

Udviklingen af den blå lysdiode var et videnskabeligt kunststykke, som nu har udløst en nobelpris til de tre japanske forskere bag gennembruddet.

Da lysdioden blev blå

Den første lysdiode blev opfundet i 1907 og de kommercielle lysdioder blev udviklet i 1950'erne. Derfor kan det umiddelbart synes underligt, at det først er for relativt nylig, at lyskilder baseret på lysdioder (eller LED, der står for *light emitting diode*) for alvor er slået igennem og nu hastigt breder sig overalt i vores samfund. Men der er en god grund til, at det har taget sin tid. For at bruge lysdioder til almindelig belysning, skal de lyse med hvidt lys, som jo er en blanding af alle farver. I praksis kan en hvid LED-lampe laves ved at kombinere lys fra tre forskellige dioder med forskellig farve – rød, grøn og blå. Men mens de røde og grønne lysdioder har været på banen i mange år, har udviklingen af en lysdiode, der udsendte blåt lys været en helt anderledes hård nød at knække. Det var først i slutningen af 1980'erne og 90'erne at det lykkedes for årets nobelpristagere i fysik, japanerne Isamu Akasaki, Hiroshi Amano og Shuji Nakamura.

»Udviklingen af den blå lysdiode har kort og godt været et teknologisk kunstværk«, siger Paul Michael Petersen, der er professor ved DTU Fotonik og selv forsker i diodelasere og LED-systemer. »Nobelpristagerne arbejde har revolutioneret belysningsområdet. Teknologien giver os meget store energibesparelser på belysningsområdet og de blålysdiode vil i

fremtiden give os mulighed for at nedbringe vores CO₂-udslip i atmosfæren signifikant.«

En svær nød at knække

En lysdiode består af flere lag af halvledermaterialer. En type af lag kaldes n-type lag, og de indeholder et overskud af elektroner, mens en anden type lag kaldes p-type lag har et underskud af elektroner – man siger, at de har et overskud af positive "huller". Mellem disse lag er der et aktivt lag, hvortil elektroner og huller drives, når der sættes strøm til, og når hullerne og elektronerne mødes i det aktive lag, udsendes der lys. Bølgelængden på det udsendte lys (dvs. dets farve), bestemmes entydigt af halvleder-materialets energibåndgab.

Da de tre nobelpristagere startede deres målrettede arbejde på at udvikle en blå lysdiode valgte de at arbejde med materialet galliumnitrid (GaN), som blev anset for at være egnet til at producere blåt lys. De praktiske udfordringer med at få det til at virke havde imidlertid vist sig uoverstigelige. Ingen havde således formået at gro krystaller af galliumnitrid af tilstrækkelig kvalitet, da man anså det for umuligt at frembringe en passende overflade, som krystallerne kunne gro på. Desuden havde det også vist sig næsten umuligt at fremstille p-lag i dette materiale. Af disse grunde havde andre forskere givet op, da

Sådan virker en lysdiode

En lysdiode består grundlæggende af flere lag af halvleder-materialer. Når der sættes strøm til lysdioden drives hhv. elektroner og "huller" fra n- og p-lagene til det aktive lag, hvor huller og elektroner smelter sammen og der udsendes lys. Denne sammensmeltning af huller og elektroner kaldes for rekombination, og den bevirker at der udsendes lys. Bølgelængden af det udsendte lys bestemmes udelukkende af, hvilket halvledermateriale der er tale om. Selve lysdioden – der er kernen i en LED-lyskilde – er ikke større end et sandkorn.

Nederst vises elementerne i en blå LED-lampe, hvor lysdioden i dette tilfælde består af flere forskellige lag af galliumnitrid. Ved at inkludere andre elementer som indium og aluminium i krystalstrukturen, bliver effektiviteten og levetiden af lysdioden større.

