

# Bílé LED – světlo budoucnosti

Ing. Rita Pužmanová, CSc., MBA, nezávislá síťová specialista

V rámci slibně se rozvíjejícího trhu světelných zdrojů rychle pokračuje vývoj také v oblasti použití elektroluminiscenčních diod (LED – Light Emitting Diode), a to ve dvou oblastech: v signalizaci a zobrazovacích systémech (indikátory, displeje, informační tabule a znaky, semafovy) a v osvětlování (osvětlení ve vnitřních i venkovních prostorech, osvětlení dopravních prostředků). Osvětlení diodami LED nabízí malé rozměry svítidel, nízkou spotřebu a dlouhý život – až desetitisíce hodin. Největší trh pro LED díky malým rozměrům, malé spotřebě a dlouhé životnosti představují mobilní zařízení, tedy telefony, PDA, ale také fotoaparáty. V automobilové dopravě lze použitím LED jak zvýšit bezpečnost, tak omezit související negativní dopad na životní prostředí snížením spotřeby energie na osvětlení. A dokonce se uvažuje o LED pro lokální bezdrátové optické sítě.

Barevné LED se dnes používají v mnoha dobře známých pomocnicích, jako jsou digitální hodiny, dálkové ovladače, ale také semafovy. V poslední době se dostávají na trh bílé LED, které dokonce mají šanci nahradit žárovky a zářivky a stát se světlem budoucnosti (obr. 1).

Na rozdíl od většiny běžných světelných zdrojů vyzařují LED s integrovanými systémy čoček světlo pod menším úhlem (10° až 150°). To umožňuje lepší využití jejich světelného toku pro osvětlení daného objektu. Na trh nyní přicházejí bílé LED se světelným tokem překračujícím hranici 1 000 lm (viz např. <http://compoundsemiconductor.net/articles/news/11/2/13>).

## Klesající cena a nové způsoby použití

Objem trhu s osvětlením se má dostat ze současných 250 milionů dolarů na jednu miliardu v roce 2010. Přitom celý svět má zájem na efektivnějším osvětlení, s ohledem jak na spotřebu energie, tak na emise škodlivých látek do ovzduší. Německo v současné době předložilo Evropské komisi radikální návrh na zákaz klasických žárovek, jejichž světelná účinnost se pohybuje do 5 %, přičemž zbytek je většinou nevyužitá tepelná energie. Důvodem návrhu je zájem na snižování znečištění životního prostředí, protože výkonnější náhrady (např. zářivky) v domácnostech a službách by pomohly snížit emise oxidu uhličitého v EU

o 25 tun ročně. Evropská unie by ostatně nebyla prvním regionem, který se touto otázkou zabývá podrobněji: Austrálie právě oznámila svůj záměr zcela nahradit klasické žárovky účinnějšími světelnými zdroji už do roku 2010.

Dosud jsou ovšem LED považovány za relativně drahé řešení osvětlení ve srovnání s jinými světelnými zdroji, a to pro vysoké pořizovací náklady a požadavky na instalaci. Se současným vývojem se ale situace postupně mění: u některých způsobů použití LED lze dosáhnout návratnosti do jednoho roku. LED proto v nejbližší době nebude představovat prostou

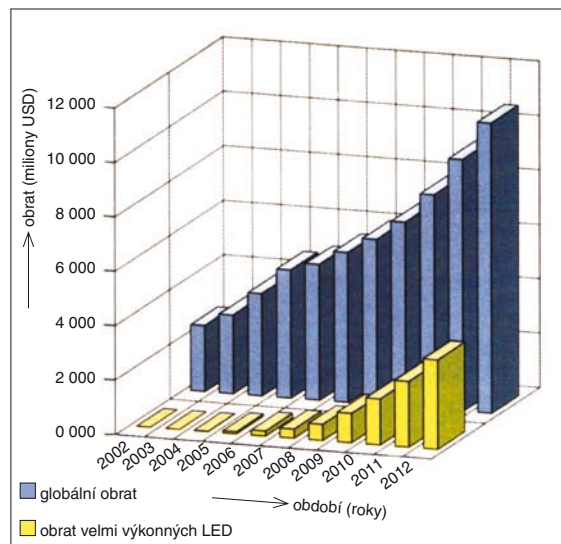
LED již dnes ovšem plně vyhovují požadavkům v jiných sektorech: pro semafovy nebo zadní světla automobilů. Další oblastí použití LED jsou televizory. Dosud běžně používaným vakuovým obrazovkám totiž trvá několik minut, než dosáhnou nejvyššího jasu, a mají také omezený život (pět až šest tisíc hodin). LED představují zajímavou alternativu, protože nabízejí menší vyzařování elektromagnetického záření i tepla, vyšší spolehlivost a nižší náklady, život přitom až desetinásobný (20 až 50 tisíc hodin).

