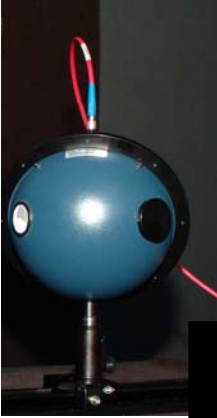
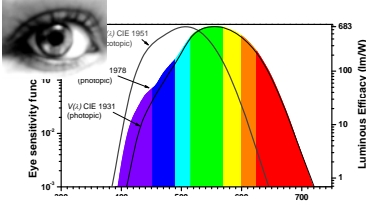
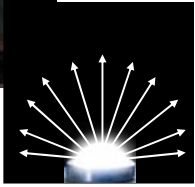
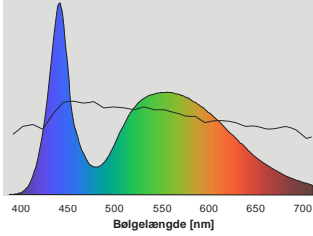


DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Test og karakterisering af LED

3. marts 2009 LYSnET møde

Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Indhold

- Teknikker**
 - Spektroradiometri, fotometri
- Typer af lysmålinger**
 - Hvad vil vi måle?
- ”Sphereometry”**
 - Total flux og intensitets måling
- Kolorimetri**
 - Farvegengivelse
- Eksempler**
 - LED komponenter
 - LED erstatningspærer
 - Lys på arbejdsfladen, testanbefalinger

3. marts 2009 LYSnET møde

Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Radiometri

Radiometri er måling af elektromagnetisk stråling i en del af spektret

Energi pr. tid = effekt
måles i Watt [W]

Spektroradiometri

Spektrometer optisk fiber

3. marts 2009 LYSnET møde Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Fotometri

Fotometri er måling af synligt lys vægtet i forhold til det menneskelige øjes lysfølsomhed

$$\Phi = 683 \frac{\text{lm}}{\text{W}} \int_{\text{VIS}} V(\lambda) S(\lambda) d\lambda$$

Måles i lumen [lm]

Laser på 1 W:
 Grøn (555 nm) 683 lm
 Rød (640 nm) 20 lm
 Blå (460 nm) 41 lm

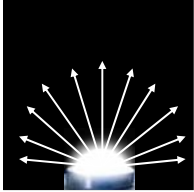
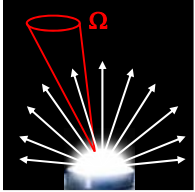
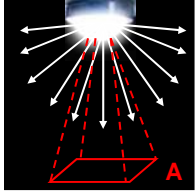
Detektorer med fotometrisk respons
 Kan beregnes ud fra målt spektralfordeling (spektroradiometri)

3. marts 2009 LYSnET møde Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Typer af lysmålinger (hvad)

			
	Effekt	Effekt pr. rumvinkel (intensitet)	Modtaget effekttæthed
Radiometri	Strålingsstrøm radiant flux [W]	Strålingsstyrke radiant intensity [W/sr]	Irradians irradiance [W/m²]
Fotometri	Lysstrøm luminous flux [lm]	Lysstyrke luminous intensity [cd] = [lm/sr]	Illuminans illuminance [lux] = [lm/m²]

3. marts 2009 LYSnET møde Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Standarder/anbefalinger

LM-79 IESNA Approved Method for the Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products
Will specify procedures for measuring total luminous flux, electrical power, luminous efficacy, and chromaticity of SSL luminaires and replacement lamp products.

CIE 127:2007 Measurements of LEDs
The only document to date addressing LED luminous intensity measurement; applies only to individual LEDs, not to arrays or luminaires.

