



Inkohärente Lichtquellen im Wandel der Zeit

Von Edisons Glühlampe zur hocheffizienten LED

Weltweit werden etwa 20% der erzeugten elektrischen Energie für Beleuchtungszwecke verbraucht. Zu diesem Zweck werden jährlich mehr als 20 Mrd. inkohärenter Lichtquellen, d.h. Gasentladungslampen, Glüh- und Halogenleuchtquellen sowie neuerdings auch Festkörperlichtquellen (anorganische und organische LEDs) produziert. Den größten Anteil am globalen Absatz haben mit mehr als 50% immer noch Glüh- und Halogenlampen. Der hiermit verbundene Verbrauch an elektrischer Energie ist aufgrund ihrer geringen Effizienz und Lichtausbeute von 10–25 lm/W erheblich.



Prof. Thomas Jüstel,
FH Münster

Eine Veränderung dieser Situation erfordert einen verstärkten Einsatz effizienterer Lichtquellen, wie z.B. von Gasentladungslampen und LEDs, die eine Lichtausbeute von bis zu 200 lm/W aufweisen, sodass das Energieeinsparpotential mehr als 80% beträgt.

Elektrisch betriebene inkohärente Lichtquellen sind seit der Kommerzialisierung von Glühlampen durch Thomas Alva Edison am Ende des 19. Jahrhunderts, die eng mit der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie einherging, ein selbstverständlicher und unverzichtbarer Bestandteil unseres täglichen Lebens geworden. Dabei war die Entwicklung elektrischer Lichtquellen immer von dem Bemühen begleitet, deren Energieeffizienz, Lebensdauer und Lichtqualität zu verbessern und gleichzeitig neue Anwendungsgebiete für künstliches Licht zu erschließen. Allerdings wird oft übersehen, dass vor allem neue Erkenntnisse in der Chemie bzw. die Erfindung neuartiger Materialien,

ausbeute von ca. 40%, womit diese etwa achtmal effizienter als herkömmliche Glühlampen sind. Während Hochdruckentladungslampen kontinuierliche Spektren liefern, beobachten man bei Niederdruckentladungen Linienspektren, die darüber hinaus bei Hg-Niederdrucklampen auch noch im UV-Bereich liegen. Darum benötigt man Materialien, welche die UV-Strahlung effizient in sichtbares Licht umsetzen können. Diese sog. Leuchtstoffe oder Luminophore, die in Fluoreszenzlampen Anwendung finden, sind heute sowohl für alle sichtbaren Spektralfarben als auch für den ultravioletten und infraroten Spektralbereich verfügbar. Damit lassen sich Lichtquellen mit beliebigen Farbtemperaturen und einer externen Effizienz von 30%, entsprechend 100 lm/W für weißes Licht, realisieren. Die vielen Anwendungsgebiete und die hohe Effizienz von Fluoreszenzlampen drückt sich durch die enorme Jahresproduktion von mehreren Milliarden Lampen aus.

Da diese Lichtquellen allerdings toxisches Hg enthalten, versucht man seit geraumer Zeit, sowohl die verwendete Hg-Menge zu minimieren als auch Hg-freie Gasentladungslampen zu entwickeln. Darum hat die



© Daniela Duzczak

von Polymeren und Koordinationsverbindungen in vielen Emissionsfarben entwickelt. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, LEDs nicht nur in der Signal-, sondern auch in der Allgemeinbeleuchtung einzusetzen. Die Entwicklung hocheffizienter anorganischer und organischer LEDs führt zurzeit zu einem Umbruch in der Beleuchtungsindustrie, welcher mit dem Übergang von der Röhre zum Transistor in der Elektronikindustrie verglichen werden kann. Allerdings erfordert die weitere Verbreitung von Festkörperlichtquellen, die zum Teil sehr kostenintensive Emittierer (Iridiumkomplexe) oder Lumineszenzkonverter (Eu^{2+} - und Ce^{3+} -aktivierte Nitride und Oxynitride) enthalten, die Entwicklung alternativer Materialien, die gleichzeitig kostengünstig und effizient sowie ausreichend stabil sind.

Fazit und Perspektiven

Der Markt für inkohärente Lichtquellen befindet sich zurzeit in einer

historischen Umbruchphase; dies gilt sowohl für den Bereich der Allgemeinbeleuchtung als auch der speziellen Anwendungen. Bedingt durch umweltpolitische Vorgaben und rezenter technologischer Entwicklungen zeichnen sich gegenwärtig folgende Trends ab:

Erstens wird die Substitution von Glüh- und Halogenleuchtquellen sowohl durch Fluoreszenzlampen als auch durch Festkörperlichtquellen weiter vorangetrieben. Zweitens wird die Reduktion bzw. die vollständige Vermeidung von Quecksilber in Niederdruck- und Hochdruckentladungen umgesetzt werden. Dazu werden neuartige Möglichkeiten zur Strahlungserzeugung untersucht, wie z.B. Niederdruckmolekülen (Schwefel, Metallsulfide, Metallhalogenide), in denen direkt sichtbares Licht emittiert wird. Drittens führt die rezente Entwicklung hocheffizienter (In,Ga)N-LEDs mit einer Lichtausbeute von mehr als 200 lm/W zur Realisierung inkohärenter Lichtquellen, die recht

