

# OLED Academy – Final Report

Project name: OLED Academy – Prospects for energy saving and design

Project no. 349-032

Johannes Lindén

Carsten Dam-Hansen

April 2019



OLED Academy – Final Report

Project name: OLED Academy – Prospects for energy saving and design

Project no. 349-032

Title in Danish: OLED Academy – fremtidsperspektiver for energibesparelser og design

Report  
2019

By

Johannes Lindén

Carsten Dam-Hansen

Copyright:      Reproduction of this publication in whole or in part must include the customary bibliographic citation, including author attribution, report title, etc.

Cover photo:    Montage of the winning contributions to the OLED Academy design competition.  
Designers: OLEDchain by Simon Berardino; Sove-æg by Katrin Berrie Larsen; Leaves by Hans Christian Asmussen; OLED-OLOR by Nikolay Marinov; Base Light by Christian Flindt.

Photo: Peter M. Madsen.

Published by:   DTU, Department of Photonics Engineering, Post office box 49, Building 128, 4000 Roskilde Denmark  
[www.fotonik.dtu.dk](http://www.fotonik.dtu.dk)

## Contents

Resumé – på dansk .....	4
Summary – in English .....	5
Objective .....	6
Process .....	7
Preparation .....	7
First round.....	7
1 <sup>st</sup> session – Course day 20 <sup>th</sup> August.....	8
2 <sup>nd</sup> session – Q&A day.....	9
3 <sup>rd</sup> session – hand in of design idea .....	9
Evaluation and selection .....	9
Winner are notified.....	10
Second Round .....	10
Photos shooting .....	10
4 <sup>th</sup> session – presentation and evaluation of models .....	10
Final Exhibition.....	10
Achieved results.....	11
Education .....	11
Designs .....	11
OLED Luminaire models.....	11
Sove-æg, Design: Katrin Barrie Larsen .....	12
Base Light, Design: Christian Flindt.....	12
Leaves, Design: Hans Christian Asmussen .....	13
OLEDchain, Design: Simon Berardino .....	13
OLED-OLOR, Design: Nikolay Marinov .....	14
Final exhibition at Design Werck .....	15
State of the art report.....	15
Dissemination .....	16
Appendix .....	17
Articles .....	17
Documents .....	17

## Resumé – på dansk

Dette dokument udgør slutrapport for projektet “OLED Academy - fremtidsperspektiver for energibesparelser og design”, som er udført af Institut for Fotonik ved Danmarks Tekniske Universitet (DTU Fotonik) i samarbejde med Dansk Center for Lys (DCL) og en række danske lysdesignere i 2018 og 2019

Formålet med projektet var at øge vidensniveauet for belysningsindustrien omkring OLED teknologi og katalysere udviklingen og realiseringen af nye belysningsprodukter baseret på OLED.

Designere i belysningsindustrien udgør et af de vitale led i værdikæden frem mod realiseringen af belysningsløsninger og nye belysningsprodukter. OLED Academy projektet arrangerede I anden halvdel af 2018 et kursus for 20 designere, som blev undervist af eksperter fra DTU Fotonik og DCL i hhv. OLED teknologi og lysdesign. Herefter var opgaven for hver deltager at designe et produkt baseret på OLED teknologi. Fem vindende forslag blev udvalgt og realiseret som færdige modeller. De fem modeller blev fremvist ved en afsluttende udstilling den 11. december 2018 i København på Design Werck, som er et mødested og showroom for udvalgte nutidige danske og skandinaviske designs.

Projektet og dets resultater er blevet beskrevet i flere artikler i lys og belysnings branchens tidsskrifter, såvel i Danmark som i Sverige.

Håbet er at projektet vil anspore lysdesignere til at bruge deres nye viden om OLED teknologi i deres fremtidige arbejde, som på den måde vil lede til flere OLED baserede anvendelser og produkter.

Som yderligere resultat af projektet, er udarbejdet en rapport, som viser state of the art indenfor OLED teknologi, og som også præsenterer en fotometrisk karakterisering undersøgelse af en række indkøbte OLED paneler.

## Summary – in English

This document reports a summation of the project “OLED Academy - prospects for energy saving and design” conducted by the department of Photonics Engineering at the Technical University of Denmark (DTU Fotonik) in collaboration with the lighting association Danish Lighting Center (DCL) and a number of Danish lighting designers, during 2017 and 2018.

The objective was to raise the level of knowledge in the lighting industry of OLED technology, and catalyze the realization of new products based on OLED technology.

The designers in the lighting industry is one of the vital links in the value chain for the realization of lighting solutions and new lighting products. The OLED Academy project arranged during the last half of 2018 a course for 20 designers, who got to learn from experts from DTU Fotonik and DCL about OLED technology and lighting design, respectively. The subsequent task for each participant was to design a product based on OLED technology. Five winning contributions were selected and realized as final models. The five models were exhibited during a final exhibition in Copenhagen at Design Werck, a meeting point and showroom for selected contemporary Danish and Scandinavian design, on December 11, 2018.

The project and its results were noticed in several articles in lighting magazines in both Denmark and Sweden.

All participating designers have all rights to the designs and models that they have developed in the OLED Academy project. It is hoped that the project will encourage lighting designers to use the knowledge about OLED technology in further work, which will lead to more OLED-based applications and products.

Furthermore, within the project, there was a report conducted, which concluded the state of the art regarding OLED technology, and also presented a photometric characterization study of a number of purchased OLED panels.

## Objective

The project seeks to raise the level of knowledge for a generation in the lighting industry in the field of OLED technology, and catalyze the realization of new product solutions based on OLED technology. By providing such a massive and widely communicated knowledge lift in a narrow professional segment, a window of opportunity opens to catalyze many effects that can generate additional revenue on products based on OLED technology, thus catalyzing energy savings on a technology that is becoming increasingly more energy efficient.

OLED has some unique features compared to LEDs, being inherently thin, flat and light weighted. Being a surface light source, compared to a point light source as LED, the light is experienced as soft, diffuse and comfortable. The light quality is high, with very high color rendering index (CRI) values and weak blue emission. Being a flat surface light source gives a new design approach and some panels even being flexible encourage a high level of creativity.

The designers in the lighting industry is one of the vital links in the value chain for the realization of lighting solutions. By creating a special targeted training lifting this creative part of the value creation process to a level that allows creation of unique solutions, the project creates a foundation for growth and jobs based on what new possibilities OLED technology brings about. DTU Fotonik and Danish Lighting Center constitute the project team, ranging far in width between all actors in the lighting industry and in-depth in scientific skills. Course material, a supplier networks, publications, a conference and five successful prototypes are realized within the project.

## Process

The process of teaching and design work in the project are divided into three parts:

- Preparation
- 1<sup>st</sup> round
- 2<sup>nd</sup> round

The preparation part included planning, advertising to presumptive Danish lighting designers and communication with OLED manufacturers. First round involves the 20 participating lighting designers, and their introduction to the project, and their work of delivering a design idea. The second round involves the further work of the five winning designers, the realization of their models and the final exhibition.

### Preparation

From the start of the project January 1, 2017 to the start of the 1<sup>st</sup> round August 20 2018, the project group had about 10 meetings. Using the wide network of Dansk Center for Lys, the project was advertised and a webpage for application was constructed (<https://www.tilmeld.dk/oled/>). The information that was given about the assignment was that in exchange for free education, supervision and workshops, the task for each participant was to design a new product based on OLED technology. Five contributions were to be selected, and the designers of these get the opportunity to have their design idea realized in a functional model. The designers get to keep the rights to their ideas. The goal of attracting at least 20 participants was reached.

Several producers of OLED panels were contacted, and Kaneka (Japan) and OLEDWorks (Germany) provided the project with panels.

An agreement was made with the model maker Morten Lyhne regarding the realization of the five winning models.

### First round

Figure 1 shows (in Danish) the timeline for the period from August 20 2018 to September 17 2018, called 1<sup>st</sup> round. This involved participation from 20 lighting designers.

