

Inkohärente Lichtquellen

M. Sc. Chemieingenieurwesen / Photonik

14. Juli 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) Nennen Sie drei physikalische Prozesse, welche technisch zur Lichterzeugung genutzt werden! Erläutern Sie auch den jeweiligen Mechanismus der Lichterzeugungskette! (6 Punkte)
- b) Was versteht man unter dem Begriff Chemolumineszenz und bei welcher Lichtquelle spielt dieser Prozess eine Rolle? (2 Punkte)
- c) Was versteht man unter dem Begriff Kathodolumineszenz und in welchen technischen Einrichtungen wird dieser Mechanismus zur Lichterzeugung verwendet? (2 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		
Lichtstrom		
Bestrahlungsstärke		
Beleuchtungsstärke		

b) Das Lumenäquivalent LE beschreibt den Zusammenhang zwischen dem Lichtstrom Φ_v und dem Strahlungsstrom Φ_e einer Lichtquelle. Die Energieeffizienz einer Lichtquelle beschreibt die Effizienz ϵ 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 ϵ	Strahlungsstrom Φ_e	Lumenäquivalent LE [lm/W_{opt}]	Lichtstrom Φ_v	Lichtausbeute [lm/W_{el}]
Glühlampe	100 W		5 W	250		
Na-Niederdrucklampe	200 W		80 W	500		
Hg-Niederdrucklampe (Leuchtstofflampe)	36 W		12 W	300		
Kaltweiße LED	5 W		4 W	350		

Aufgabe 3**(10 Punkte)*****Glüh- und Halogenglühlampen***

a) Nennen Sie jeweils eine geeignete Komponente 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 2700 bzw. von 5800 K! Teilen Sie dabei die x-Achse auch in die Spektralbereiche UV, VIS und IR ein! (2 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? (1 Punkt)

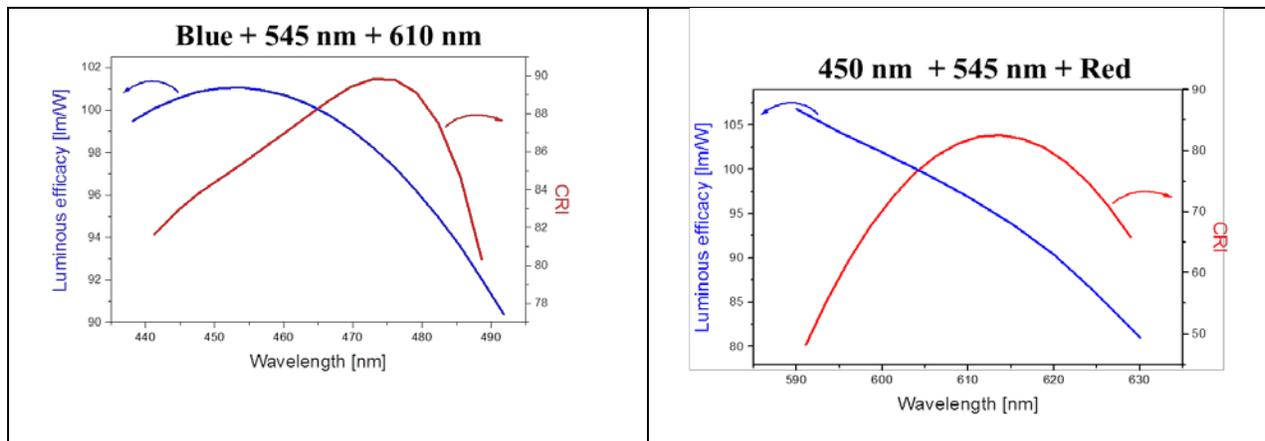
e) Nennen Sie zwei technische Maßnahmen, mit denen sich die Lebensdauer und Energieeffizienz einer thermischen Lichtquelle erhöhen lässt! (2 Punkte)

Aufgabe 4

(10 Punkte)

Niederdruckentladungslampen

- a) Welche beiden Elemente werden als strahlungsemittierende Komponente in Niederdrucklampen häufig eingesetzt? Begründung angeben! (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) 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 geringer ist? (2 Punkte)

Aufgabe 6

(10 Punkte)

Leuchtstoffe und Lumineszenzmechanismen

- a) Erläutern Sie die Ursache der Stoke'schen Verschiebung an Hand eines einfachen Konfigurationskoordinatendiagramms! (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) Was versteht man unter Sensibilisierung? Erläutern Sie auch an Hand des Dieke-Diagramm im Anhang, wie man Eu^{3+} sensibilisieren könnte! (2 Punkte)
- d) Nennen Sie die die dominanten Löschmechanismen der Photolumineszenz folgender Aktivatoren! (4 Punkte)
- a) Mn^{4+}
 - b) Ce^{3+}
 - c) Eu^{2+}
 - d) Eu^{3+}

Aufgabe 7

(10 Punkte)

Anorganische Leuchtstoffe

a) Welcher Aktivator kommt jeweils für Emission in folgenden Spektralbereichen in Frage?
(6 Punkte)

- UV-C
- UV-B
- UV-A
- Blau
- Rot
- NIR

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 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? (3 Punkte)
- c) Welchen Zweck hat die MgO-Beschichtung des Plasmabildschirm-Frontglases? (2 Punkte)
- d) Welche Nachteile der Plasmabildschirme haben dazu geführt, dass diese den LED-hinterleuchtenden LCD-Bildschirmen unterlegen sind? (2 Punkte)

Aufgabe 10

(10 Punkte)

UV-Strahlungsquellen

a) Nennen Sie für folgende Strahlungsbereiche jeweils sowohl eine geeignete Strahlungsquelle als auch eine dazugehörige Anwendung! (5 Punkte)

EUV

VUV

UV-C

UV-B

UV-A

b) Das solare Strahlungsspektrum enthält auch Strahlung der in Aufgabe 10a genannten UV-Spektralbereiche! Welche photochemischen Prozesse in der Atmosphäre führen zur Absorption der VUV und UV-C Strahlung? (2 Punkte)

c) Erläutern Sie die Strahlungserzeugungskette in einem Xe-Excimerstrahler für die Wasserdesinfektion mit $\text{YBO}_3:\text{Pr}$ als UV-Leuchtstoff (Emission bei 265 nm)? (3 Punkte)