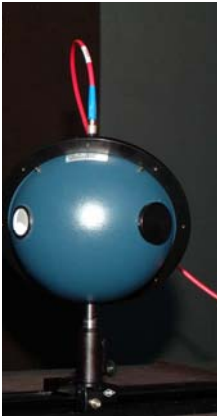
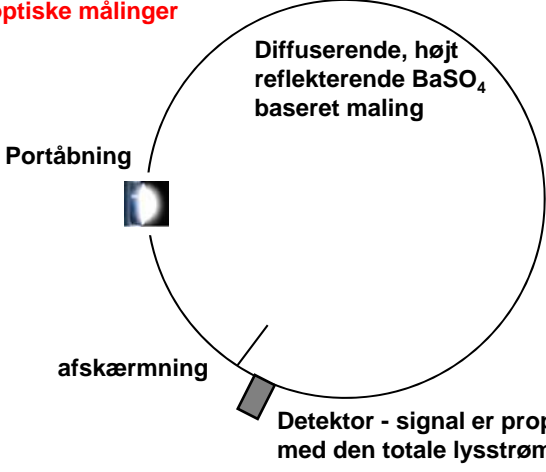
3. marts 2009 LYSnET møde Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Flux målinger

Integrerende kugle (Ulbricht sphere, 1894)
"sphereometry" videnskaben om simplificering af optiske målinger

Diffuserende, højt reflekterende BaSO₄ baseret maling

Portåbning

afskærmning

Detektor - signal er proportional med den totale lysstrøm (flux)

3. marts 2009 LYSnET møde

Carsten Dam-Hansen

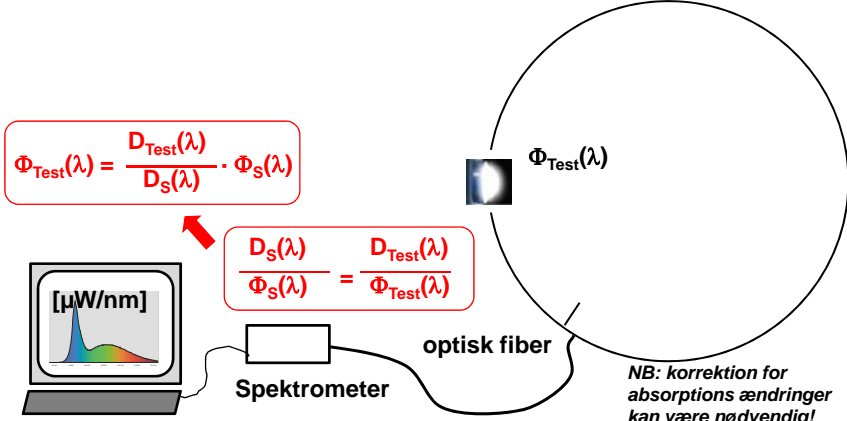
DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Fremad flux målinger

Fremad flux (2π måling - et halvrum)

Måling på test lyskilde:



$$\Phi_{\text{Test}}(\lambda) = \frac{D_{\text{Test}}(\lambda)}{D_{\text{S}}(\lambda)} \cdot \Phi_{\text{S}}(\lambda)$$

$$\frac{D_{\text{S}}(\lambda)}{\Phi_{\text{S}}(\lambda)} = \Phi_{\text{Test}}(\lambda)$$

optisk fiber

Spektrometer

NB: korrektion for absorptions ændringer kan være nødvendig!

3. marts 2009 LYSnET møde

Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Total flux måling

Total flux (4π måling - hele rummet)

Måling på test lyskilde:

$$\Phi_{\text{Test}}(\lambda) = \frac{D_{\text{Test}}(\lambda)}{D_{\text{S}}(\lambda)} \cdot \Phi_{\text{S}}(\lambda)$$

$$\frac{D_{\text{S}}(\lambda)}{\Phi_{\text{S}}(\lambda)} = \frac{D_{\text{Test}}(\lambda)}{\Phi_{\text{Test}}(\lambda)}$$

Spektrometer optisk fiber

NB: korrektion for absorptions ændringer kan være nødvendig!

3. marts 2009 LYSnET møde Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Average LED intensity

Normalt bruger man intensitetsmålinger for punktkilder (afstand på 5-10 gange dimensionen)
LEDs er ikke punktkilder!