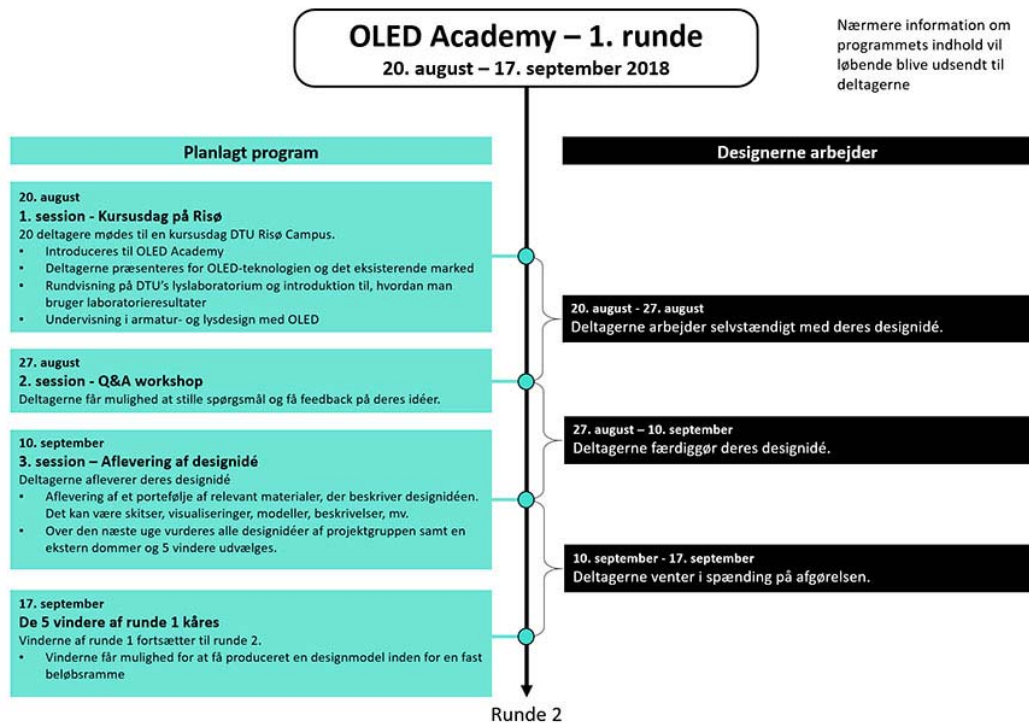


Figure 1 Programme for the 1<sup>st</sup> round of the OLED Academy project as published on [https://www.tilmeld.dk/oled/kursusprogram.html#runde\\_1](https://www.tilmeld.dk/oled/kursusprogram.html#runde_1). Design: Eik Lykke Nielsen

Following below, the sessions of the first round are presented.

### 1<sup>st</sup> session – Course day 20<sup>th</sup> August

This first session was held at facilities of DTU Fotonik, Risø, outside Roskilde. Nineteen of the 20 designers attended. Also present was Marek Ramski, OLEDWorks, representing the OLED producers and market. The first session included teaching in

- Introduction to the technology of OLEDs (DTU Fotonik)
- Introduction to photometry and characterization of light sources (DTU Fotonik)
- Lab tour and presentation of how to use lab results (DTU Fotonik)
- Luminaire and light design (DCL)
- OLED presentation by a market representative (Marek Ramski, OLEDWorks)
- Technical design features (DCL)

The participants was provided with course material and an OLED kit to bring home for inspiration.





Figure 2 From the 1<sup>st</sup> session of teaching at DTU Fotonik with nineteen participating designers. Photo: Carsten Dam-Hansen.



Figure 3 OLED kit consisting of an OLED panel and a driver. Photo: Carsten Dam-Hansen.

After this first session, the designers were given their assignment and encouraged to work on their ideas about utilizing OLED light sources in a lighting solution.

### 2<sup>nd</sup> session – Q&A day

On August 27, one week after the first session, the participating designers were offered to attend a Q&A session. This was held in facilities of The Royal Danish Academy of Fine Arts Schools of Architecture, Design and Conservation (KADK) in Copenhagen. Twelve participating designers attended and in addition to an open discussion the participants were offered private consultation regarding their ideas.

After this second session the designers continued with their individual work, and were of course in addition encouraged to make contact with the project group, OLEDWorks or the model maker if they wished.

### 3<sup>rd</sup> session – hand in of design idea

September 10, two weeks after the Q&A-session, 15 participants handed in a design idea. The handed in material was a mix of digital, physical and paper form.

### Evaluation and selection

On September 14, the project group together with lighting designer Christina Augustesen evaluated the handed in ideas. The submitted contributions were evaluated with respect to their utilization of the unique properties of OLEDs, innovation and aesthetics. The evaluation group agreed on five winners, which are described in a section below.

Winner are notified

On September 17, all the participants were notified via email about the five winning designers. The five winners were hereby encouraged to continue the realization of their models together with model maker Morten Lyhne. The first draft of the models were expected to be evaluated November 12.

This concluded the first round of the project.

## Second Round

Figure 4 shows (in Danish) the timeline for the period from September 17, 2018 to December 11 2018, called 2<sup>nd</sup> round. This involved further participation from the five winning lighting designers.

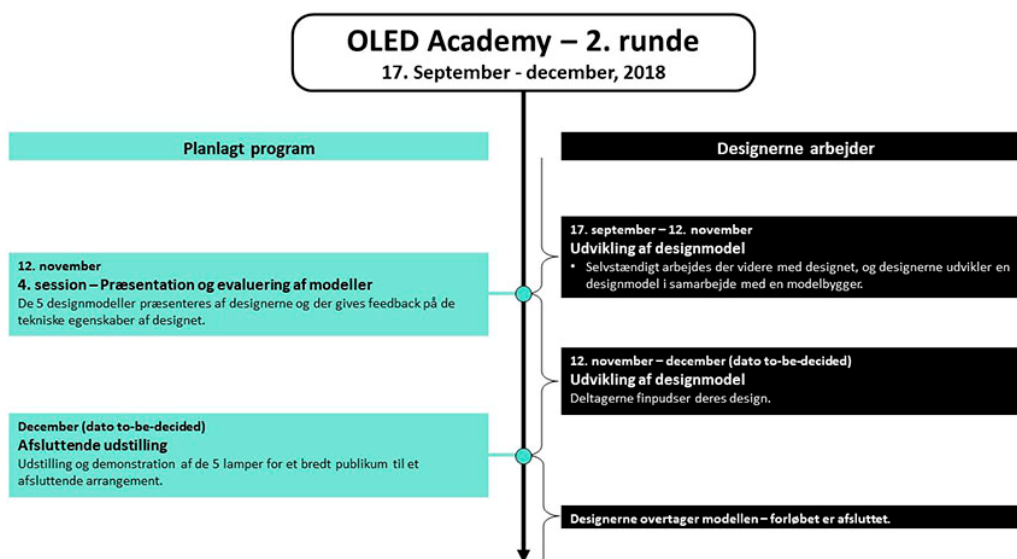


Figure 4 Programme for the 2<sup>nd</sup> round of the OLED Academy project as published on [https://www.tilmeld.dk/oled/kursusprogram.html#runde\\_2](https://www.tilmeld.dk/oled/kursusprogram.html#runde_2). Design: Eik Lykke Nielsen

Following below, the sessions of the second round are presented.

## Photos shooting

From the last session of second round, the models were started to be realized. In the beginning of November, photographer Peter M. Madsen was hired in order to have the models photographed for PR material both for the project but also for the designers (see cover photo).

## 4<sup>th</sup> session – presentation and evaluation of models

On November 12, the project group, model maker and the winning designers were gathered for an evaluation of the luminaire models at DTU Fotonik.

## Final Exhibition

On December 11, a final exhibition of the finished models were held at the in Copenhagen at Design Werck, a meeting point and showroom for selected contemporary Danish and Scandinavian design. The exhibition attracted about 50 visitors from the lighting industry, and included, in addition to the exhibition itself, presentation of the OLED Academy project, introduction to OLED technology and a presentation from each of the winning designers about their contribution and product models.



Figure 5 Presentation at the final exhibition at Design Werck, Copenhagen, 12<sup>th</sup> of December 2018. Photo: Eik Lykke Nielsen

## Achieved results

### Education

Nineteen Danish lighting designers got education about OLED technology, luminaire and light design and knowledge about technical luminaire design features from experts in the field. With this knowledge, the designers can serve as ambassadors for the utilization of OLED technology in luminaire design, and catalyze the realization of new product solutions based on OLED technology. This in turn increase the chances of catalyzing energy savings on a technology that is becoming increasingly more energy efficient, and could replace LEDs were these are not adequate, e.g. in places with limited space or where the need of heat dissipation isn't too high.

### Designs

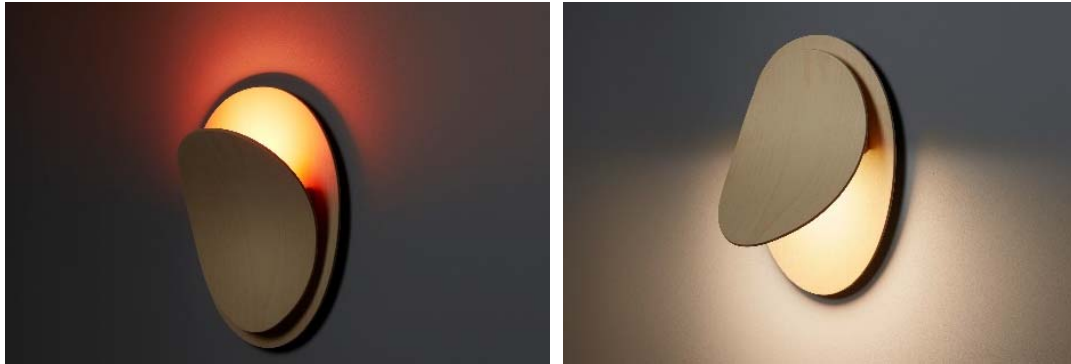
Fifteen OLED luminaire models were designed, of which five was selected as winners by the project group together with an externally hired lighting designer Christina Augustesen.

