

Inkohärente Lichtquellen

M. Sc. Chemieingenieurwesen / Photonik

14. September 2017

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) Erläutern Sie folgende Begriffe an Hand eines selbst gewählten Beispiels! (7 Punkte)

- Chemolumineszenz
- Elektrolumineszenz
- Kathodolumineszenz
- Mechanolumineszenz
- Photolumineszenz
- Radiolumineszenz
- Thermolumineszenz

b) Welche der oben genannten Prozesse wird technisch in Lichtquellen genutzt? Begründen Sie auch Ihre Wahl! (3 Punkte)

Aufgabe 2**(10 Punkte)*****Lichttechnische Begriffe***

a) Erläutern Sie die folgenden Begriffe und geben die physikalische bzw. lichttechnische Einheit an! (je 0.5 Punkte)

Begriff	Erläuterung	Einheit
Strahlungsstrom		
Spektraler Strahlungsstrom		
Lichtstrom		
Beleuchtungsstärke		

b) Ein Besprechungsraum mit einer Grundfläche von 100 m^2 soll gemäß DIN-Norm mit 500 Lux (500 lm/m^2) beleuchtet werden. Wie viele LED-Downlights benötigen Sie, wenn diese jeweils bei einer Leistungsaufnahme von 20 W eine Lichtausbeute von 100 lm/W besitzen? (3 Punkte)

c) Berechnen Sie auch die jährlich aufzuwendende elektrische Energie, wenn der Raum etwa 1000 h im Jahr beleuchtet wird. Wie hoch sind dann die Energiekosten, wenn Sie davon ausgehen, dass eine Kilowattstunde Strom 25 ct kostet? (3 Punkte)

Aufgabe 3

(10 Punkte)

Glüh- und Halogenglühlampen

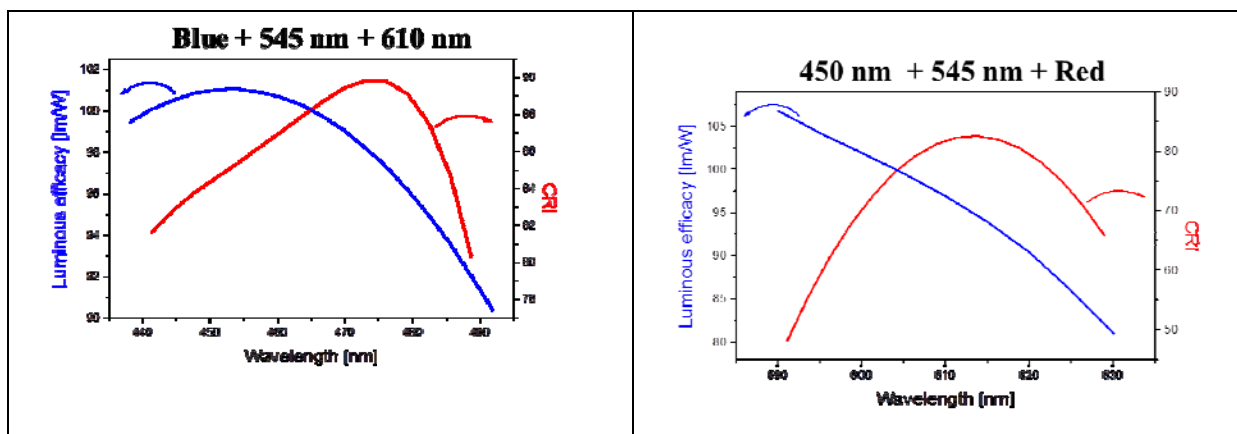
- a) Welche chemischen Transportreaktionen treten in Glühlampen bzw. in Halogenglühlampen auf? (2 Punkte)
- b) Berechnen Sie mit Hilfe des Wien'schen Verschiebungsgesetzes ($\lambda_{\max} = 2880 / T$ [$\mu\text{m} \cdot \text{K}$]) die Temperatur eines schwarzen Strahlers, bei der das Maximum der Emission im Maximum der photopischen Augenempfindlichkeitskurve (555 nm) liegt! (2 Punkte)
- c) Warum lässt sich eine derartige Glühlampe technisch nicht realisieren? (1 Punkt)
- d) Durch welche technischen Maßnahmen lässt sich die Lebensdauer oder Energieeffizienz einer Glühlampe erhöhen? (3 Punkte)
- e) Durch welche chemischen „Tricks“ lässt sich die Transmissionskurve bzw. die Absorptionskante von Glühlampenglas verändern? (2 Punkte)

Aufgabe 4

(10 Punkte)

Niederdruckentladungslampen

- a) Was versteht man unter atomaren bzw. molekularen Strahlern? Geben Sie jeweils auch ein Beispiel an! (2 Punkte)
- b) Erläutern Sie die Lichterzeugungskette in Fluoreszenzlampen (Hg-Niederdruckentladungslampen)! (4 Punkte)
- c) Die beiden folgenden Grafiken zeigen die maximale Lichtausbeute und Farbwiedergabe CRI einer trichromatischen Leuchtstofflampe. Was folgt daraus für die Wahl der Leuchtstoffe zwecks Optimierung der Lichtausbeute bzw. der Farbwiedergabe dieser Lichtquellen? (2 Punkte)



