

# Inkohärente Lichtquellen

M. Sc. Chemieingenieurwesen / Photonik

15. Juli 2016

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, Formelsammlung

## 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 physikalischen Prozesse, welche technisch zur Lichterzeugung genutzt werden! Erläutern Sie auch den jeweiligen Mechanismus der Lichterzeugungskette! (6 Punkte)
- b) Was versteht man unter dem Begriff Thermolumineszenz und bei welcher Lichtquelle spielt dieser Prozess eine Rolle? (2 Punkte)
- c) Was versteht man unter Kathodolumineszenz und in welchen technischen Einrichtungen wird dieser Mechanismus zur Lichterzeugung verwendet? (2 Punkte)

## Aufgabe 2

(10 Punkte)

### *Lichttechnische Begriffe*

- a) Grenzen Sie die Begriffe „Photopische“ und „Skotopische“ Beleuchtung voneinander ab! (2 Punkte)
- b) Worin unterscheiden sich radiometrische Strahlungsgrößen von photometrischen Lichtgrößen? (2 Punkte)
- c) Erläutern Sie den Begriff korrelierte Farbtemperatur! (1.5 Punkte)
- d) Das Lumenäquivalent LE beschreibt den Zusammenhang zwischen dem Lichtstrom  $\Phi_v$  und dem Strahlungsstrom  $\Phi_e$  einer Lichtquelle. Die Energieeffizienz einer Lichtquelle beschreibt die Effizienz  $\varepsilon$  der Umwandlung elektrischer Leistung  $P_{el}$  in optische Leistung  $P_{opt}$ . Füllen Sie mit Hilfe dieser Zusammenhänge die Lücke in der folgenden Tabelle aus! (je 0.5 Punkte)

Lichtquelle	Elektrische Leistung $P_{el}$	Energieeffizienz $\varepsilon$	Strahlungsstrom $\Phi_e$	Lumenäquivalent LE [ $\text{lm}/\text{W}_{opt}$ ]	Lichtstrom $\Phi_v$	Lichtausbeute [ $\text{lm}/\text{W}_{el}$ ]
Glühlampe	100 W		5 W	250		
Na-Niederdrucklampe	200 W		80 W	500		
Kaltweiße LED	5 W		4 W	350		

**Aufgabe 3****(10 Punkte)*****Glühlampen***

a) Nennen Sie jeweils zwei geeignete Komponenten zum Aufbau einer Glüh- oder Halogenglühlampe! (je 0.5 Punkte)

Wendelmaterial	Gasfüllung	Glassorte

b) Skizzieren Sie schematisch den Verlauf des Spektrums eines schwarzen Strahlers mit einer Temperatur von 300 bzw. von 5800 K! Teilen Sie dabei die x-Achse auch in die Spektralbereiche UV, VIS und IR ein! (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 photopischen Augenempfindlichkeitskurve (555 nm) liegt! (2 Punkte)

d) Warum lässt sich eine derartige Glühlampe technisch nicht realisieren? (2 Punkte)

#### **Aufgabe 4**

**(10 Punkte)**

##### ***Halogenleuchtampen***

- a) Welche chemische Transportreaktion ist in Halogenleuchtampen für die Erhöhung der Lebensdauer gegenüber Glühlampen verantwortlich? (3 Punkte)
- b) Wie verhindert man die UV-Emission von modernen Halogenleuchtampen? (1 Punkt)
- c) 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 Halogenleuchtampen ein Rücktransport des Wolframs vom Glaskolben zur Wendel stattfindet! (6 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? Wo kommen isotherme Plasmen in der Natur vor! (4 Punkte)
- b) Welche beiden Elemente werden häufig als strahlungsemitierende Komponente in Gasentladungslampen eingesetzt? Begründung angeben! (2 Punkte)
- c) Berechnen Sie die Energieeffizienz  $\epsilon$  einer blau-emittierenden Fluoreszenzlampe auf der Basis einer InBr\*-Niederdruckentladung, unter folgenden Annahmen (Entladungseffizienz = 60%, Emission bei 451 nm, Emissionsbande des  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$  Leuchtstoffes bei 560 nm, Quantenausbeute des Leuchtstoffes bei 451 nm Anregung = 90%)! (4 Punkte)

$$\eta_{\text{Lichtquelle}} = \eta_{\text{Gasentladung}} * \eta_{\text{Leuchtstoff}} * \text{Stokes-Shift}$$