### OLED Luminaire models

The five winning contributions was realized by the Danish model maker Morten Lyhne, and photographed by the Danish photographer Peter M. Madsen. Below follows a presentation of the five winning design contributions. The designers has fully achieved and understood the unique properties of OLEDs and produced luminaires that take advantage of these. The individual models are described in the following in the designers own words.

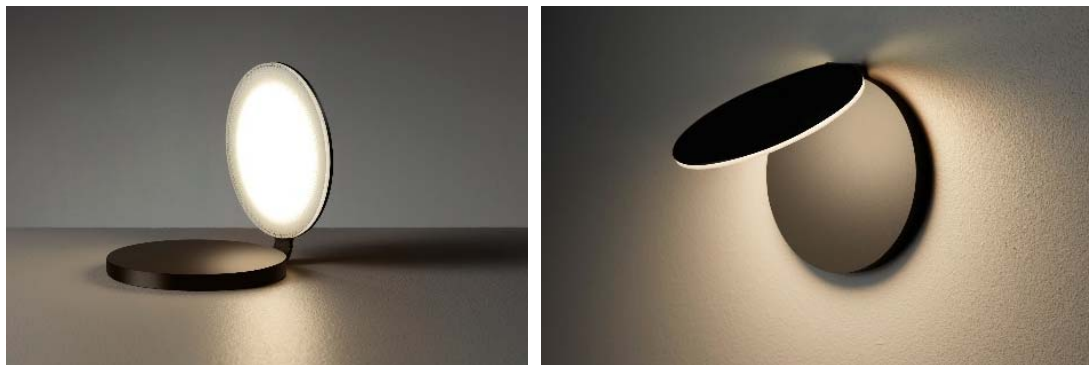
### Sove-æg, Design: Katrin Barrie Larsen

The Sove-æg (sleeping egg) combines the possibility of choosing a glare-free, present reading light with secure-creating evening light, without the problematic blue wavelengths. The wall lamp is intended for the nursery and other situations where you want to be able to switch between function light and sleep-friendly night light. When there is no longer a need for white operating light, the flexible part of the lamp is tilted as a large, physical light button, to the upright position. This activates the amber-colored night light, which with a slight halo of light creates security and orientation in the room.



### Base Light, Design: Christian Flindt

More and more people no longer have a fixed office, but instead use of co-working spaces, working in new places every day. The laptop makes this possible - why not add your own personal light in the jack pocket or computer case? The wall and desk lamp Base Light is inspired by an old-fashioned pocket watch with its hourglass shape. An easy, collapsible OLED lamp to take with you on the journey, which also can be part of the fixed workplace. As the Base Light is magnetic, it can easily be installed where it is needed. The name "Base" aims at light being part of your base, wherever you are.



### Leaves, Design: Hans Christian Asmussen

Leaves are a series of quiet minimalist mood lamps, where the design mimics the distribution of leaves on a stalk. The lamp's blade achieves its ease through the OLED's extremely thin profile and smooth emission surface. This is also expressed in the light, which shines from underneath the leaves, and exploits the distinctive features of the OLED; a discrete, even light with an outstanding color rendering. Leaves are suitable for hanging decorative in groups or to light up a dim corner in the living room, coffee shop or lobby.



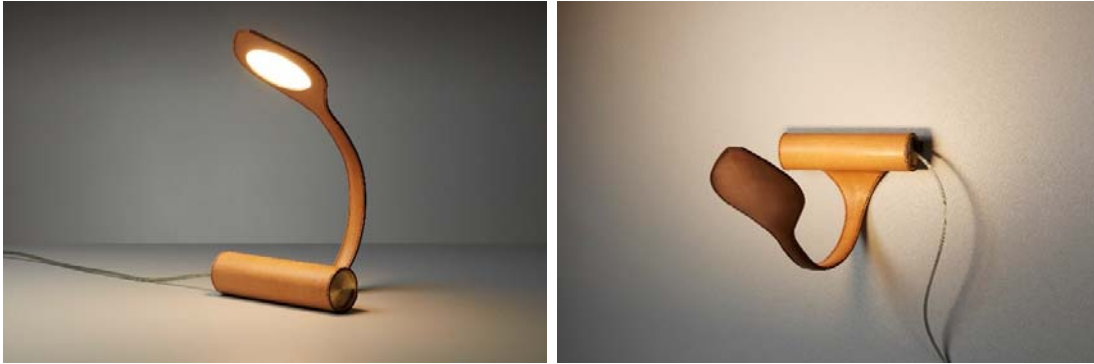
### OLEDchain, Design: Simon Berardino

The main idea behind OLEDchain is the idea of a flexible, weak, hanging light with a recognizable and iconic design character. A living concept with lots of variation and development opportunities. The design as a chain makes it possible to extend the lamp structure in both length and width. The light shape of the lamp utilizes the OLED thinness and becomes visually appealing through repetition and structure. Creativity can continue with the user, as the lamp can be used in many different lengths, widths, constellations and contexts.



OLED-OLOR, Design: Nikolay Marinov

The table lamp OLED-OLOR is inspired by Denmark's national bird swan (Latin: Olor). The OLED thin profile is integrated into a core leather covered table lamp shaped into an elegant swan neck. The classic core leather gives an exclusive table lamp in a neat, timeless and durable material, which only gets even better with time. OLED-OLOR is designed to have several different functions. It is suitable as a standing desk lamp on the desk. It can also be hung up as a decorative wall lamp, which throws a soft light over the wall.



### Final exhibition at Design Werck

The project ended with a final exhibition on December 11, 2018, in Copenhagen at the Design Werck, a meeting point and showroom for selected contemporary Danish and Scandinavian design.

The exhibition attracted about 50 visitors from the lighting industry, and included, in addition to the exhibition itself, presentation of the OLED Academy project, introduction to OLED technology and a presentation from each of the winning designers about their contribution.

After the presentations, the visitors had time to study the design models and talk to the designers.

The models stayed available for visiting views at Design Werck for a week after the final event.

All participating designers have all rights to the designs and models that they have developed in the OLED Academy project. The project team anticipates that a few of the ideas and model developed may become product on the market within the coming years. This is yet to be seen.

### State of the art report

In addition to the actual design models, education of the designers and the final exhibition, the project also resulted in a report about the state of the art regarding OLED technology. This report includes, besides an up to date technology and market review, a thorough characterization of the actual OLED planes acquired from the industry during the project, including panels in different dimensions, light characteristics and efficacy from OLEDWorks, Kaneka and LG. The panels were investigated with respect to photometric, colorimetric and electrical properties. The state of the art report is available on the project website of ELFORSK.

## Dissemination

In addition to the final exhibition at Design Werck in Copenhagen, other dissemination activities are three separate publications in two different lighting magazines, one Danish (LYS, the magazine for the Danish Center of Light, DCL) and one Swedish (Ljuskultur, published by the lighting trade organization in Sweden). The three publications are:

- "OLED LEVER I BEDSTE VELGÅENDE", A. Bay and E. L. Nielsen, Dansk Center for Lys, LYS 04-2018  
This publication describes the OLED luminaires produced in the project. The article is targeted against people in the Danish lighting industry/community and the luminaires are described with the designers own words. In Danish.
- "HVOR STÅR OLED IDAG?", J. Lindén and A. Thorseth, DTU Fotonik, LYS 01-2019  
This publication describes the state of the art of the OLED technology and in very short words the result from the characterization investigation of the OLED panels acquired within the project. The article is targeted against people in the Danish lighting industry/community. In Danish.
- "Var står OLEDs idag?", J. Lindén, DTU Fotonik, A. Bay and E. L. Nielsen, Dansk Center for Lys, Ljuskultur 02/19  
This publication is a Swedish version of the two Danish publications above. The article is targeted against people in the Swedish lighting industry/community. In Swedish.

The articles can be found in full in Appendix.

The project has also been noticed within the companies of OLEDWorks and Kaneka, and information has also been distributed to [www.OLEDinfo.com](http://www.OLEDinfo.com).



## Appendix

### Articles

The following articles are attached to the end on this report

1. Article in LYS 04-2018:
2. Article in LYS 01-2019:
3. Article in Ljuskultur: 02-2019

### Documents

Press release: <https://www.elforsk.dk/sites/elforsk.dk/files/media/dokumenter/2018-12/Lampdesign%20med%20OLED%20-%20pressemeddelelse%202018-12-18.pdf>

# OLED LEVER I BEDSTE VELGÅENDE

Priserne falder og effektiviteten stiger. Scenariet ligner det, som skete for de små LED'er for 10-15 år siden. Et nyt Elforsk-projekt booster mulighederne for et dansk overtag, når det gælder om at få rigtige belysningsprodukter ud af OLED-teknologien

AF EIK LYKKE NIELSEN, CIV.ING. OG ANNE BAY, CIV.ING, DANSK CENTER FOR LYS

Man mærker straks, at OLEDs giver et andet lys end traditionelle LED'er: Det er et rigtig rart lys – både i 3000 og 4000 K. Forklaringen findes muligvis i specifikationerne: OLEDs er helt diffust lysende, og farvegengivelsen er høj: Ra over 90 (R9 over 70). Med TM30-15 briller svarer dette til imponerende Rf 86/Rg 100. Effektiviteten er nu over 80 lumen/W, og markedsprisen nu og her er ca. 50 USD/1000 lumen. I 2025 ventes prisen

at være 10 USD/1000 lumen. Måske er det nu, vi skal springe på med udviklingen af de rigtige produkter.