Incoherent Light Sources

From Black Body Radiators to Luminescent Semiconductors

24.–25. September 2012,
Frankfurt am Main
Kurs: 802/12
Leitung: Prof. Thomas Jüstel

Anmeldung/Information:
Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), Fortbildung
Tel.: +49 69 7917 291 / 364
fb@gdch.de
www.gdch.de/fortbildung

emittierender (Al,Ga)N-LEDs gearbeitet, die je nach der Zusammensetzung des Halbleitermaterials Strahlung zwischen 210 und 370 nm emittieren. Diese Entwicklung wird zu einer Revolution in der Photochemie führen, denn damit steht gemeinsam mit den (In,Ga)N-LEDs ein Baukasten unterschiedlicher Strahlungsquellen zwischen 210 und etwa 550 nm zur Verfügung, sodass dem Fotochemiker bzgl. der Wahl einer geeigneten Strahlungsquelle kaum ein Wunsch offen bleibt.

Autor:
Prof. Thomas Jüstel, Professor für Anorganische Chemie und Materialwissenschaften, FH Münster

nahe an der theoretischen Grenze für die Erzeugung von weißem Licht (etwa 300 lm/W) operieren. Dadurch wird die anorganische LED möglicherweise zur ultimativen inkohärenten Lichtquelle bzgl. Lichtausbeute und spektraler Variabilität bei gleichzeitig hoher Lebensdauer.

Schließlich wird zurzeit auch mit Hochdruck an der Entwicklung UV-



© Daniela Duzczak

wie Gläser, Keramiken, Legierungen und Leuchtstoffe, den entscheidenden Beitrag lieferten, um neuartige bzw. verbesserte inkohärente Lichtquellen zu realisieren. So war die Entdeckung und Nutzung chemischer Transportreaktionen auch die Geburtsstunde der Halogenleuchtquellen, die durch den Einsatz kleiner Mengen Brom oder Iod als Additiv in der Inertgasfüllung eine höhere Lebensdauer, Farbtemperatur und Energieeffizienz gegenüber herkömmlichen Glühlampen erreichen.

Entwicklung der Schwefel-Entladungslampe für viel Aufsehen sorgte. Allerdings lässt sich mit diesem Lampenkonzept kein rein-weißes Licht erzeugen. In diesem Zusammenhang sind Xenon-, Indium-Halogenid- oder auch Zink-Entladungslampen vielversprechender, da mit diesen Gasentladungen eine ähnlich hohe Energieeffizienz erreicht wird, wie sie von Hg-Niederdruckentladungslampen bekannt ist.

Festkörperlichtquellen

Eine weitere Möglichkeit, Licht zu erzeugen, besteht in der direkten Umwandlung von elektrischer Energie in Photonen, wie z.B. in anorganischen LEDs, ohne den Umweg über eine Gasentladung. Rot- und grün-emittierende (Al,In,Ga)P-LEDs sind schon seit geraumer Zeit bekannt. Dagegen dauerte es bis Ende des 20. Jahrhunderts, bis auch blau-emittierende (In,Ga)N- und UV-emittierende (Al,Ga)N-LEDs mit ausreichend hoher Effizienz verfügbar waren. Zur gleichen Zeit wurden auch organische LEDs auf der Basis

Gasentladungslampen

Ein anderer entscheidender Durchbruch in der Steigerung der Lichtquelleneffizienz und -lebensdauer wurde mit der Erfindung der Gasentladungslampen im frühen 20. Jahrhundert erreicht. Hier verwendet man vorrangig Quecksilber (Hg) oder Natrium (Na) als Füllgas, wobei der Betriebsdruck je nach der Art der Anwendung zwischen etwa 1 Pa und einigen 100 kPa variiert wird. Na-Niederdrucklampen erreichen heute eine externe Energie-

Der eigensichere High-Power Trunk

TECHNOLOGIE SCHAFFT FORTSCHRITT

DART FELDBUS

DART Feldbus
Hohe Leistung + Eigensicherheit: der entscheidende Schritt voraus

- Eigensicheres High-Power-Trunk Konzept mit DART Technologie für maximale Sicherheit ohne Leistungsbegrenzung
- Redundante Stromversorgung für höchste Verfügbarkeit und Effizienz
- Einfache Handhabung mit nur einer Installationstechnik, minimalem Wartungsaufwand und leichter Bedienbarkeit

Erfahren Sie mehr unter: www.dart-feldbus.de

Pepperl+Fuchs Vertrieb Deutschland GmbH
Lilienthalstraße 200 · 68307 Mannheim
Tel. +49 621 776-2222 · Fax +49 621 776-272222
pa-info@de.pepperl-fuchs.com · www.pepperl-fuchs.de

PEPPERL+FUCHS
PROTECTING YOUR PROCESS