Average LED intensity realiseret, Condition A:
- til LEDs med snæver udstråling

Mekanisk akse LED

1 cm² cirkulær apertur

316 mm
~ 0.001 sr

$$I_{\text{Test}} = \frac{\Phi [\text{lm}]}{0.001 \text{ sr}}$$

Spektrometer optisk fiber


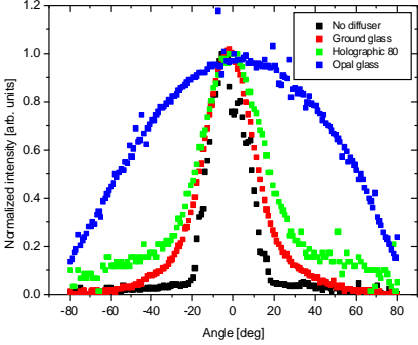

3. marts 2009 LYSnET møde Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Intensitets fordelingsmåling

Måling af lysstyrke eller intensitet [cd]
som funktion af vinklen i goniometeropstilling:

Målt intensitetsfordeling af 5 mm LED med forskellige diffusere

3. marts 2009 LYSnET møde Carsten Dam-Hansen

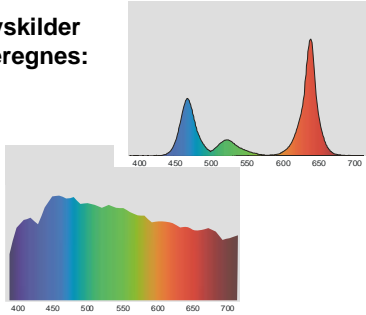
DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Farvebeskrivelse

Udgangspunktet for farvebeskrivelsen af lyskilder er den målte spektralfordeling. Herudfra beregnes:

- farvekoordinater (x,y)
- korreleret farvetemperatur (CCT)
- farvegengivelse (Ra)



CIE publikationer

15:2004 Colorimetry, Third Edition
The official document defining various CIE chromaticity and CCT metrics. Will be referenced by ANSI C78.377.

13.3-1995 Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources
The official document defining the CRI metric. Will be referenced by ANSI C78.377.

3. marts 2009 LYSnET møde Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Farvegengivelse

Dagslys, en ideel lyskilde til belysning (Bouma, 1947):

- stor variation af farver
- gør det let at skelne mellem forskellige nuancer af farver
- farvede objekter ser naturlige ud

Farvegengivelsen af en hvid lyskilde er den effekt lyskilden har på farvefremtoningen af objekter sammenlignet med farvefremtoningen under en reference lyskilde

- regnet i skift af farvekoordinater for 8 standard objekter

$$Ra_i = 100 - 4.6 \Delta E_i, \quad i = 1..8 \text{ (9..15)}$$

Ra-indeks er middelværdien af de første 8 Ra_i

I et system hvor dagslys og lys fra en temperaturstråler (glødepærellys) er reference lyskilderne.

Light greyish red	
Dark greyish yellow	
Strong yellow green	
Moderate yellowish green	
Light bluish green	
Light blue	
Light violet	
Light reddish purple	
Strong red	
Strong yellow	
Strong green	
Strong blue	
Light yellowish pink (skin)	
Moderate olive green (leaf)	
Asian skin	

3. marts 2009 LYSnET møde Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Farvegengivelse

Hvis spektralfordelingen af test og reference lyskilde er identiske: $R_a = 100$
Det er nødvendigt at angive CCT sammen med Ra-indekset