Dette har været udgangspunktet for Elforsk-projektet "OLED Academy", hvor i alt 19 designere har deltaget i et OLED-uddannelsesforløb og prøvet kræfter med at lave deres eget OLED-produkt. De fem bedste er blevet til rigtige, lysende designmodeller med et tydeligt dansk aftryk.



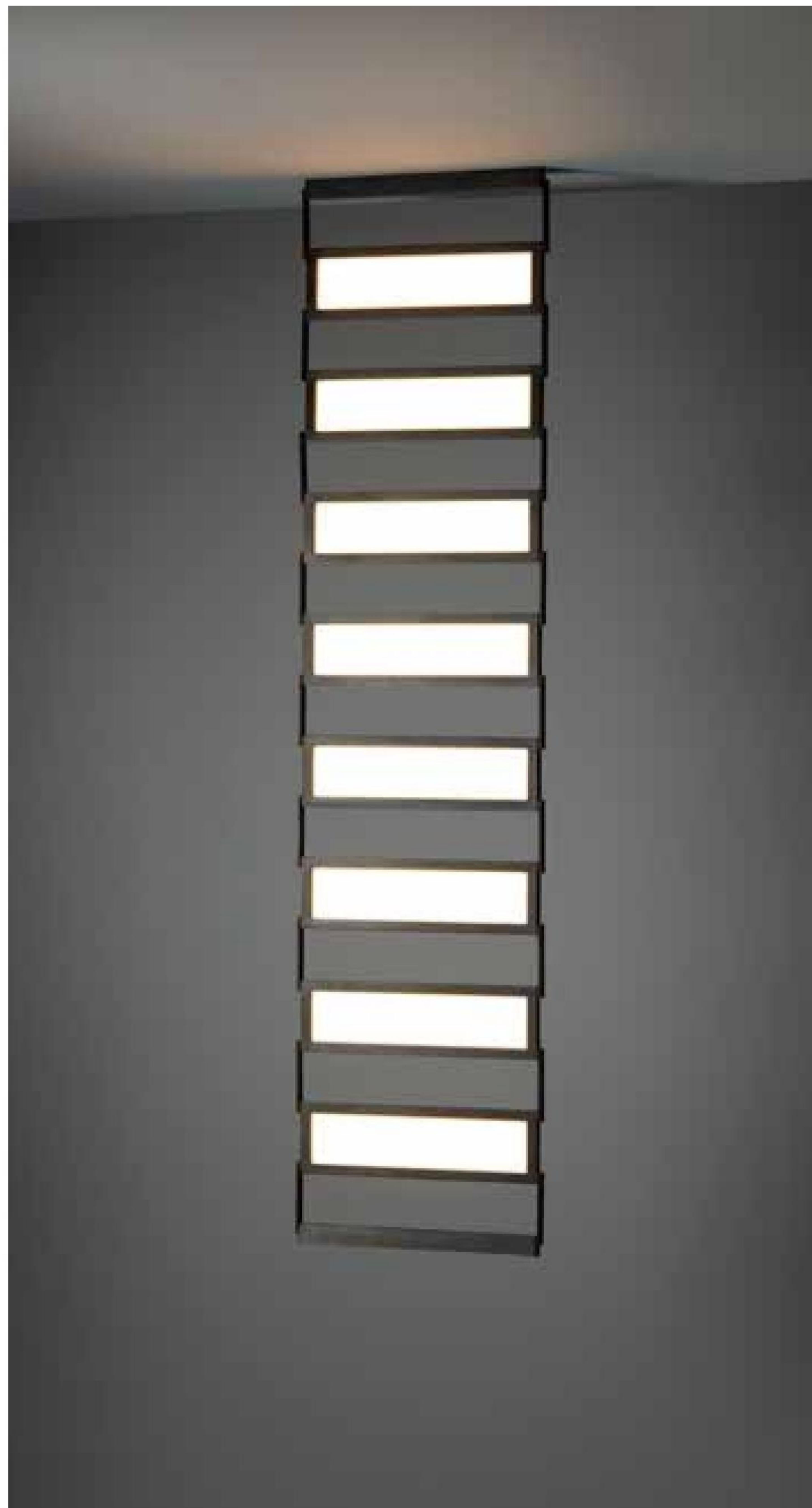
**Sove-æg, Design: Katrin Barrie Larsen.** Sove-ægget kombinerer muligheden for at vælge et blændfrit, nærværende læselys eller tryghedsskabende natlys uden de problematiske blå bølgelængder. Vægglampen er målrettet børneværelset og andre situationer, hvor der skal kunne skiftes mellem hvidt funktionslys og søvnvenligt natlys. Når behovet for hvidt funktionslys ophører, vippe lampens krumme flade som en stor fysisk kontakt til opadlysende position. Bevægelsen aktiverer det ravfarvede natlys, der med en svag glorie af lys skaber tryghed og orientering i rummet.



**Base Light, Design: Christian Flindt.** Der bliver stadig flere, som ikke har et fast kontor, men i stedet benytter sig af co-working spaces eller arbejder et nyt sted hver dag. Den bærbare computer gør dette muligt – hvorfor ikke også supplere og tage sin egen personlige belysning med i jakkelommen eller computertasken? Væg- og bordlampen Base Light er inspireret af et gammeldags lommeur og dets timeglasform. En let, foldbar OLED-lampe til at tage med på farten, og som også kan være en del af en fast arbejdsplads. Da Base Light er magnetisk, kan den let sættes op, hvor der er brug for den. Navnet "Base" er valgt, fordi lyset er en del af din base, hvor end du er.



**Leaves, Design: Hans Christian Asmussen.** Leaves er en serie af rolige, minimalistiske stemningslamper, hvis design mimer naturens fordeling af blade på en stængel. Lampens blade opnår deres lethed fra OLEDs ekstremt tynde profil og ensartede emissionsflade. Dette udtrykkes også i lyset, der blidt udsendes fra undersiden af bladene, og benytter OLED'ens særegne egenskaber; et svagt, ensartet og stabilt lys med en enestående farvegengivelse. Leaves er velegnet til dekorativt ophæng i grupper eller til at oplyse et dunkelt hjørne af stuen, caféen eller lobbyen.



**OLEDchain, Design: Simon Berardino.** Hovedidéen bag OLEDchain er tanken om et fleksibel, moderne, svævende lys med en genkendelig og ikonisk formgivende karakter. Et levende koncept med masser af variations- og udviklingsmuligheder. Formgivningen som en kæde, gør det muligt at udbygge lampestrukturen både i længden og bredden. Lampens enkle form udnytter OLEDs tyndhed og opnår en visuel appel gennem repetition og struktur. Kreativiteten kan fortsætte hos forbrugeren, hvor lampen tænkes brugt i mange forskellige længder, bredder, konstellationer og sammenhænge.



**OLED-OLOR, Design: Nikolay Marinov.** Bordlampen OLED-OLOR er inspireret af Danmarks nationalfugl Svanen (latinsk: Olor). OLED'ens tynde profil er integreret i en kernelæderovertrukket bordlampe formet som en elegant svanehal. Det klassiske kernelæder giver en eksklusiv bordlampe i et smukt, tidløst og slidstærkt materiale, der kun bliver endnu smukkere med alderen. OLED-OLOR er udformet, så den kan have flere forskellige funktioner. Den er velegnet som distingveret arbejdslampe på skrivebordet. Den kan også hænges op som en dekorativ væglampe, der kaster et blødt lys over væggen.

---

## FAKTA

---

### PROJEKT: OLED ACADEMY - PSO PROJEKT 349-032

Projektet har drejet sig om uddannelse og afprøvning af teknologien, der samlet kaldes organiske lysdioder (OLED). Projektet skal skabe grobund for en udvikling, hvor OLED kan blive en driver for energibesparelser fra innovation og designløsninger i danske lysteknologivirksomheder. Med OLED Academy er der sammen med danske designere kickstartet en afsøgning af mulighederne med OLED-teknologien via kurser, prototyping og karakterisering.

**Bevillingsgiver:** ELFORSK

**Projektledelse:** DTU Fotonik

**Projektpartner:** DCL

**Projektperiode:** 2017-2018

Se lyset og mød designerne ved et gratis inspirationsarrangement på Design Werck, København, den 11. december 2018, kl. 15.00-17.30. Læs mere på [www.tilmeld.dk/oled-academy-event](http://www.tilmeld.dk/oled-academy-event).

Læs mere om OLED i LYS 01 - 2019, hvor en artikel vil gå i dybden med teknisk viden omkring OLED-teknologien anno 2018/2019.

# HVOR STÅR OLED I DAG?

OLEDs fås i dag med et lysudbytte på 80 lm/W, og produktionsomkostningerne er også faldet betydeligt. Der er dog stadig behov for initiativer, som kan booste udviklingen.