V průmyslové výrobě je rovněž široká oblast možností pro uplatnění LED, od měřicích přístrojů (senzory vzdálenosti) až po rychlý přenos dat. Nová řešení zde vznikají jak na běžícím pásu. Při jejich návrhu je třeba zohlednit jejich účel, ale zejména splnit požadavek na stabilní fungování a ochranu proti potenciálnímu vnějšímu rušení z jiných aplikací (např. infračervených a jiných bezdrátových signálů).

Vzhledem k velké neohodnosti a počtu usmrčených osob na silnicích se Evropská komise snaží přijímat nejúčinnější opatření na zlepšení situace v bezpečnosti silniční dopravy. V prosinci loňského roku se Evropský parlament a členské země dohodly, že je nutné harmonizovat vydávání řídičských průka-

zů. Zvažuje se také celoevropské zavedení povinnosti celodenního svícení (u nás již ze zákona povinné), což by mělo podle odhadů samo o sobě přispět ke snížení počtu smrtelných zranění při nehodách o 3 až 5 % (ubýlo by 1 200 až 2 000 mrtvých v rámci EU ročně).

Mezi další opatření patří požadavek na podporu pohotovostního volání na číslo (E)112, *eCall* (ovšem s povinností odsunutou až na rok 2010); to by mělo po plném zavedení v rámci EU-25 zachránit na 2 500 potenciálně smrtelně zraněných osob při dopravních nehodách. Zavádějí se i další prvky pasivní i aktivní bezpečnosti v automobilech. Evropská komise zařadila úzce související iniciativu *Intelligent Car Initiative* do své informační strategie s označením *i2010*. Kromě komunikačních vymožeností v této oblasti pro zvýšení bezpečnos-



Obr. 1. Předpokládaný růst trhu s LED podle analytiků iSupply

náhradu dosavadních světelných zdrojů, ale spíše zcela nový přístup k řešení osvětlení. Zatím ale pro osvětlení prostor nedosahuje potřebné zralosti pro trh, kdy by se náklady na osvětlení s diodami LED a jeho účinnost pro dané použití musely přiblížit situaci u nynějších osvětlovacích řešení. Někteří experti ovšem očekávají, že do šesti let budou bílé LED schopny vydávat více světla, než dokáže 60W žárovka, a přitom spotřebují jen několik wattů energie.

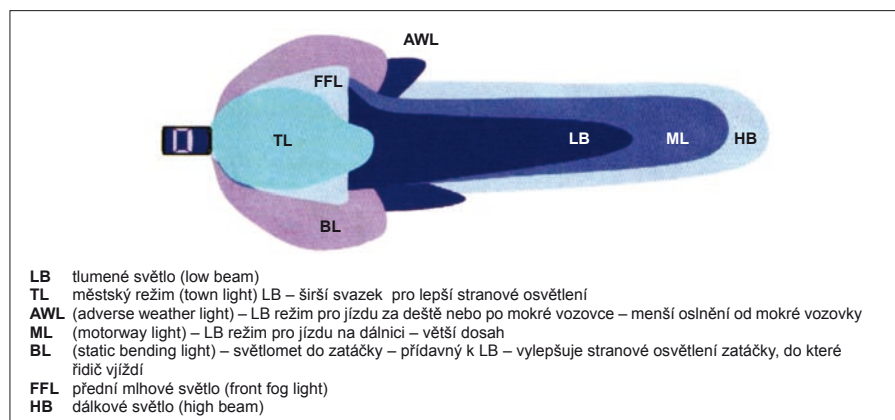
Jakkoliv se osvětlení LED může zdát drahé a dosud nevýhodné pro přechod od klasického řešení, ve světě existují dvě miliardy lidí, které dosud žádné umělé světlo nemají. Pro ně diody, mnohdy napájené sluneční energií, představují jediné možné řešení pro realizaci umělého osvětlení.

ti osob využijí výrobci automobilů také novinky z oboru optiky.

