of ultraviolet and ultrashort laser pulses. A photoresist on the luminophore surface is developed by an interference setup using a blue laser diode (wavelength $405\ \text{nm}$), resulting in structure sizes around $460\ \text{nm}$. A gold layer is sputtered on this structure, resulting in a nanostructured absorber layer on the luminophore surface (fig. 1). Using the LIFE method, these structures are then structured into the luminophore surface using ultrashort laser pulses or excimer laser pulses. Structure sizes smaller than $500\ \text{nm}$ at depths around $80\ \text{nm}$ can be achieved (fig. 2).

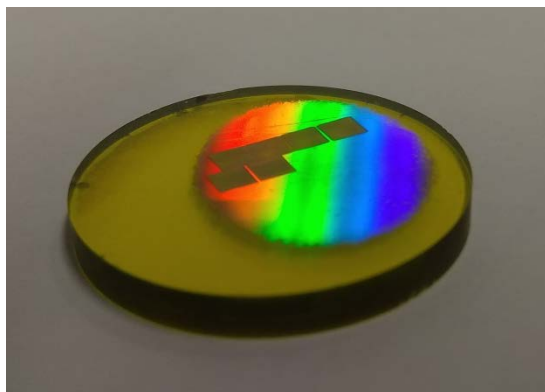


Abb. 1: Nanostrukturierte Gold-Absorber-Schicht auf Phosphorkristall

Fig. 1: Nanostructured gold absorber layer on luminophore

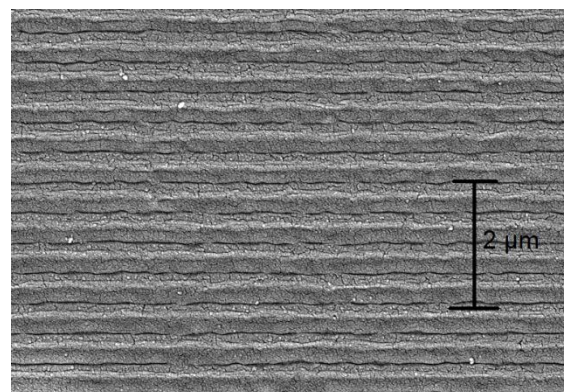


Abb. 2: REM-Aufnahme der strukturierten Oberfläche

Fig. 2: SEM image of structured surface