JOHANNES LINDÉN, FORSKER OG ANDERS THORSETH, PROJEKTLEDER. FOTO: DTU FOTONIK

VIDEN OM LYS

OLED står for Organic Light Emitting Diode og er en teknik, der bruges til at transformere elektricitet direkte om til lys. Modsat en LED, som er en halvleder og mere eller mindre betragtes som en punktluskilde, består en OLED af lag af organiske molekyler, som udgør en overfladeluskilde. Dette gør lyset mere behageligt at se på og dermed mere anvendeligt. Hvor en LED normalt har behov for en diffusor, får man med OLED øjeblikkeligt et blidt og behageligt skær. Det karakteristiske ved OLEDs er den tynde udformning og den lave vægt. Dertil kommer, at de kan fremstilles transparente eller reflekterende som et spejl, og at det endda er muligt at fremstille bøjelige paneler.

Det største marked for OLED er skærme til eksempelvis smartphones og fjernsyn. Siden OLED-teknologien kom frem, er det blevet diskuteret, hvorledes den kan bruges til almindelig belysning.

## OLED-teknologi

De organiske molekyler er lagt i lag mellem en katode og en anode. Når en elektrisk strøm løber mellem katoden og anoden, lyser molekylerne op og genererer lys. Afhængig af molekyletypen vil der afgives forskellig farve af lys, og hvis man eksempelvis bruger tre lag, kan man få blå, grøn og rød, som tilsammen giver et hvidt lys (se figur 1 OLED spektrum).

De enkelte OLED-lag er ekstremt tynde, ( $\mu\text{m}$ -skala), og de færdige paneler er oftest en millimeter tynde. Det er indkapslingen af OLEDerne, der afgør, hvor tynde panelerne kan blive. Indkapslingen kan være af plastik eller glas og skal forhindre nedbrydning af molekylerne forårsaget af det omgivende vand og ilt. Plastik er især velegnet til fleksible paneler, men OLEDs indkapslet i plast har en lavere levetid end OLEDs indkapslet i glas.

Den vurderede levetid for tilgængelige paneler på markedet spænder fra 10.000 til 40.000 timer.

## Stadig under udvikling

Imens teknologien bag LED kan dateres tilbage til 1920'erne, er OLED stadig en ny opfindelse. Forskningen og udviklingen af dem startede for alvor i 1987, og det første kommercielle produkt kom frem i 2011. Vi er derfor stadig i den spæde start af OLEDs udvikling.

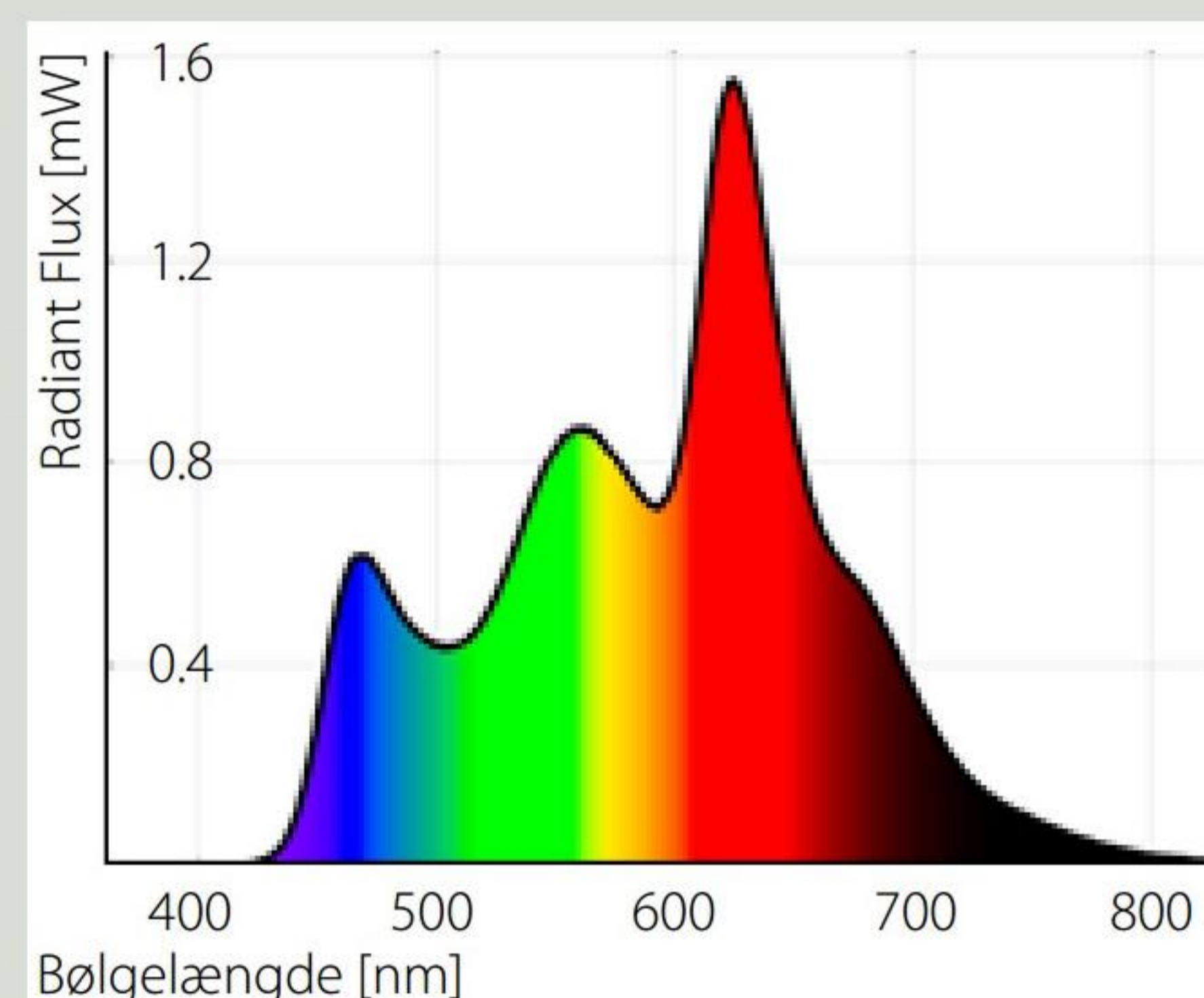
Omkostninger til udstyr til fremstilling, substrater og indkapsling er til stadighed en udfordring. Indkapslingen er nødvendig i forhold til at øge levetiden på produktet. Andre udfordringer er lysudvinding for at øge effekten samt standardisering af drivere.

OLED-teknologien har været i noget af et uløseligt dilemma, fordi opbygningen af et marked kræver udvikling af teknologien, og udvikling af teknologien kræver opbygning af et marked. Der er derfor nu taget initiativer, som skal booste teknologien til et gennembrud i udviklingen.

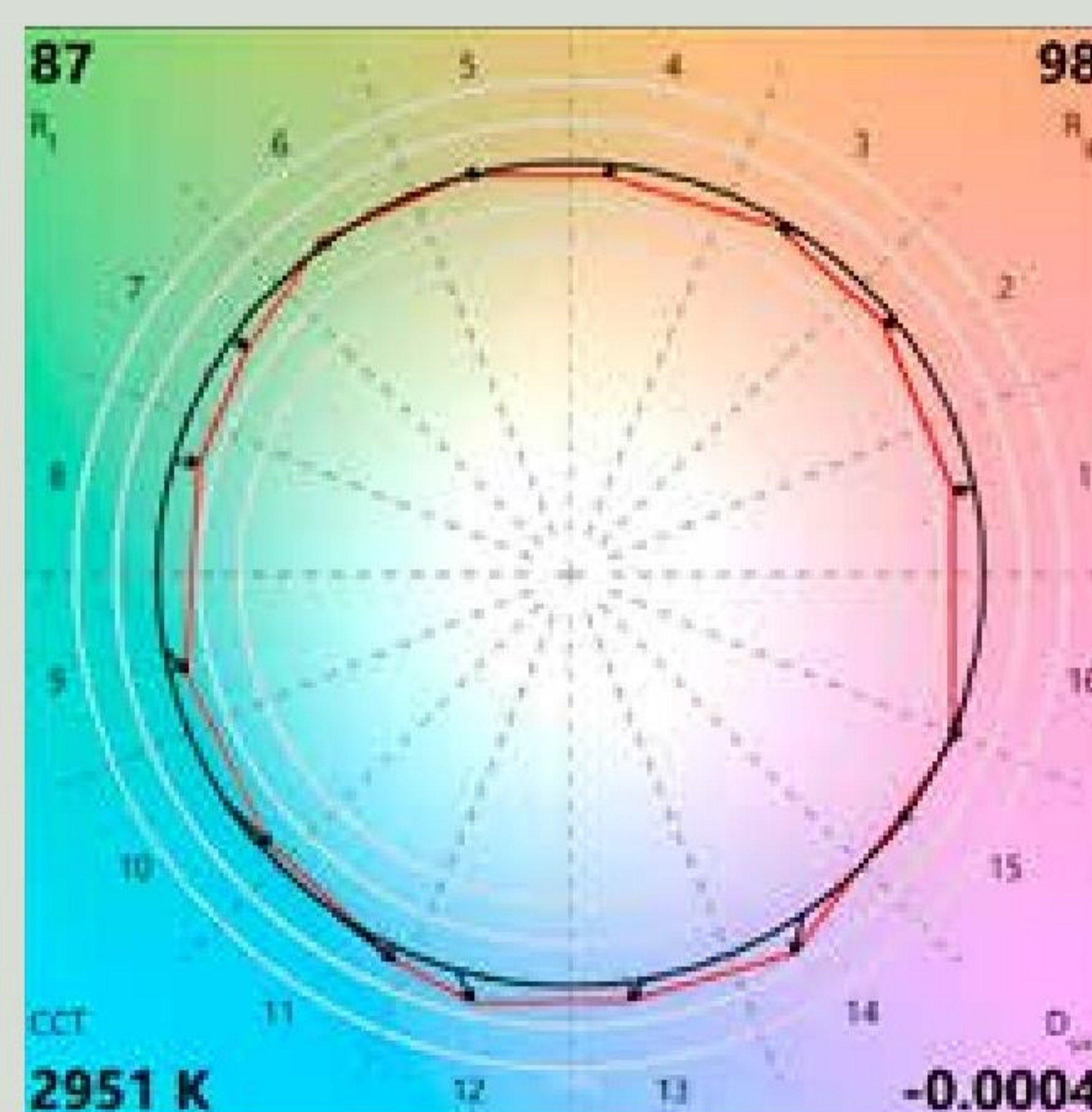
Et af disse initiativer er det tre-årige EU-projekt Flexolighting koordineret af Brunel University i London. I september 2018 meldte de ud, at en potentiel produktionsomkostning på 14 USD pr. 1000 lumen var opnået, dette skal sammenlignes med det hidtil udmeldte på 180 USD pr. 1000 lumen, hvilket svarer til en reduktion af omkostninger på 92 %.