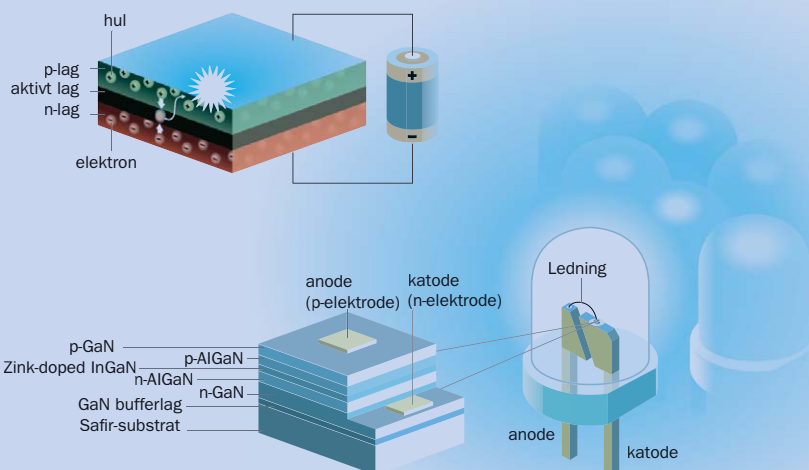


Illustration efter Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Nobelpristagerne

Isamu Akasaki, født 1929 i Japan. Professor ved Meijo University, Nagoya, og æresprofessor ved Nagoya University, Japan.



Hiroshi Amano, født 1960 i Japan. Professor ved Nagoya University, Japan.



Shuji Nakamura, amerikansk stasborger, født 1954 i Japan. Professor ved University of California, Santa Barbara, USA.

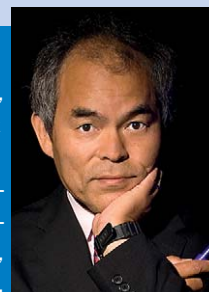


Foto: Randy Lamb, UCSB

Akasaki og Amano (som arbejdede sammen) og Nakamura kastede sig ud i udfordringen.

De første blå lysdioder

Ved dygtigt og stædigt laboratoriearbejde kunne Akasaki og Amano i 1986 som de første præsentere en højkvalitetskystal af galliumnitrid, som de havde produceret ved at placere et lag af aluminiumnitrid på et substrat af safir og gro galliumnitrid-krystallerne ovenpå dette. Få år senere lykkedes det dem dernæst at fremstille et velfungerende p-type-lag af materialet. De opdagede ved et tilfælde, at deres materiale lyste mere intenst, når de studerede det i et scanning-elektron-mikroskop – hvilket antydede, at elektronstrålen fra mikroskopet gjorde p-type-laget mere effektivt. Endelig i 1992 kunne de to forskere præsentere deres første diode, der udsendte et klart, blåt lys.

Nakamura begyndte for sin del udviklingen af en blå lysdiode i 1988. To år senere lykkedes det også ham at producere galliumnitrid-krystaller af høj kvalitet, men med en anden metode, hvor han først groede et tyndt lag af galliumnitrid ved lav temperatur og efterfølgende lag ved højere temperaturer. Nakamura kunne også forklare, hvorfor Akasaki og Amano havde succes med deres p-type-lag: Elektronstrålen fjernede de hydrogenatomer, som

forhindrede p-type-laget i at dannes. Han udviklede selv et funktionelt p-type-lag med en billigere metode, hvor materialet blev opvarmet.

LED overalt

I løbet af 1990'erne forbedrede begge forskningsgrupper deres blå lysdioder. De skabte forskellige galliumnitrid-legeringer med aluminium og indium, som øgede effektiviteten. Begge grupper udviklede også en blå laser, hvori et afgørende element er designet af overgange mellem p- og n-type-lagene i galliumnitrid. Da blåt lys har en meget kort bølgelængde kan man ved at bruge blåt lys pakke fire gange så megen information på det samme areal som med infrarødt lys. Den blå laser har derfor ført til udviklingen Blue Ray disks såvel som til bedre laserprintere.

I dag oplever vi således alle i hverdagen resultaterne af nobelpristageres gennembrud, uden at vi tænker over, at netop den blå lysdiode har været et kritisk punkt i denne udvikling.

Nye, bedre og mere effektive LED-lyskilder udvikles hele tiden. Sammenlignet med traditionelle lyskilder er lysdioder en meget fleksibel lyskilde, der kan laves i millioner af farvenuancer. Farven og intensiteten kan varieres efter behov, og det hele kan styres af computere.