## Jak na kvalitnější noční osvětlení automobilů

V Evropě se 47 % závažných nehod stane v noci, přestože v této době se skutečně pouze čtvrtina cest autem. Pro pěší je pravděpodobnost smrtelného zranění v noci dokonce čtyřikrát vyšší. Proto se pro zlepšení bezpečnosti nočního provozu mimo jiné zkoumají možnosti vyvinutí lepších automobilových světel s využitím optických vymožeností dneška. Cílem je řídiči nabídnout maximální osvětlení dopravní

čované jako koutové osvětlení (corner), které napomáhá při nižších rychlostech osvětlit boční strany křižovatek nebo ostré zákruty na silnici. Aktivace následuje po oznámení o změně směru jízdy nebo prostě otočením volantu. Dalším prvkem je aktivní světlomet pro jízdu v zatáčkách, který se používá již několik let v některých vozidlech vyšší třídy. Složitější algoritmus tohoto aktivního prvku pro správné směřování xenonového světlometu projektorového typu využívá výpočet poloměru zatáček a rychlosti. Posledním prvkem je variabilní adaptivní čelní osvětlení (AFS – adaptive front lighting systém).



Obr. 2. Druhy rozložení světla hlavních světlometů automobilů

situace bez oslnění ostatních účastníků silničního provozu. Protože se podmínky na silnicích často mění v důsledku změn počasí, musí být automobilová optika schopna přizpůsobit se různým dopravním i povětrnostním podmínkám. Na trh se v současné době dostávají první systémy s adaptivním osvětlením. S těmito inteligentními systémy se daří přesně osvětlit zatáčky a také distribuovat světla se přizpůsobuje typu silnice: jiná je ve městě, na venkově, na dálnici, ale také v závislosti na vzdálenosti vozidla jedoucího vpředu (obr. 2).

Mezi hlavní funkční prvky patří světlomety pro odbočování, jinak také ozna-

## LED do automobilových světel

Významným posunem v kvalitě osvětlení v automobilech je nástup LED, který znamená kompletní změnu v přístupu k těmto systémům. Diody LED spotřebovávají pouhou třetinu energie na poskytování stejné úrovně světla jako tradiční světelné zdroje, a právě úspora energie je jejich hlavní devizou (tab. 1). Údaje tab. 1 byly použity při hodnocení amerického ministerstva energetiky už v roce 2003. Z rozboru vyplynula potenciální úspora v osobní dopravě až ve výši 1,4 miliardy galonů (1 galon = 4,544 l) paliva ročně za

předpokladu, že by všechny automobily v USA byly kompletně vybaveny osvětlením LED. Při pohledu na nákladní dopravu by šlo ještě o dvojnásobnou úsporu (studie přitom ani nebrala v úvahu pozitivní vývoj ve výrobě LED). A to vše ještě s vedlejším efektem lepšího a bezpečnějšího provozu na silnicích.

Většina luxusních automobilů LED již používá pro některé funkce zadních světel, ale neustálé snižování nákladů a dostupnost verzí s vyšším výkonem znamenají hlavní úsporu energie v automobilu při jejich použití ve všech typech venkovních světel. Jinými slovy, takto lze dosáhnout nižší spotřeby paliva, a tím také omezení znečištění ovzduší.

Diody LED se v některých automobilových světlometech používají již deset let, ale teprve v současné době vývoj LED umožňuje jejich začlenění do čelních světel. Přední světové automobilky se chystají zařadit extrémně výkonné bílé LED do předních světel prvních luxusnějších verzí automobilů již v letech 2007 až 2008. Implementace LED ve výrobcích japonských a evropských automobilek se pohybuje okolo 40 % světelných zdrojů, ovšem vzhledem k různorodosti automobilových světel bude dosažení řešení výhradně s LED ještě chvíli trvat. Dopad se projeví teprve tehdy, kdy se světla LED budou montovat do vozidel střední třídy; to vyžaduje snížení nákladů na jejich výrobu mj. vhodnou volbou materiálů světlometů.

Elektronické řízení předních světel přitom umožňuje různé funkce, jako např. vyšší či nižší paprsek, celodenní osvětlení a adaptivní přední osvětlení. Diody LED se snadněji elektronicky vypínají a zapínají než tradiční světla, takže pouze světelné zdroje pro danou funkci musí být zapnuty nebo regulovány.

Vývoj světel s LED pro automobily ale zdaleka neskončil. Očekává se zlepšení měrného výkonu (lm/W) a také snižování nákladů na lumen. Zatímco halogenové žárovky pro přední světla automobilů nabízejí maximálně 21 lm/W, LED by v budoucnu měly dosáhnout více než 100 lm/W. Díky stále rychlejšímu vývoji a počínající implementaci výhodnějšího řešení osvětlení na bázi LED lze předpokládat, že tradiční žárovky v nových autech do deseti let úplně zmizí.

