

NIR-Strahlungsquellen auf Basis leuchtstoffkonvertierter InGaN LEDs

S. Möller, A. Hoffmann, A. Shamu und T. Jüstel
 Fachbereich Chemieingenieurwesen, Fachhochschule Münster,
 Stegerwaldstr. 39, D-48565 Steinfurt

Hintergrund und Motivation

Die hier vorgestellten Ergebnisse resultieren aus dem vom BMBF geförderten Projekt "CoMaMed – Converter Materials for Laser Diodes in Medical Applications". Hauptziel ist die Entwicklung neuer optischer Materialien mit einem Emissionsmaximum im optischen Fenster von (durchblutetem) Gewebe. Zwischen 650 und 2000 nm existieren Bereiche, in denen die wesentlichen Gewebekomponenten wie Wasser und Melanin sowie oxidiertes und nicht-oxidiertes Hämoglobin nur geringe Absorptionskoeffizienten aufweisen (Abb. 1). In Abb. 2 wird deutlich, dass menschliches Gewebe – hier die Hand – zu einem gewissen Grad für das rote Licht eines Laserpointers durchlässig ist. Die aus dieser Durchlässigkeit resultierende hohe Eindringtiefe ist für diagnostische und therapeutische Anwendungen von Interesse. Für die Nutzung von hocheffizienten blauen Laserdioden als Anregungsquellen werden Konvertermaterialien gesucht, die eher Anregungsbanden als schmale Linien und hohe Absorptionskoeffizienten im blauen Spektralbereich aufweisen. Um all diese Anforderungen zu erfüllen, stehen im Fokus des Projektes NIR-emittierende Aktivator- und deren Sensibilisierung für eine Anregung mit blauem Licht durch geeignete Co-Dotierungen.

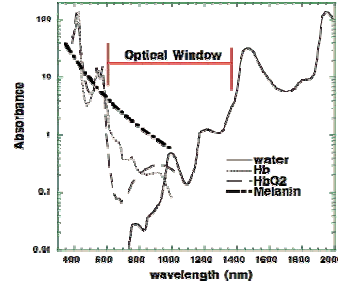


Abb. 1: Absorptionskoeffizient über Wellenlänge für Bestandteile von durchblutetem Gewebe. (www.photobiology.info/Hamblin.html (March 12th, 2009))

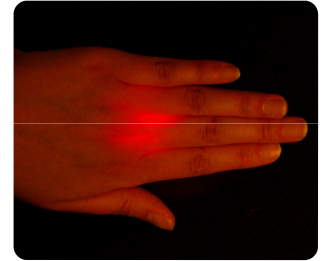


Abb. 2: Beispiel für die Durchlässigkeit von menschlichem Gewebe für das rote Licht eines Laserpointers

Konversion und Sensibilisierung

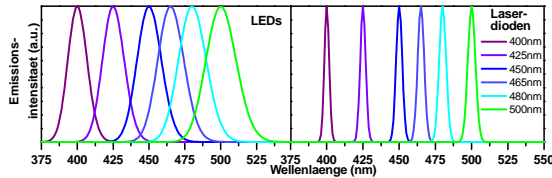


Abb. 4: Unterschiedliche Halbwertsbreiten bei LEDs (20 nm) und Laserdioden (5 nm) resultieren in unterschiedlichen Emissionsspektren.

Aufgrund des hohen Aufwands für Forschung und Entwicklung und den resultierenden Erfolgen in der Effizienzsteigerung gelten blaue LEDs und Laserdioden als Basistechnologie der Zukunft. Mit passenden Konvertermaterialien können diese Vorteile für den medizinisch interessanten Bereich von 650 bis 2000 nm nutzbar gemacht werden. Weil nicht jeder Aktivator durch blaues Licht angeregt werden kann, bedient man sich sogenannter Sensibilisatoren, die blaues Licht absorbieren und auf den Aktivator übertragen, der dann wiederum die gewünschte Emission im Nahinfrarot zeigt. Damit dieser Energietransfer effizient erfolgen kann, müssen die elektronischen Strukturen von Aktivator und Sensibilisator z. B. durch das Wirtsgitter aufeinander abgestimmt werden.