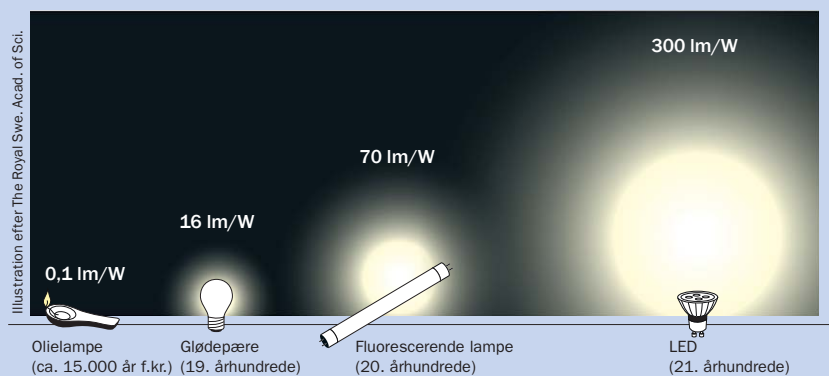


Udviklingen af blå lysdioder har banet vejen for LED-lyskilder med hvidt lys.

Foto: Wikimedia Commons

Forfatter

Af Carsten R. Kjaer
Aktuel Naturvidenskab
crk@aktuelnaturvidenskab.dk



Effektiviteten af lyskilder måles i lumen pr. watt (lm/W) – altså hvor stær en "lysstrøm" lyskilden udsender pr. Watt. LED-lyskilder udmærker sig ved at være meget effektive i forhold til traditionelle lyskilder som vist på figuren. Rekord for lysdioder er hidtil 300 lm/w sammenlignet med 16 lm/w for traditionelle elpærer. Ca. 20 % af verdens årlige energiforbrug i form af strøm går til belysning, og derfor kan der være store besparelser forbundet med at udskifte gamle lyskilder med LED. En anden fordel ved LED er, at levetiden for en lyskilde som udgangspunkt er meget længere: Almindelige glødepærer har typisk en levetid på ca. 1.000 timer, mens LED kan præstere 50-100.000 timer.

»Derfor vil LED-lyskilder i fremtiden udkonkurrere konventionelle lyskilder som lysstofrør, energisparepærer, glødepærer og halogenpærer«, mener Paul Michael Petersen.

Dansk LED-satsning

Paul Michael Petersen leder selv et stort initiativ inden for området kaldet *DOLL – a Photonics Green lab*, som er Nordeuropas største initiativ inden for LED-belysning.

Videre læsning

Artiklen er baseret på artiklen: *Blue LEDs – Filling the world with new light*, offentliggjort på nobelprisen hjemmeside: www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/popular-physicsprize2014.pdf

»DOLL hjælper danske virksomheder med at blive konkurrencedygtige inden for LED-teknologi og centret hjælper endvidere danske kommuner med at implementere ny energibesparende LED-belysning. Alene i Danmark anslås det, at kommunerne skal investere ca. 5 milliarder kr. i udskiftning af mere end 500.000 udendørs lysarmaturer i de kommende år. I langt de fleste tilfælde vil LED blive

den nye lysteknologi som kommunerne vil vælge,« fortæller Paul Michael Petersen.

Han mener, at hele belysningsområdet står overfor store udfordringer i de kommende år. Der er tale om et globalt teknologiskift, hvor politisk regulering og lovgivning af miljømæssige årsager udfaser kendte lyskilder som glødepærer og kviksløvs-lamper, samtidig med at kravene til energieffektivitet (lumen pr. watt) strammes betydeligt overalt i samfundet.

»Det globale teknologiskift åbner en række muligheder for danske lysvirksomheder og dansk forskning for at opnå en større andel af et stærkt voksende globalt marked for energieffektiv belysning,« siger Paul Michael Petersen. Og det kan man da kalde et meget håndgribeligt udbytte af det stædige arbejde, nobelpristagerne lagde for dagen for godt 20 år siden. ■