## OLED Academy

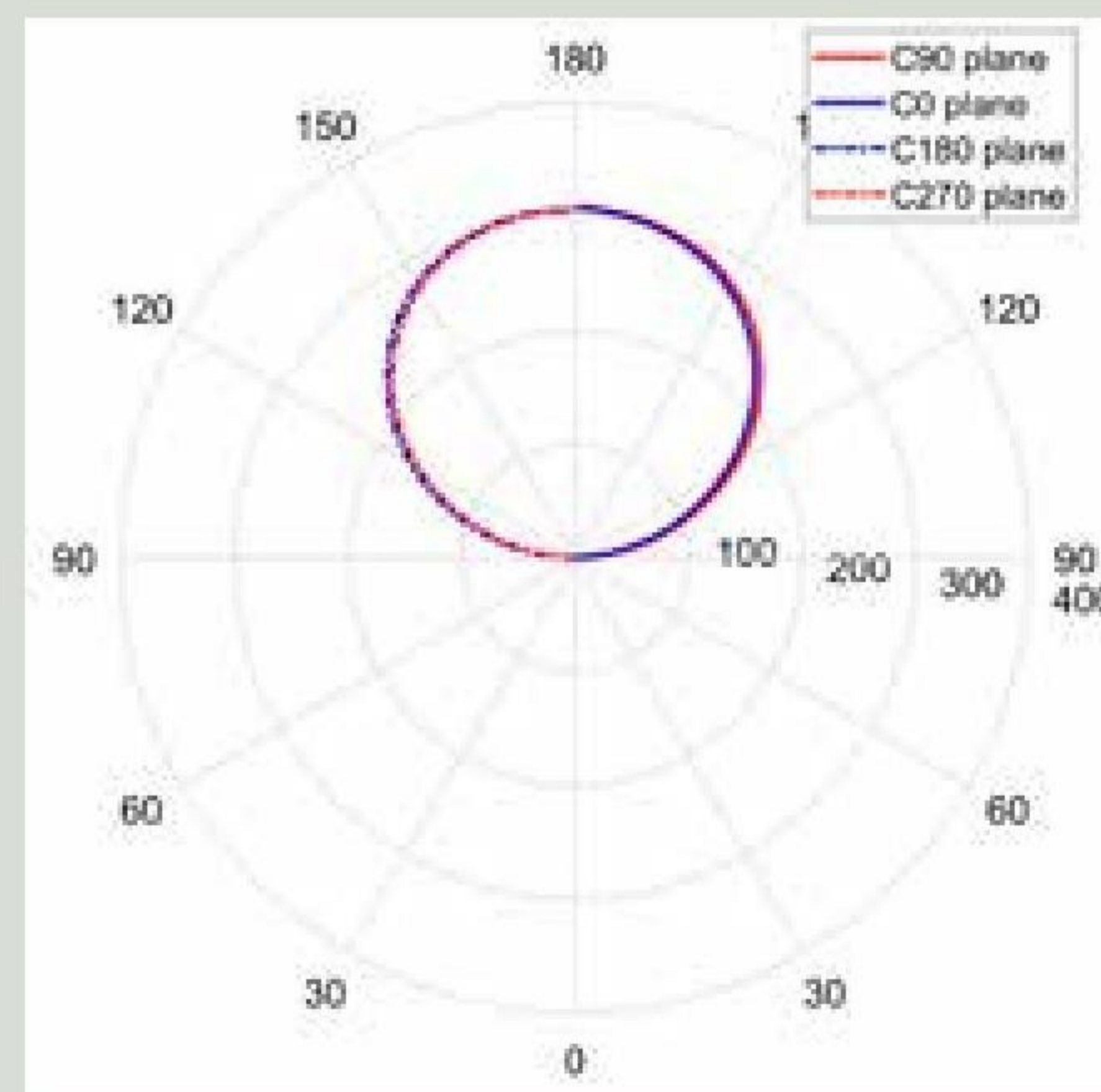
Et andet initiativ er Elforsk-projektet OLED Academy foranlediget af DTU Fotonik. Det er udført i samarbejde med Dansk Center for Lys og en gruppe lysdesignere. Dette to-årige projekt bestod bl.a. af en designkonkurrence, som har resulteret i fem produkter, der tager udgangspunkt i OLEDens egenskaber. Prototyper af produkterne blev udstillet på Design Werck i København i december 2018. Der kan læses mere om OLED Academy i LYS 04 2018.



Figur 1. OLED-spektrum.



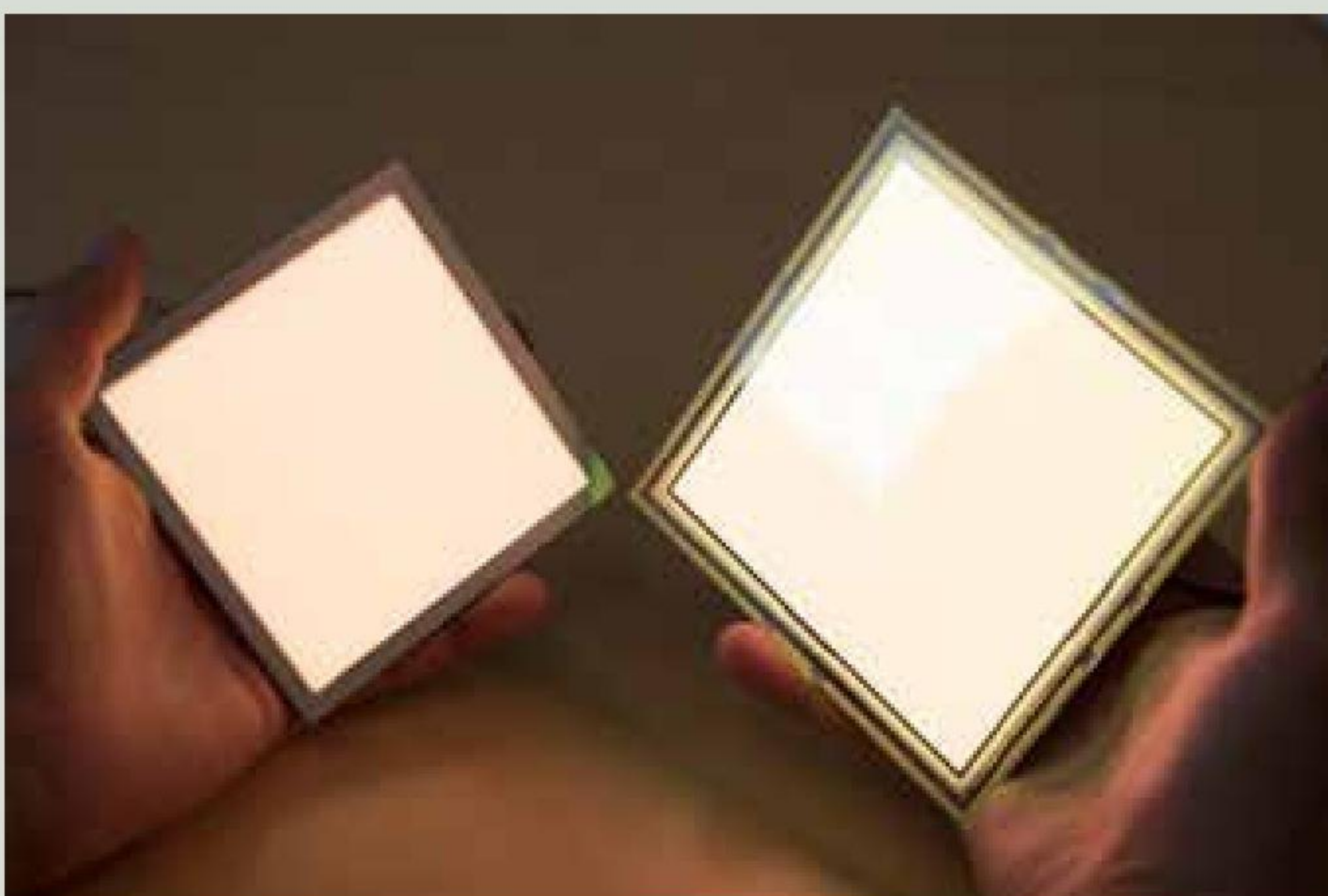
Figur 2. Farvediagram TM30.



