

Inkohärente Lichtquellen

M. Sc. Chemieingenieurwesen / Photonik

15. Juli 2011

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) Welche physikalischen Prozesse werden technisch zur Lichterzeugung genutzt? (6 Punkte)
- b) Nennen Sie weitere vier physikalische oder chemische Prozesse, bei denen Licht erzeugt werden kann! (4 Punkte)

Aufgabe 2

(10 Punkte)

Lichttechnische Größen

- a) Was versteht man unter dem Begriff "Photopisches Sehen"? (2 Punkte)
- b) Erläutern Sie den Verlauf der Augenempfindlichkeitskurve $V(\lambda)$! (3 Punkte)
- c) Welche Konsequenzen ergeben sich aus dem Verlauf der $V(\lambda)$ -Kurve für die spektrale Optimierung von Lichtquellen! (3 Punkte)
- d) Erläutern Sie den Begriff Farbwiedergabeindex! (2 Punkte)

Aufgabe 3

(10 Punkte)

Glühlampen

- a) Erläutern Sie den Aufbau der Glühwendel aus elektrotechnischer Sicht (Verlustleistung $P = U \cdot I = R \cdot I^2$)! (2 Punkte)
- b) Skizzieren Sie schematisch den Verlauf des Spektrums eines schwarzen Strahlers für zwei von Ihnen gewählten Temperaturen! (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! (3 Punkte)
- d) Warum lässt sich eine derartige Glühlampe 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) 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! (7 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 Elemente werden zurzeit als strahlungsemitternde Komponenten in Gasentladungslampen eingesetzt? Begründung angeben! (3 Punkte)
- c) Berechnen Sie die Energieeffizienz ϵ einer blau-emittierenden Fluoreszenzlampe auf der Basis einer Hg-Niederdruckentladung, unter folgenden Annahmen (Entladungseffizienz = 70%, Hg-Emission bei 185 nm (15%), bei 254 nm (85%), Emissionsbande des BaMgAl₁₀O₁₇:Eu Leuchtstoffes bei 450 nm, Quantenausbeute des Leuchtstoffes bei 185 und 254 nm Anregung = 90%)! (4 Punkte)

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

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) Welche Komponenten bestimmen die optischen Eigenschaften und die Qualität eines anorganischen Leuchtstoffes? (3 Punkte)
- c) Erläutern Sie an Hand des Dieke-Diagramm die Bedeutung von Eu^{3+} und Tb^{3+} aktivierten Leuchtstoffen für die Lichttechnik! (4 Punkte)

Aufgabe 7

(10 Punkte)

Anorganische LEDs

- a) Skizzieren Sie schematisch den Aufbau einer anorganischen Leuchtdiode 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 Leuchtdiode! (3 Punkte)
- c) Welche Halbleiterverbindungen kommen in LEDs für folgende Spektralbereiche vorrangig zum Einsatz:
UV
VIS
NIR
Begründung angeben! (3 Punkte)

Aufgabe 8

(10 Punkte)

Leuchtstoffe für anorganische LEDs

- a) Erläutern Sie zwei Konzepte zur additiven Erzeugung von weißem Licht mit Hilfe anorganischer Leuchtdioden und einer Leuchtstoffschicht zur Konversion! (4 Punkte)
- b) Welche Aktivatorionen kommen bis heute ausschließlich in LED-Leuchtstoffen zum Einsatz? Begründung angeben! (3 Punkte)
- c) Der aktuelle Rekord für die Lichtausbeute einer weißen LED beträgt $230 \text{ lm/W}_{\text{elektrisch}}$. 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 450 nm bzw. der Leuchtstoff bei 560 nm emittiert. Zudem soll das Lumenäquivalent des Emissionsspektrums $330 \text{ lm/W}_{\text{optisch}}$ betragen. (3 Punkte)

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

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)
- b) Welchen Zweck hat die MgO-Beschichtung des PDP-Frontglases? (2 Punkte)
- c) Schlagen Sie eine Alternative zu der MgO-Beschichtung vor! (2 Punkte)

Aufgabe 10

(10 Punkte)

UV-Strahlungsquellen

a) Welche Arten von UV-Strahlungsquellen kennen Sie? (3 Punkte)

b) Nennen Sie für folgende Strahlungsbereiche mindestens jeweils eine geeignete Strahlungsquelle und eine dazugehörige Anwendung! (5 Punkte)

VUV

UV-C

UV-B

UV-A

NIR

c) Nennen Sie zwei bedeutende photochemische Prozesse! Welche Lichtquellen eignen sich hierfür als Alternative zu solarer Strahlung? (2 Punkte)

