

# Inkohärente Lichtquellen

M. Sc. Chemieingenieurwesen / Photonik

15. Juli 2015

Prof. Dr. T. Jüstel

Name: \_\_\_\_\_

Matrikelnummer: \_\_\_\_\_

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

Denken Sie an eine korrekte Angabe des Lösungsweges und der Endergebnisse. Versehen Sie alle Größen mit IUPAC Einheiten. Bei Grafiken sind die Achsen ordnungsgemäß zu beschriften. Richten Sie alle Reaktionsgleichungen vollständig mit ganzzahligen Koeffizienten ein.

Dauer der Prüfung: 180 Minuten

Hilfsmittel: Periodensystem, Taschenrechner, Dieke-Diagramm, Formelsammlungen

## Punkteverteilung

Aufgabe 1: 10 Punkte  
Aufgabe 2: 10 Punkte  
Aufgabe 3: 10 Punkte  
Aufgabe 4: 10 Punkte  
Aufgabe 5: 10 Punkte  
Aufgabe 6: 10 Punkte  
Aufgabe 7: 10 Punkte  
Aufgabe 8: 10 Punkte  
Aufgabe 9: 10 Punkte  
Aufgabe 10: 10 Punkte

## Notenskala

1,0 95 – 100 Punkte  
1,3 90 – 94 Punkte  
1,7 85 – 89 Punkte  
2,0 80 – 84 Punkte  
2,3 75 – 79 Punkte  
2,7 70 – 74 Punkte  
3,0 65 – 69 Punkte  
3,3 60 – 64 Punkte  
3,7 55 – 59 Punkte  
4,0 50 – 54 Punkte  
5,0 0 – 49 Punkte

**Viel Erfolg!**

## **Aufgabe 1**

**(10 Punkte)**

### ***Physikalische Grundlagen der Lichterzeugung***

- a) Nennen Sie drei physikalische Prozesse, die in der Beleuchtungstechnik zur Lichterzeugung genutzt werden? (6 Punkte)
  
- b) Nennen Sie vier Arten von Lumineszenzprozessen, die im Festkörper auftreten können! (4 Punkte)

## **Aufgabe 2**

**(10 Punkte)**

### ***Radiometrische und photometrische Größen***

- a) Was versteht man unter radiometrischen bzw. unter photometrischen Größen? (2 Punkte)
- b) Skizzieren und erläutern Sie den Verlauf der Augenempfindlichkeitskurve  $V(\lambda)$  des menschlichen Auges! (3 Punkte)
- c) Welche Konsequenzen ergeben sich aus dem Verlauf der  $V(\lambda)$ -Kurve für die spektrale Optimierung von weißen Lichtquellen! (3 Punkte)
- d) Welche Konsequenzen hat die Blauverschiebung der Augenempfindlichkeitskurve beim Dämmerungs- bzw. Nachtsehen für die Lichttechnik? (2 Punkte)

### **Aufgabe 3**

**(10 Punkte)**

#### ***Glühlampen***

- a) Skizzieren Sie den Aufbau einer Glühlampe und erläutern Sie den Aufbau sowie die Materialauswahl der Wendel unter elektro- und lichttechnischen Aspekten! (4 Punkte)
- b) Skizzieren Sie schematisch den ungefähren Verlauf des Spektrums eines schwarzen Strahlers im UV-, VIS- und NIR-Bereich bei einer Temperatur von 2700 und 5800 K! (3 Punkte)
- c) Berechnen Sie mit Hilfe des Wien'schen Verschiebungsgesetzes ( $\lambda_{\max} = 2880 / T$  [ $\mu\text{m} \cdot \text{K}$ ]) die Temperatur eines schwarzen Strahlers, bei der das Maximum der Emission im Maximum der Augenempfindlichkeitskurve liegt! Warum lässt sich eine derartige Glühlampe nicht realisieren? (3 Punkte)

#### Aufgabe 4

(10 Punkte)

##### *Halogenleuchtampen*

- a) Welche chemische Transportreaktion ist in Halogenleuchtampen für die Erhöhung der Lebensdauer gegenüber Glühlampen verantwortlich? (3 Punkte)
- b) Was versteht man unter dem "Hot-Spot"-Mechanismus? (2 Punkte)
- b) Beschreiben Sie an Hand der unten stehenden van't Hoff Gleichung und einer einfachen Grafik, wie die Temperatur die Lage des chemischen Gleichgewichtes bestimmt, und warum in Halogenlampen ein Rücktransport des Wolframs vom Glaskolben zur Wendel stattfindet! (5 Punkte)

$$\ln K = -\frac{\Delta H^0}{R \cdot T} + \frac{\Delta S^0}{R}$$

## Aufgabe 5

(10 Punkte)

### *Gasentladungslichtquellen*

- a) Was versteht man unter einem Plasma und worin unterscheiden sich isotherme von nicht-isothermen Plasmen? (3 Punkte)
- b) Welche beiden Elemente werden meistens als strahlungsemitierende Komponenten in Gasentladungslampen eingesetzt? Begründung angeben! (3 Punkte)
- c) Berechnen Sie die Energieeffizienz  $\eta$  einer blau-emittierenden Fluoreszenzlampe (Lichtquelle zur Behandlung der Neugeborenenengelbsucht) auf der Basis einer Hg-Niederdruckentladung, unter folgenden Annahmen: Entladungseffizienz = 70%, Hg-Emission bei 185 nm (15%), bei 254 nm (85%), Emissionsbande des BaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu Leuchtstoffes bei 450 nm, Quantenausbeute des Leuchtstoffes bei 185 und 254 nm Anregung jeweils 90%! (4 Punkte)

$$\eta_{\text{Fluoreszenzlampe}} = \eta_{\text{Entladung}} * \eta_{\text{Leuchtstoff}} * \text{Stokes-Shift}$$