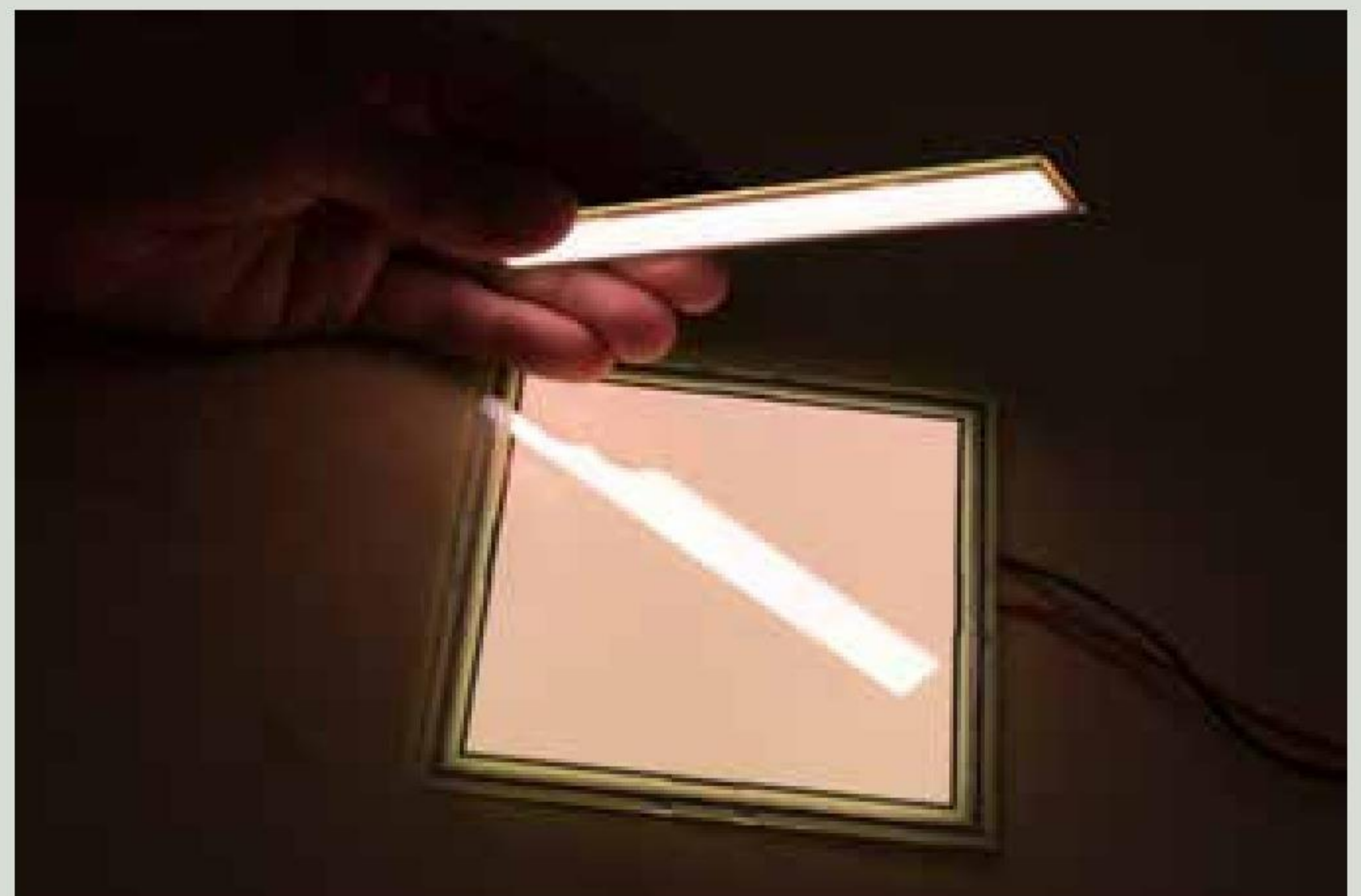
Figur 3. Lysfordeling.



Fleksibel OLED fra OLEDWorks.



Kvadratisk OLED-panel.



Lille OLED reflekteres i en større, med lysende og spejlende overflade.

## Målinger

I OLED Academy projektet er der blevet målt på et antal paneler fra tre forskellige producenter: LG Display, Kaneka og OLEDWorks. Luminansen henover panelerne er generelt meget jævn og går fra 2500 til 8500 cd/m<sup>2</sup> for de forskellige paneler. Højere luminanser opleves generelt generende. Lyset fra panelerne er meget diffust, resulterende i en næsten perfekte Lambert stråler (se figur 3 Lysfordeling). Generelt er

lyskvaliteten imponerende, med Ra godt over 90 og R9 når 88. Typiske TM-30-15 værdier er Rf 87 / Rg 98 (se figur 2 TM30). Kildernes lysudbytte varierer. Den højeste værdi ligger på 73 lm/W.

Som afslutning på OLED Academy projektet vil der blive udgivet en rapport, der publiceres på Elforsks hjemmeside. Den beskriver OLED-teknologimarkedet og gennemgår de målinger, der er foretaget i projektet, mere detaljeret.

---

OLED – står for Organic Light Emitting Diode. Kan laves transparente, spejlende og fleksible. Ra kan komme over 90, og R9 over 70. Lysudbytte op til 80 lm/W.

Produktionsomkostningerne er faldet kraftigt. Den laveste potentielle produktionspris lige nu lyder på: 14 USD/1000 lm.

Se mere på: [www.oled-info.com](http://www.oled-info.com)

## OLED-TEKNOLOGI

# Var står OLEDs idag?

OLEDs kan idag fås med ett ljusutbyte på nära 80 lumen per watt. Dessutom faller produktionskostnaden. Det behövs dock initiativ för att boosta utvecklingen.

TEXT: Johannes Lindén, DTUFotonik, Anne Bay och Eik Lykke Nielsen, Dansk Center for Lys.

**O**LED står för Organic Light Emitting Diode och är en teknologi som direkt omvandlar elektricitet till ljus. Till skillnad från LED, som är en halvledare och mer eller mindre är att betrakta som en punktljuskälla, består en OLED av lager av organiska molekyler, vilket gör den till en ytljuskälla. Detta gör ljuset mer behagligt att se på och mer användbart till många ljusapplikationer. Där en LED är i behov av en diffusor får man med OLED ett mjukt, obländande ljus direkt. Annat som karaktäriserar OLED är att de är tunna och lätta. Dessutom kan de göras genomskinliga, eller reflekterande som en spegel eller till och med böjliga.

Den största marknaden för OLEDs är skärmar till exempelvis smart phones och TV. Men ända sedan dess tillkomst har en strävan funnits till att också använda OLEDs till allmänbelysning.

## Om teknologin

De organiska molekylerna läggs i lager mellan en katod- och anodplatta. När en elektrisk ström flyter genom lagren blir molekylerna luminescerande och avger ljus. Ljusets färg beror på typ av molekyl, och genom att till exempel kombinera tre olika lager som ger rött, grönt och blått, skapas vitt ljus (se figur 1).

De enskilda lagren i en OLED är extremt tunna ( $\mu$ m-skala), och de resulterande panelerna är oftast tunnare än en millimeter. Men det är inkapslingen som avgör hur tjocka panelerna blir. På grund av dess organiska natur måste en OLED kapslas in för att förhindra att fukt och syre från den omgivande luften bryter ner molekylerna. Inkapslingen kan bestå av plast eller glas. Plast lämpar sig för flexibla, böjliga paneler, men är inte alls lika inkapslande som glas. Detta får till följd att

OLED är en relativt ny innovation och utveckling, forskningen startade på allvar 1987. I jämförelse kan LED-teknologin spåras tillbaka ända till 1920-talet.

böjliga paneler i plast får kortare livslängd än de i glas.

