

mänsklighetens största problem

Rätten till rent dricksvatten har varit en del av FN:s deklaration om de mänskliga rättigheterna sedan juli 2010.¹⁾ Enligt uppskattningar från FN och WHO saknade trots det omkring 600 miljoner människor tillgång till rent vatten år 2015.²⁾ Centrala vattendepåer av den typ som är vanlig i industrialiserade länder är normalt besvärliga att få till stånd i fattiga länder, eftersom vatten i tredje världen ofta kommer från brunnar i byarna eller från närliggande sjöar och floder.

PATOGENA ÄMNER GÖR DOCK dessa naturliga vattenkällor farliga och vattnet därifrån olämpligt att dricka. Det uppskattas att omkring 25 procent av världens barn under fem års ålder dör i förtid av orsaker som kan härledas till miljöfaktorer, till exempel smutsigt vatten och dålig hygien. Ordentliga avlopp, reningsverk och andra åtgärder som används i den industrialiserade världen har ofta en begränsad effekt i fattiga länder där en gemensam, central VA hantering saknas. Sådana länder kan få betydande hjälp genom användningen av portabla system. Lysdioder för UV-ljus (UV-LEDs) kan spela en avgörande roll i sådana system.

ANVÄNDNINGEN AV BLÅVIOLETTA lysdioder, och i synnerhet lysdioder med stark uteffekt i UV, är inte begränsade till belysning eller liknande. UV-lysdiodes kan till exempel ersätta dyra och energikrävande UV-källor i applikationer som UV-härdning, processer som körs

Av Mikael Winters, Laser Components Nordic



Mikael Winters är sedan 2014 vd för Laser Components Nordic. Han har en bakgrund inom fysikalisk kemi och har arbetat inom fotonik sedan 2007.

FAKTA

Familjeföretag

Laser Components är ett familjeägt företag som sedan tidigt 80-tal arbetat inom optoelektronik och idag är en ledande aktör inom fotonik och framförallt laserbaserad utrustning. Sedan 2014 är Laser Components Nordic gruppens säljkontor för den nordiska marknaden och ansvarar även för distribution av UV LED från LG Innotek i Norden.

dygnet runt och därför behöver stabilitet, tillförlitlighet och energieffektivitet. Vattenrening är ett annat område där UV-lysdiodes kan komma att spela en viktig roll. Förutom reningsverk med mekaniska, biologiska och kemiska reningsprocesser används nu ofta UV-belysning vid sanering. Inom detta användningsområde kan UV-C lysdioder stå för en teknisk revolution och göra ett stort bidrag inom hjälparbetet för världens fattiga länder.

INOM BIOLOGI OCH STRÅLSKYDD klassificeras UV-källor typiskt i tre olika kategorier (Bild 2): UV-A (315–400 nm), UV-B (280–315 nm) och UV-C (100–280 nm). Det är framförallt högenergi-strålningen från UV-C-bandet som absorberas av DNA- och RNA-strängar och resulterar i aggregation av nukleotids-ekvenserna. Detta förhindrar reproduktion av celler eller dödar dem helt och hållet. I naturen absorberas dessa strålar av ozonskik-

ket i vår atmosfär, vilket skyddar allt levande mot risken att exponeras av UV-C strålning.

På grund av detta har mikroorganismer inga egna mekanismer för att överleva denna strålning och de kan därför dödas genom artificiell UV-C-strålning. Strålningsenerginivåerna måste vara ungefär 1,0–30,5 mJ/cm² för att effektivt döda mikroorganismer och rena vatten i en typisk reaktordesign. Lågtrycks kvicksilverlampor har i flera årtionden använts i laboratorier och livsmedelsindustrin för sterilisering. Dessa UV-strålkällor är visserligen mycket kraftfulla men ömtåliga och därmed svåra att använda i fält. De har en jämförelsevis kort livslängd, kräver växelström och omvandlar mycket energi till värme. Dessutom skall det giftiga kvicksilvret i lamporna tas om hand och detta kan vara komplicerat och dyrt.