- d) Welches Aktivatorion wird jeweils für den grün- sowie rot-emittierenden Leuchtstoff in Leuchtstoffröhren verwendet. Erläutern Sie Ihre Wahl an Hand des Dieke-Diagramms im Anhang! (2 Punkte)

Aufgabe 5

(10 Punkte)

Hochdruckgasentladungslampen

- a) Nennen Sie drei physikalische Prozesse, welche zum Gesamtspektrum einer Gasentladungslampe beitragen! (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 geringer ist? (2 Punkte)

Aufgabe 6

(10 Punkte)

Leuchtstoffe und Lumineszenzmechanismen

- a) Erläutern Sie den Begriff der Sensibilisierung an Hand eines selbst gewählten Beispiels! (2 Punkte)
- b) Erläutern Sie auch an Hand des Dicke-Diagramm im Anhang, wie man Eu^{3+} sensibilisieren könnte! (2 Punkte)
- c) Erklären Sie die besondere Bedeutung der Lanthanoidionen sowohl als Aktivatoren als auch als Sensibilisatoren in vielen Leuchtpigmenten und Laserkristallen! (2 Punkte)
- d) Mit welchem Aktivatorion würden Sie jeweils einen $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (YAG)-Kristall dotieren, um ein Material mit einer Emission in folgenden Spektralbereichen zu erhalten? (je 0.5 Punkte)
- 280 – 320 nm
 - 320 – 400 nm
 - 400 – 500 nm
 - 500 – 600 nm
 - 600 – 700 nm
 - 700 – 1000 nm
 - 1000 – 1400 nm
 - 1400 – 2000 nm

Aufgabe 7

(10 Punkte)

Anorganische Leuchtstoffe

a) Skizzieren Sie die Abhängigkeit der Quantenausbeute (QA) eines Leuchtstoffes als Funktion der Konzentration des Aktivators! Erläutern Sie an Hand des Graphen auch das Phänomen der Konzentrationslöschung! (3 Punkte)

Was versteht man unter den Begriffen interne bzw. externe QA? Wie lassen sich diese bestimmen? (3 Punkte)

b) Anorganische Leuchtstoffe bestehen aus einem Wirtsgitter und einer oder mehrerer Arten von lichtemittierenden Zentren? Erläutern Sie den Einfluss von Gitterdefekten auf die Effizienz und Eigenschaften anorganischer Leuchtstoffe! (2 Punkte)

c) Erläutern Sie den Begriff Nachleuchtpigment! Erklären Sie auch an Hand eines einfachen Energieniveaudiagramms im Ortsraum, warum Eu^{2+} -aktivierte Wirtsmaterialien besonders häufig nachleuchten! (2 Punkte)

Aufgabe 8

(10 Punkte)

Anorganische LED

- a) $(\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x)\text{N}$ und $(\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x)\text{P}$ sind bedeutende Halbleitermaterialien für anorganische LED. Skizzieren Sie den relativen Verlauf der Bandlücke beider Mischkristalle als Funktion der Zusammensetzung! Vergleichen Sie auch die beiden Mischkristalltypen untereinander! (2 Punkte)
- b) Erläutern Sie den Rekombinationsprozess bei der Lichtentstehung in einer anorganischen LED! (3 Punkte)
- c) Nennen Sie drei Prozesse, von denen der Wirkungsgrad einer anorganischen LED abhängt! (3 Punkte)
- d) Sie haben jeweils einen grün-, einen gelb- und einen rot-emittierenden Leuchtstoff mit hoher Quantenausbeute ($> 90\%$) zur Verfügung. Welche Kombination von Leuchtstoffen setzen Sie auf einer 450 nm emittierenden $(\text{In,Ga})\text{N}$ 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) Nennen Sie drei Gründe, warum die Energieeffizienz eines Plasmabildschirms mit nur etwa 3% um den Faktor 10 geringer ist als die Energieeffizienz einer Leuchtstoffröhre (30%)! (3 Punkte)

b) Welche beiden Füllgase werden in Plasmabildschirmen verwendet und welche Probleme resultieren daraus? (2 Punkte)

c) Welchen Zweck hat die MgO-Beschichtung des Plasmabildschirm-Frontglases? (2 Punkte)

d) Welche von den folgenden rot-emittierenden Leuchtstoffen sind für die Anwendung in Plasmabildschirmen geeignet? (3 Punkte)

(Y,Gd)BO₃:Eu

Y₂O₃:Eu

Y₂O₂S:Eu

YVO₄:Eu

Sr₂Si₅N₈:Eu

SrLiAl₃N₄:Eu

CaAlSiN₃:Eu

CaS:Eu

Aufgabe 10

(10 Punkte)

Organische lichtemittierende Dioden (OLED)

- a) Erläutern Sie den Aufbau einer OLED mit Hilfe einer einfachen Skizze! (3 Punkte)
- b) Welche Emittermaterialien werden typischerweise verwendet und warum? (3 Punkte)
- c) Eine OLED mit einer Fläche von 100 cm^2 wird mit einer Spannung von 3 V betrieben. Welche Stromdichte in A/cm^2 ist notwendig, wenn die OLED 1000 lm emittieren soll und die Lichtausbeute bei 100 lm/W liegt? (2 Punkte)
- d) Wie lässt sich die Lichtausbeute einer Lichtquelle mit planarer Oberfläche verbessern! (2 Punkte)

Anhang: Dieke Diagramm für Ln³⁺-Ionen