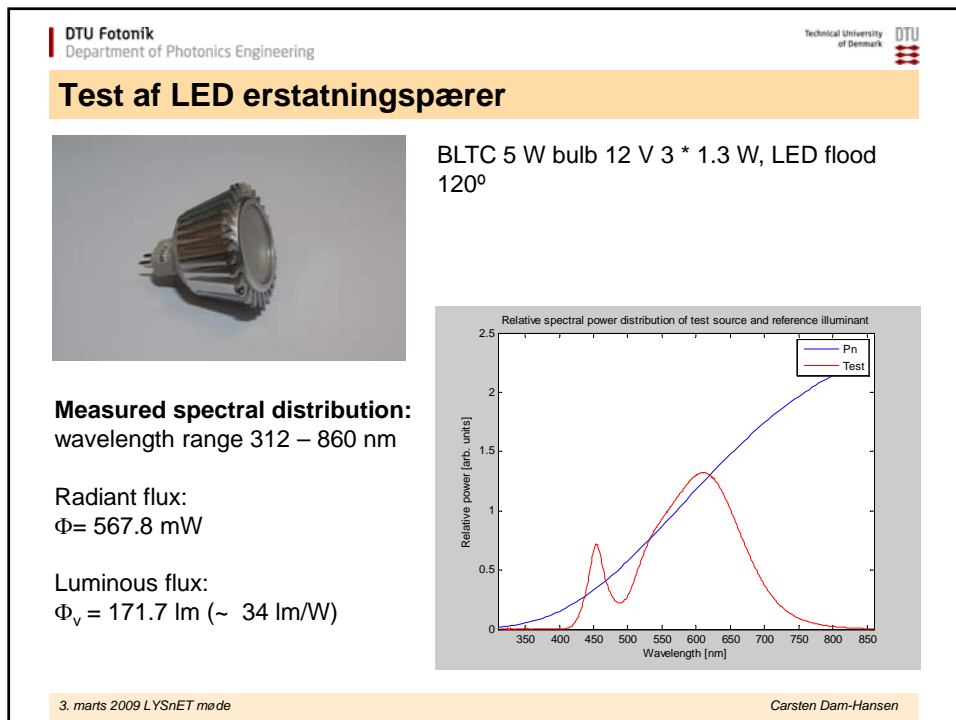
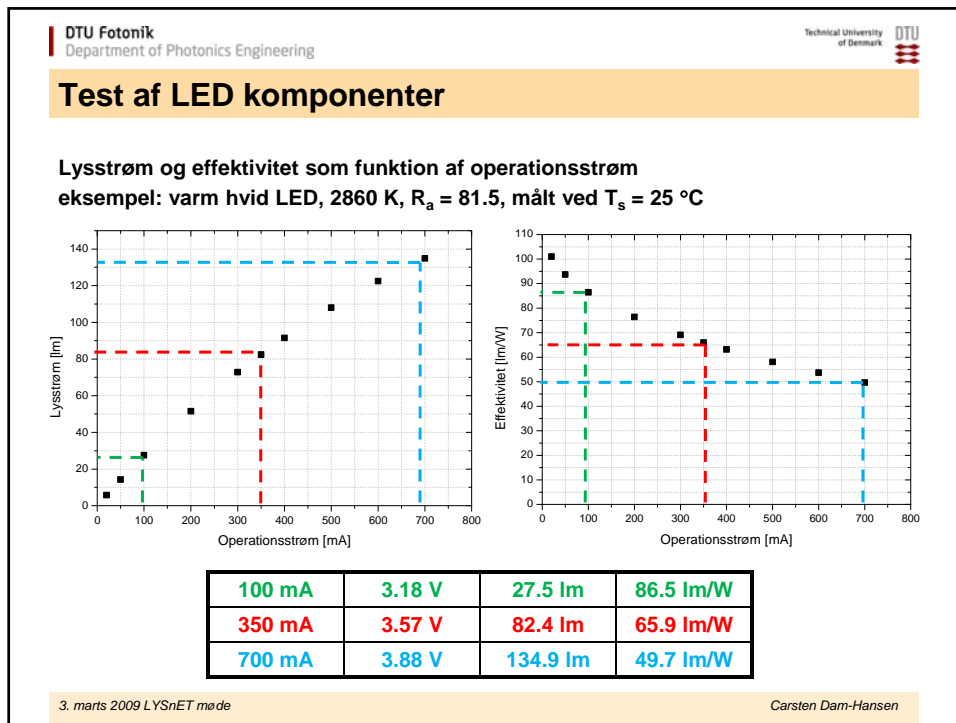
$R_a = 74$ (Daylight 6207 K)

$R_a = 92$ (Planckian 2872 K)

Det er udelukkende et mål for hvor "rigtigt" og "naturligt" objekter gengives af en lyskilde.

Der er et behov andre eller kombinerede "tal" til at give en bedre beskrivelse af en lyskildes farvegengivelses egenskaber (Gamut area index GAI, Full spectrum index, FSI, Ra96)

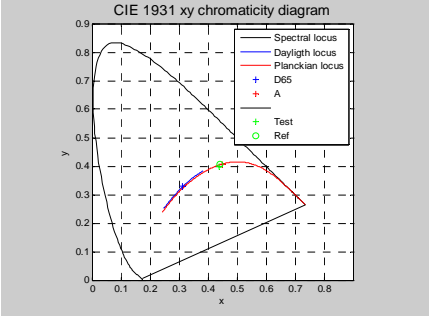
3. marts 2009 LYSnET møde Carsten Dam-Hansen



DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Test af LED erstatningspærer



Color characteristics:

Color coordinates:
 $x = 0.4369$
 $y = 0.3990$

Correlated color temperature:
 CCT = 2949 K

i	Test object color	CRI
1	Light greyish red	82.2
2	Dark greyish yellow	89.4
3	Strong yellow green	93.1
4	Moderate yellowish green	79.7
5	Light bluish green	80.0
6	Light blue	83.8
7	Light violet	86.9
8	Light reddish purple	68.4
9	Strong red	27.8
10	Strong yellow	72.6
11	Strong green	75.0
12	Strong blue	62.9
13	Light yellowish pink	83.4
14	Moderate olive green	95.4

Color rendering:
 (CIE 13.3.-1995)

CRI = 82.9 [Planckian 2949 K]
 CD = $2.1 \cdot 10^{-3}$

Note: the CD is within the limit value
 $5.4 \cdot 10^{-3}$ recommended by CIE.

3. marts 2009 LYSnET møde Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Testanbefalinger

Det anbefales at teste LED produkter under forhold som svarer til anvendelses omgivelserne, i stedet for under standardiserede forhold.

Tre forskellige omgivelses forhold kan være

- i fri luft
- semi ventileret
- helt indbygget

Her vil LED lyskilden kunne opleve forskellige temperaturforhold hvilket har afgørende indflydelse på lysstrømmen, effektivitet, farvekoordinater, levetid o.a.

ASSIST: Alliance for Solid-State Illumination Systems and Technologies

Baseret på forskning udført ved Lighting Research Center ved Rensselaer Polytechnic Institute.


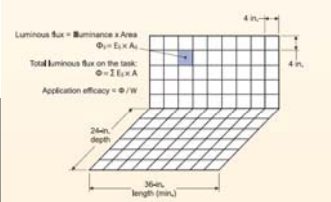
3. marts 2009 LYSnET møde Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Test af LED lamper til emhætter

Måling af illuminans fordeling på arbejdsfladen ved operationstemperatur

Luminous flux = Illuminance x Area
 $\Phi_v = E_v \times A_v$
Total luminous flux on the task
 $\Phi_v = \sum E_v \times A$
Application efficacy = Φ_v / W

36-in. length (min.)
24-in. depth
4 in. x
4 in.

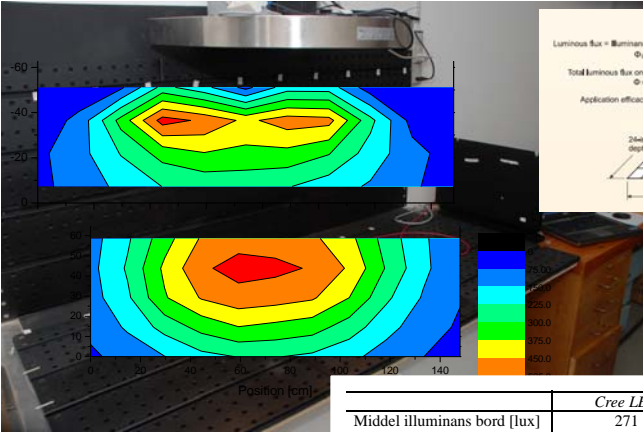
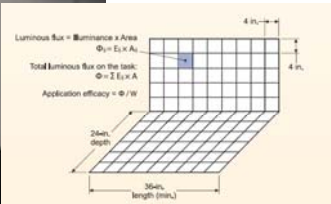
3. marts 2009 LYSnET møde

Carsten Dam-Hansen

DTU Fotonik
Department of Photonics Engineering

Technical University of Denmark DTU

Test af LED lamper til emhætter

Luminous flux = Illuminance x Area
 $\Phi_v = E_v \times A_v$
Total luminous flux on the task
 $\Phi_v = \sum E_v \times A$
Application efficacy = Φ_v / W

36-in. length (min.)
24-in. depth
4 in. x
4 in.

	Cree LED	Coilight
Middel illuminans bord [lux]	271	244
Middel illuminans væg [lux]	102	25
Lysstrøm bord [lm]	322	249
Lysstrøm væg [lm]	121	23
Total lysstrøm [lm]	443	272
Effekt [W]	12	24
Effektivitet [lm/W]	36.9	11.3

3. marts 2009 LYSnET møde

Carsten Dam-Hansen