PÅ GRUND AV DETTA anses UV-C lysdioder vara mycket intressanta som alternativa strålningskällor. De har lång livslängd, är robusta, och innehåller inte skadliga ämnen som riskerar att komma ut. De kan drivas med batterier eller solceller. Tack vare dessa egenskaper har de gjort mobila lösningar möjliga för första gången och tillåter att "strålterapi" utförs nära brukaren. UV-C lysdioder har därmed potential att förbättra livskvaliteten hos miljontals människor.

Att designa en vattenreningsreaktor på ett optimalt sätt kräver att en del praktiska problem blir lösta. En ensam UV-lysdiod ger ofta inte tillräckligt med optisk effekt för vattenbehandling i industriell skala. Det är därför nödvändigt att arrangera flera UV-lysdiodes i en matrisstruktur för att möta intensitetsbehovet, utan att kompromissa med behovet av en kompakt och eventuellt bärbar design.

VÄRMEHANTERING ÄR VIKTIGT, eftersom UV-lysdiodes på flera sätt är känsliga för ackumulerad värme. För det första rödskiftar lysdiodens spektrum vid förhöjda temperaturer och värme kan alltså minska effektiviteten i själva reningsprocessen. För det

¹⁾ Vgl.: www.un.org/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml

²⁾ Vgl.: UN-Water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2017 report: financing universal water, sanitation and hygiene under the sustainable development goals. Geneva: World Health Organization; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, S.iv (<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/254999/1/9789241512190-eng.pdf?ua=1>)

FAKTA

Bandgapet bestämmer våglängden

En lysdiod (LED) är en solid-state halvledare, som har en p-n-junction (även kallad aktiv region). En p-n-junction bildas när en halvledare av p-typ sätts i kontakt med en halvledare av n-typ. Koncentrationsgradienten mellan dem gör så att hålen på p-sidan och elektronerna på n-sidan diffunderar mot p-n-klyftan, vilket resulterar i en ackumulation av negativa laddningar på p-sidan och positiva laddningar på n-sidan.

Elektronerna i strömfödet kombineras med hål på p-sidan och överskottsenergin frigörs i form av ljus och värme. Skillnaden i energinivåerna mellan ledningsbandet och valensbandet, det så kallade "bandgapet", bestämmer hur mycket energi som släpps ut, det vill säga våglängden (färgen) på det ljus som emitteras.

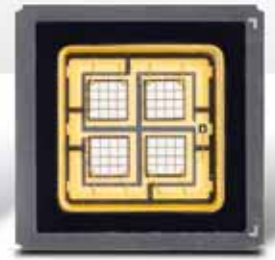
Den aktiva ytan av en UV LED ligger ovanpå ett litet halvledarchip (Bild 1). Chippet tillverkas genom att låta materialet växa skikt för skikt (normalt n-lager först och sedan p-lager) ovanpå ett safirsubstrat. Skikten deponeras genom metallorganisk ångfasepitaxi för att göra en epitaxiell wafer, vilken därefter delas upp i chips.

UV-lysdiodes är vanligtvis antingen förpackade som en transistor, ytmonterade eller med en chip-on-board-design (COB). COB förväntas bli den mest populära förpackningsmetoden på grund av sin kompakta design, effektiva värmeavledning och möjligheten att ha många chip på varje PCB. Det färdiga UV LED-paketet kan också innehålla ett flertal anslutningsmöjligheter, ett optiskt fönster/lins, kylfläns, och eventuellt även annan funktionalitet.



andra påverkar värmen lysdiodens livslängd på ett negativt sätt. Efter- som reaktorerna typiskt är en flödescelldesign, kan själva vattnet ge en viss kylningseffekt vilket kan lösa en del av problemet. Problemet kan också förebyggas redan i designfasen, genom att använda en "flipchip" design eller genom användning av ytstrukturer av chippen. Aktiv eller passiv kylning kan införas i förpackningen, för att ytterligare bidra till att leda bort överskottsvärme.