Abb. 3: Schematische Darstellung der Funktionsweise von leuchtstoffkonvertierten Leucht- bzw. Laserdioden

Ergebnisse und Diskussion

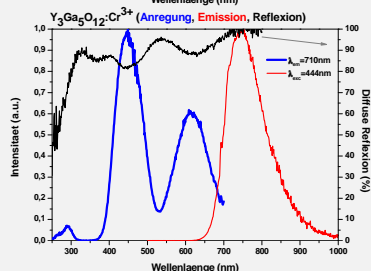
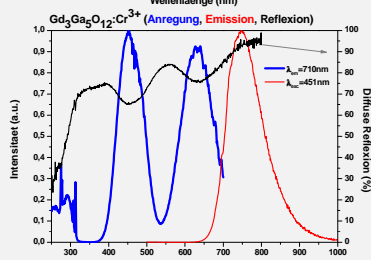
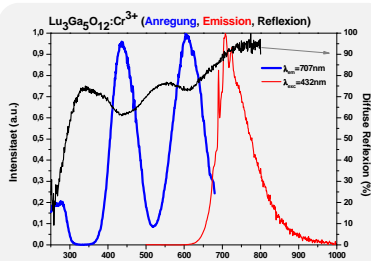


Abb. 5: Einfluss des Wirtsgitters auf die Intensität der Anregungsbanden für Cr³⁺-dotierte Galliumgranate

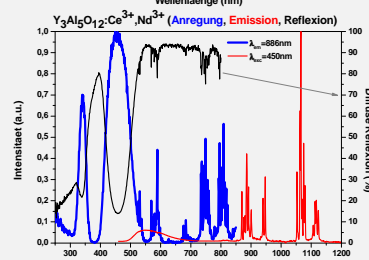
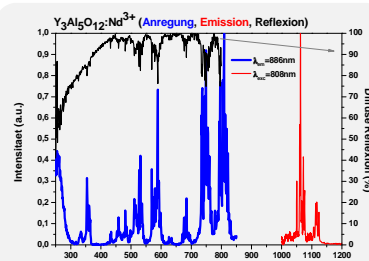


Abb. 6: Einfluss der Co-Dotierung auf Form und Intensität der Anregungsbanden für Nd³⁺-dotiertes YAG

Die hier gezeigten Lumineszenzspektren verdeutlichen, dass mit einer passenden Kombination von Aktivator, Sensibilisator und Wirtsgitter maßgeschneiderte Konvertermaterialien für eine Vielzahl von Anwendungen hergestellt werden können. Während die Abb. 5 und 6 Beispiele für die Optimierung zweier Leuchtstoffsysteme für die Anwendung mit blauen Leucht- oder Laserdioden demonstrieren, zeigt Abb. 7 die Veränderung der Emissionseigenschaften des Aktivators Cr³⁺ in Abhängigkeit von der chemischen Umgebung als Folge der Verwendung unterschiedlicher Wirtsgitter. Neben optischen Eigenschaften spielen bei der Auswahl eines geeigneten Wirtsgitters weitere Faktoren wie Stabilität, Toxizität und Verfügbarkeit eine Rolle.

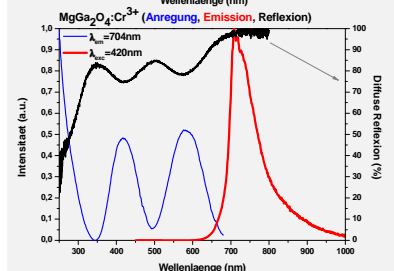
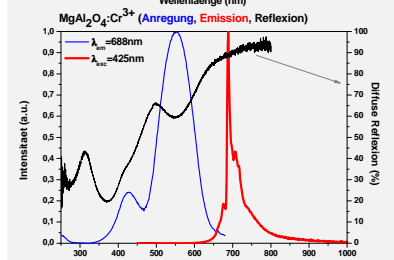
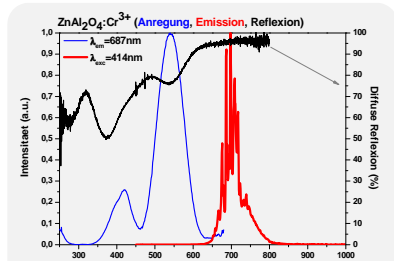


Abb. 7: Einfluss des Wirtsgitters auf Form und Intensität der Emissionsbanden für Cr³⁺-dotierte Spinellverbindungen