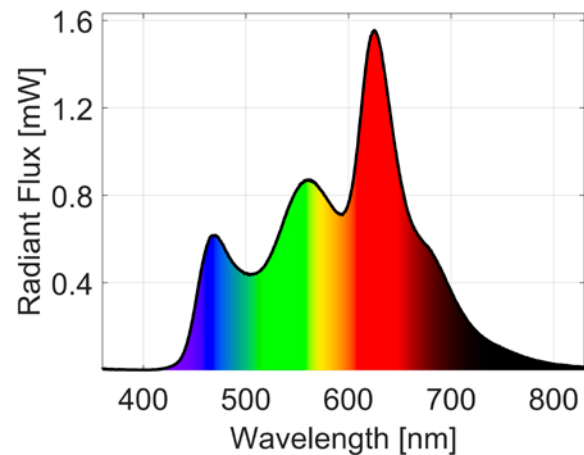
Den angivna livslängden på paneler som finns tillgängliga på marknaden ligger i spannet 10 000 – 40 000 timmar.

Medan LED-teknologin kan spåras så långt tillbaka som till 1920-talet, är OLED en relativt ny innovation. Forskning och utveckling startade på allvar 1987 och den första kommersiella produkten kom 2011. OLED-teknologin utvecklas således fortfarande.

Kostnadsreduceringen vid tillverkning och inkapsling hör till en av de stora utmaningarna. Bättre inkapsling behövs för att säkra panelens livslängd. Andra utmaningar är ljusextraktionen, som behöver bli bättre för att öka panelens ljusutbyte, samt standardisering av drivare.



Foto: Carsten Dam-Hansen



Figur 1. OLED-spektrum.

### OLED-initiativ

Då OLEDs länge befunnit sig i lite av ett moment 22, där marknaden måste växa för att utvecklingen ska gå framåt, och utvecklingen måste gå framåt för att marknaden ska kunna växa, har det kontinuerligt tagits initiativ till att boosta teknologin för att få till genombrott i utvecklingen.

Ett av dessa initiativ har varit det treåriga EU-projektet Flexolighting, koordinerat av Brunel University i London. I september 2018 meddelade de att en potentiell produktionskostnad på endast 14 USD per 1000 lm hade uppnåtts. Detta ska jämföras med den rådande kostnaden på 180 USD per 1000 lm, således en kostnadsminskning med 92 %.

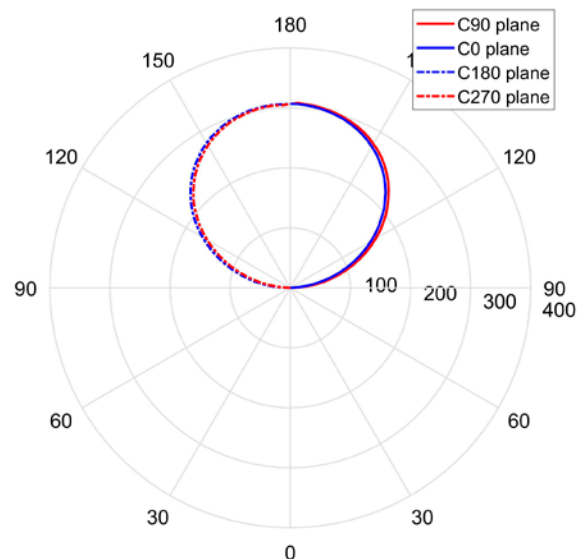
Ett annat initiativ är ett danskt projekt vid namn OLED Academy, och som letts av DTU Fotonik, avdelningen för fotonik vid Danmarks Tekniska Universitet. Detta projekt, finansierat av Dansk Energis forsknings- och utvecklingsprogram ELFORSK, utfördes i samarbete mellan Dansk Center for Lys (DCL) och en grupp danska ljusdesigners. Projektet bestod, bland annat av en design tävling, som resulterade i fem olika belysningsprodukter som skulle tillvarata OLED-teknologins unika egenskaper. Bidragen ställdes ut i Köpenhamn i december 2018 och finns ännu så länge endast som dessa utställningsexemplar.

### Mätresultat

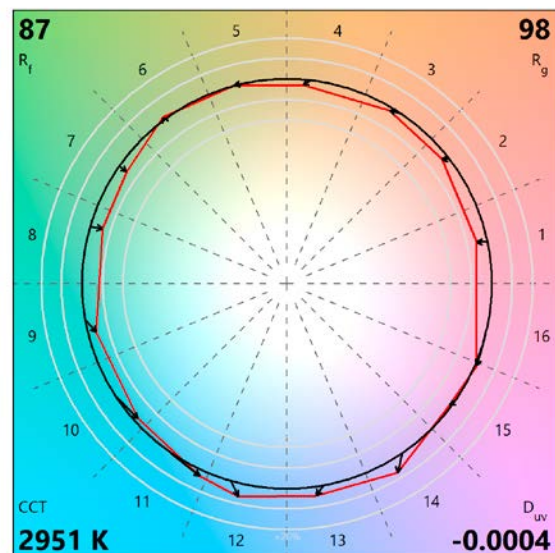
Inom OLED Academy-projektet utförde DTU Fotonik mätningar på ett antal paneler från tre olika producenter: LG Display, KANEKA och OLEDWorks. Luminansen över panelerna är jämn och fin, och finns i spannet 2500 och 8500 cd/m<sup>2</sup> mellan de olika panelerna. Högre luminansvärden tenderar att upplevas som besvärande. Ljuset från panelerna är mycket diffust, när på fullkomligt Lambertianskt (se figur 2). Generellt är ljuskvaliteten imponerande, med  $R_a$  väl över 90 och  $R_g$  som når 88. Typiska TM-30-15-värden är  $R_f$  87 /  $R_g$  98 (se figur 3). Ljustutbytet varierar. Det högsta värdet ligger på 73 lm/W.

Som avslutning på OLED Academy-projektet kommer en rapport publiceras på ELFORSKs hemsida (på engelska). Den kommer beskriva OLED-teknologin och de mätningar som utförts i projektet mer i detalj. ⚙

*Miss inte lampornas formgivna utifrån OLEDs unika egenskaper på sid. 58–60.*



Figur 2. Ljusfördelningsdiagram.



Figur 3. TM30 färgdiagram.



OLED-TEKNOLOGI

# Designtävlingen inom OLED Academy

Följande fem produkter är frukten av designtävlingen inom OLED Academy, där alla armaturer på olika sätt utnyttjar OLED-teknikens unika egenskaper.

FOTO: Foto: Peter M. Madsen



## Leaves

**Design: Hans Christian Asmussen.**

Leaves är en serie lugna minimalistiska stämningsslampor, där designen härmar naturens fördelning av blad på en stjälk. Lampans blad uppnår sin lätthet genom OLED'sen extremt tunna profil och jämna emissionsyta. Detta tar sig också uttryck i ljuset, som lyser från bladens undersida och utnyttjar OLED'ens säregna egenskaper; ett svagt, jämnt ljus med en enastående färgåtergivning. Leaves är lämplig som dekorativ upphängning i grupper eller till att lysa upp ett dunkelt hörn i vardagsrummet, caféet eller lobbyn.



### Sov-ägget

**Design: Kartin Barrie Larsen.**

Sov-ägget kombinerar möjligheten att välja ett bländfritt, närvarande läsljus med trygghetsskapande nattljus utan de problematiska blå våglängderna. Vägglampans är avsedd barnkammaren och andra situationer där man vill kunna växla mellan funktionsljus och sömnavänligt nattljus. När inte längre behov av vitt funktionsljus finns, vippas lampans böjliga del som en stor, fysisk lysknapp, till uppriktad position. Detta aktiverar det amber-färgade nattljuset, som med en svag gloria av ljus skapar trygghet och orientering i rummet.



### OLED-OLOR

**Design: Nikolay Marinov.**

Bordslampans OLED-OLOR är inspirerad av Danmarks nationalfågel svanen (latin: Olor). OLED'sen tunna profil är integrerad i en kärnläderövertäckt bordslampa, formad till en elegant svanhals. Det klassiska kärnläddret ger en exklusiv bordslampa i ett snyggt, tidlöst och slitstarkt material, som blir ännu snyggare med tiden. OLED-OLOR är utformad så att den kan ha flera olika funktioner. Den är lämplig som skrivbordslampa med kan också användas som en dekorativ väggslampa, som ger ett mjukt ljus över väggen.





## OLEDchain

**Design: Sinom Bernardino.**

Huvudidén bakom OLEDchain är tanken om ett flexibelt, svagt, hängande ljus med en igenkännande och ikonisk formgivande karaktär. Ett levande koncept med massor av variations- och utvecklingsmöjligheter. Formen som en kedja gör det möjligt att bygga ut både i längd och bredd. Lampans enkla form utnyttjar OLED'sen tunnhet och blir visuellt tilltalande genom repetition och struktur. Armaturen kan verkligen användas kreativt, i många olika längder, bredder, konstellationer och sammanhang.



## Base Light

**Design: Christian Flindt**

Fler och fler arbetar idag i aktivitetsbaserade kontor utan fast arbetsplats. Varför inte komplettera den bärbara datorn, som gör detta möjligt, även med sin egen personliga, belysning i jackfickan eller datorväskan? Väg- och bordslampan Base Light är inspirerad av ett gammaldags fickur med dess timglasform. En lätt, hopfällbar OLED-lampa att ta med på resan, och som också kan vara en del av den arbetsplatsen. Base Light är magnetisk, och kan därför lätt sättas upp där det finns behov. Namnet "Base" syftar till att ljuset är en del av din bas, var än du befinner dig.