## **Aufgabe 6**

**(10 Punkte)**

### ***Leuchtstoffe und Lumineszenzmechanismen***

- a) Skizzieren Sie die Funktionsweise eines Leuchtstoffes an Hand der Begriffe, Anregung, Energietransfer und Relaxation! (3 Punkte)
- b) Nennen Sie drei Löschmechanismen, welche die Quantenausbeute eines anorganischen Leuchtstoffes reduzieren? (3 Punkte)
- c) Erläutern Sie an Hand des Dieke-Diagramm die Bedeutung von  $\text{Eu}^{3+}$  und  $\text{Tb}^{3+}$  aktivierten Leuchtstoffen für die Lichttechnik! (2 Punkte)
- d) Was versteht man unter Sensibilisierung und welche herausragende Rolle spielt  $\text{Ce}^{3+}$  dabei in der Fluoreszenzlampe-technik? (2 Punkte)

## **Aufgabe 7**

**(10 Punkte)**

### ***Anorganische lichtemittierende Dioden (LED)***

- a) Skizzieren Sie schematisch den Aufbau einer anorganischen LED und benennen Sie die wichtigsten Komponenten! (4 Punkte)
  
- b) Erläutern Sie an Hand einer einfachen Grafik, die Bedeutung der emittierenden „Multi-Quantum-Well“-Schicht für die Effizienz des Elektrolumineszenzprozesses einer anorganischen LED! (3 Punkte)
  
- c) Warum ist die Entwärmung von Anorganischen LED so besonders schwierig? Welche technische Maßnahme wird generell angewendet, um die Entwärmung von Hochleistungs-LED zu verbessern? (3 Punkte)

## Aufgabe 8

(10 Punkte)

### *Leuchtstoffe für anorganische LEDs*

a) Erläutern Sie Vor- und Nachteile der folgenden drei Konzept zur additiven Erzeugung von weißem Licht mit Hilfe einer anorganischen Leuchtdiode und einer Leuchtstoffschicht zur Farbkonversion! (3 Punkte)

1. 450 nm LED + gelb-emittierender Leuchtstoff
2. 450 nm LED + grün-emittierender Leuchtstoff + rot-emittierender Leuchtstoff
3. 400 nm LED + RGB-Leuchtstoffmischung

b) Welche beiden Aktivatorionen kommen bis heute ausschließlich in LED-Leuchtstoffen zum Einsatz und warum? Welche Alternative gibt es, um rot-emittierende LED-Leuchtstoffe zu entwickeln, wenn man Nah-UV emittierende LED als Primärlichtquelle verwendet! (3 Punkte)

c) Der aktuelle Rekord für die Lichtausbeute einer weißen LED beträgt etwa 300 lm/W<sub>elektrisch</sub>. Berechnen Sie die Effizienz des Elektrolumineszenzprozesses im Halbleiter unter der Annahme, dass die Auskopplungseffizienz 95%, die Quantenausbeute des Leuchtstoffes 95% beträgt und der Halbleiter bei 465 nm bzw. der Leuchtstoff bei 550 nm emittiert. Zudem soll das Lumenäquivalent des Emissionsspektrums 400 lm/W<sub>optisch</sub> betragen. (2 Punkte)

$$\eta_{LED} = \eta_{Halbleiter} * \eta_{Leuchtstoff} * \eta_{Auskopplung} * \text{Stokes-Shift}$$

$$\eta_{LED} = \text{Lichtausbeute}[\text{lm/W}_{\text{elektrisch}}] / \text{Lumenäquivalent}[\text{lm/W}_{\text{optisch}}]$$

## Aufgabe 9

(10 Punkte)

### *Organische lichtemittierende Dioden (OLED)*

- a) Erläutern Sie den Aufbau einer OLED mit Hilfe eines einfachen Schemas! (3 Punkte)
- b) Welche Emittermaterialien werden verwendet und warum? (3 Punkte)
- b) Eine OLED mit einer Fläche von  $50 \text{ cm}^2$  wird mit einer Spannung von  $3 \text{ V}$  betrieben. Welche Stromdichte in  $\text{A/cm}^2$  ist notwendig, wenn die OLED  $300 \text{ lm}$  emittieren soll und die Lichtausbeute bei  $100 \text{ lm/W}$  liegt? (2 Punkte)
- c) Wie lässt sich die Lichtausbeute einer planaren Lichtquelle bestimmen! (2 Punkte)

## **Aufgabe 10**

**(10 Punkte)**

### ***Hochdruckgasentladungslampen***

- a) Erklären Sie die Änderung des Spektrums einer Hg-Entladung mit steigendem Druck? (3 Punkte)
  
- b) Beschreiben Sie den physikalischen Prozess der Lichterzeugung in einer Natriumdampf Lampe und erläutern Sie das Phänomen der spektralen Selbstinversion durch Reabsorption und Dopplerverschiebung, wenn der Druck von 0.01 auf 100 mbar steigt. (5 Punkte)
  
- c) Nennen Sie zwei Anwendungsbereiche von Hochdrucklampen und erklären Sie warum diese Lampen in diesen Bereichen Niederdrucklampen überlegen sind, obwohl die Energieeffizienz in der Regel geringer ist? (2 Punkte)