Designern kan också ta itu med proble-



Kraftfulla UV-C LED kan bland annat användas inom medicinsk fotometri, bioteknologi och sterilisering.

met genom det sätt som LED-lampan drivs. Liksom andra halvledare har UV-lysdioder ett speciellt ström-/spänningsförhållande, vilket innebär att UV-lysdioder behöver en konstant ström men inte en konstant spänning för att fungera optimalt. Utgångseffekten är vanligtvis linjärt korrelerad med fram-

strömmen. Emellertid kommer mer värme att genereras med ökande framström och chiptemperaturen kommer att öka. Ökningen i temperaturen resulterar då i en minskning av framspänning samt strålningsflödet. Det är därför viktigt att hålla sig inom LED tillverkarens specifikationer och inte driva enheten utom specifikation.

FAKTA

Började med rött

LED-tekniken är inte helt ny. De första stegen togs redan i början av 1900-talet när elektroluminescens upptäcktes, även om detta till att börja med mest var en kuriositet som bara rapporterades i vetenskapliga publikationer. I och med användandet av galliumarsenid (GaAs) kom världens första röda lysdiod i slutet av 1950-talet. Därmed fanns förutsättningar för en mer utbredd användning av lysdioder, till exempel som indikatorer i olika elektroniska apparater, inklusive hushållsapparater.

I slutet av 60-talet inleddes massproduktion, vilket öppnade dörrar för en fortsatt aktiv utveckling och i flera årtionden arbetades det intensivt med att förbättra lysdiodernas optiska effekt och vidga deras spektrum. En blåviolett LED tillverkad av galliumnitrid (GaN) rapporterades först gången 1972. Men med den teknik som var tillgänglig vid den tiden var det svårt att få bra kristalltillväxt och utsignalen från enheterna var svag. Det skulle ta ytterligare 20 år innan blåa lysdioder med hög ljusstyrka samtidigt kunde rapporteras av flera grupper.

2014 fick Isamu Akasaki, Hiroshi Amano och Shuji Nakamura Nobelpriset vilket motiverades

bland annat med deras framgångsrika uppfinnning av "a new energy efficient and environment-friendly light source – the blue light-emitting diode (LED)." Detta var omgivet av viss kontrovers, eftersom andra grupper över världen hade rapporterat om blåa lysdioder tidigare. Men år 1986 var Akasaki och Amano de första som lyckades skapa en högkvalitativ GaN-kristall genom att placera ett lager aluminiumnitrid (AlN) på ett safirsubstrat och sedan odla en högkvalitativ galliumnitrid ovanpå den.

Några år senare kunde Nakamura också framgångsrikt demonstrera sin blå LED, med ett något annorlunda tillvägagångssätt, men med samma höga effektivitet. Dessutom tillhandahöll Nakamura en teoretisk förklaring till framgången för p-typskiktet som användes av de två grupperna. Tillsammans var deras arbete ett stort steg framåt i tekniken och det banade dessutom vägen för konstruktionen av vita LED-enheter.

Detta är en av grundstenarna för den enorma utvecklingen som idag ses i belysningsindustrin, en revolution som till stor del bygger på uppfinnningen av blåviolettera lysdioder med hög ljusstyrka.

MER FORSKNING BEHÖVS också för att öka vår förståelse för hur förhållandet ser ut mellan ljusbilden från en enda UV-LED eller från en UV-LED-grupp och den UV dos som levereras till den belysta vattenvolymen. De speciella egenskaperna och möjligheten att forma lysdiodernas strålningsmönster ger konstruktören unika sätt att tänka nytt när det gäller reaktordesign.

Till sist finns det idag mycket lite information om skillnader mellan konventionella UV-lampor och UV-LED-baserade reaktorer när det gäller hur lampytor smutsas ner under drift och vilka eventuellt nya och kanske effektivare rengöringsmetoder som kan komma att användas. Även detta är något som måste beaktas vid konstruktion och drift av en UV-LED-modul för vattenbehandling både inom industriell VA teknik och för mindre portabla enheter.

SAMMANFATTNINGSVIS visar UV-C-LED-lampor stor potential som komponent i kompakta mobila vattenreningsverk. De är robusta, energieffektiva och har lång livslängd, vilket sammantaget gör dem till en idealisk komponent för att klara det globala behovet av rent vatten för alla. ■