## **Aufgabe 6**

**(10 Punkte)**

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

- a) Erläutern Sie den Begriff Photolumineszenz an Hand eines einfachen Konfigurationskoordinatendiagramm! (2 Punkte)
- b) Geben Sie zwei Ursachen an, warum die zwei- und dreiwertigen Ionen der Lanthanoiden eine große Bedeutung sowohl für Leuchtstoffe als auch für Festkörperlaserkristalle haben! (2 Punkte)
- c) Erläutern Sie an Hand des Dieke-Diagramm, wie man  $\text{Eu}^{3+}$  mit  $\text{Tb}^{3+}$  sensibilisieren könnte! (2 Punkte)
- d) Nennen Sie die die dominanten Löschmechanismen der Photolumineszenz folgender Aktivatoren! (4 Punkte)
- a)  $\text{Cr}^{3+}$
  - b)  $\text{Ce}^{3+}$
  - c)  $\text{Sm}^{3+}$
  - d)  $\text{Eu}^{3+}$

## Aufgabe 7

(10 Punkte)

### *Anorganische Leuchtstoffe*

- a) Aus welchen drei Komponenten bestehen generell anorganische Leuchtstoffe? (3 Punkte)
- b) Welcher Aktivator kommt jeweils für Emission in folgenden Spektralbereichen in Frage? (5 Punkte)
- UV-C
  - UV-B
  - UV-A
  - Rot
  - NIR
- c) Erläutern Sie den Begriff Nachleuchtpigment! Erklären Sie auch an Hand eines einfachen Energieniveaudiagramms im Ortsraum, warum  $\text{Eu}^{2+}$ -aktivierte Wirtsmaterialien besonders häufig nachleuchten! (2 Punkte)



## Aufgabe 8

(10 Punkte)

### *Anorganische LEDs*

a) Sortieren Sie die folgenden Halbleiter nach ihrer Emissionswellenlänge und begründen Sie Ihre Wahl! (2 Punkte)

GaN  
AlN  
GaAs  
InAs

b) Skizzieren Sie die Auswirkung sowohl der zentroiden Verschiebung als auch der Kristallfeldaufspaltung auf die relative Lage der  $[Xe]5d^1$  und  $[Xe]4f^1$  Terme von  $Ce^{3+}$ ! (3 Punkte)

c) In dem kommerziell erfolgreichen roten Leuchtstoff  $(Ca_{1-x}Sr_x)AlSiN_3:Eu^{2+}$  besetzt Eu den Ca/Sr-Platz. Welche Verschiebung der  $Eu^{2+}$ -Emissionswellenlänge erwarten Sie, wenn Sie die Sr-Konzentration  $x$  erhöhen? Begründen Sie Ihre Antwort! (3 Punkte)

d) Sie haben einen grün-, einen gelb- und einen rot-emittierenden Leuchtstoff zur Verfügung. Welche Kombination von Leuchtstoffen setzen Sie auf einer blau-emittierenden InGaN LED ein, um... (2 Punkte)

... weißes Licht mit hoher Lumenausbeute zu erhalten?

... weißes Licht mit hoher Farbwiedergabe zu erhalten?

## **Aufgabe 9**

**(10 Punkte)**

### ***Gasentladungsbildschirme***

- a) Erläutern Sie die Lichterzeugungskette in einem Plasmabildschirm! (3 Punkte)
- b) Welche Füllgase werden verwendet und welche Vor- und Nachteile ergeben sich daraus? (3 Punkte)
- c) Welchen Zweck hat die MgO-Beschichtung des Plasmabildschirm-Frontglases? (2 Punkte)
- d) Welche beiden Nachteile der Plasmabildschirme haben dazu geführt, dass diese den LED-hinterleuchtenden LCD-Bildschirmen unterlegen sind? (2 Punkte)

## **Aufgabe 10**

**(10 Punkte)**

### ***UV-Strahlungsquellen***

- a) Erläutern Sie die Strahlungserzeugungskette in einer Xe-Excimerentladungslampe? (3 Punkte)
- b) Nennen Sie für folgende Strahlungsbereiche mindestens jeweils eine geeignete Strahlungsquelle und eine dazugehörige Anwendung! (5 Punkte)
- EUV
  - VUV
  - UV-C
  - UV-B
  - UV-A
- c) Nennen Sie zwei bedeutende photochemische Prozesse! Welche Strahlungsquellen eignen sich hierfür als Alternative zu solarer Strahlung? (2 Punkte)