Skutečně moderní modul osvětlení LED pro optimální viditelnost v noci distribuuje světlo předních světlometů tak, že se adaptuje na topografii silnice a také na dopravní situaci (např. zvýšením nebo snížením úhlu světelného paprsku). Pro tyto účely se rovněž vyvíjejí kamerové systémy pro sledování okolí se zpracováním optických údajů. Světlometry LED přitom musí být stále pouze tak silné, aby neoslňovaly protijedoucí auta či chodce.

Tab. 1. Porovnání spotřeby energie světelného zařízení automobilů

Automobilová světla podle funkce	Roční doba využití (h/rok)	Příkon tradičního osvětlení (W)	Roční spotřeba tradičního osvětlení (W)	Příkon osvětlení s LED (W)	Roční spotřeba osvětlení s LED (W)
přední potkávací	200	86 až 110	21 600	90 až 130	22 000
přední dálková	30	130 až 240	3 900	90 až 130	3 300
brzdová	200	51,20	10 240	6,0	1 200
koncová	220	15,10	3 322	0,5	110
parkovací	220	14,20	3 115	2,0	440
směrovky	220	6,92	3 045	1,2	264
centrální brzdové	200	25,10	5 016	2,2	440
couvací	25	35,80	895	6,0	150
osvětlení SPZ	220	9,48	2 086	2,5	550
denní (20 %)	280	51,20	2 867	3,5	392
<b>celkem</b>			<b>59 926</b>		<b>29 596</b>

Podle Visteon Corp. 2006 a Photonics Spectra 12/2006

Příspěvek k vyšší bezpečnosti automobilového provozu se světly LED lze snadno vypořádat nejen v komfortnějším osvětlení okolí i vlastního automobilu, ale také v rychlém „nastartování“: LED stačí pouhé 3 ms pro dosažení maximálního výkonu, ve srovnání se současným stavem vyžadujícím 200 ms, což je výhodné zejména u brzdových světel, kdy toto zkrácení může znamenat 5 m brzdné dráhy navíc při rychlosti 40 km/h.

### LED pro domácí optickou síť

Zcela odlišné potenciální využití představuje LED pro rychlý přenos dat. Před časem totiž japonská výzkumníci přišli s nápadem využít bílé diody nejen pro osvětlení, ale i pro bezdrátovou optickou domácí síť. V ní by LED nahradily tradiční lasery pro generování bezdrátového optického signálu, protože ty nejsou hlavně z cenových důvodů pro domácí komunikaci přijatelné.

Bílé LED by měly být zapojeny do domácího elektrického systému, k němuž je zaveden přístup na internet po elektrickém rozvodu BPL (*Broadband Power-Line*). Tak je širokopásmová komunikace z internetu (data, hlas, video a jejich kombinace) světlem „rozvedena“ po celé místnosti k bezdrátovým přijímačům. Na rozdíl od bezdrátové komunikace rádiovými signály světelný signál neproniká zdmi, a zůstává tak omezen na danou místnost. Z toho plyne vyšší bezpečnost domácí sítě a přitom nehrozí zdravotní rizika při vystavení se světlu z LED.

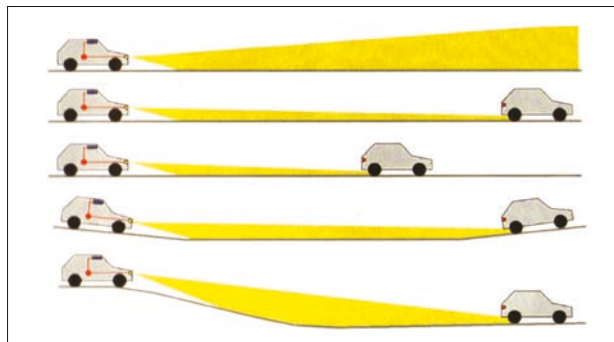
Systém optické bezdrátové komunikace pro vnitřní prostory v kombinaci s BPL byl vyvinut v *Center for Information and Communications Technology Research* Pennsylvánské univerzity. Bílé diody jsou rozmístěny tak, aby osvětlovaly místnost co možná nejrovnoměrněji. Díky přenosu datového signálu po elektrickém rozvodu je tento signál dovedený do elektrické zásuvky v místnosti rozptýlen do prostoru spolu se světlem prostřednictvím LED zapojené do zásuvky.

Při optické bezdrátové komunikaci může být ale vlivem rozdílů v optické cestě zkreslen signál, zejména při vyšších rychlostech přenosu. Při simulaci však tyto vlivy neomezily rychlost přenosu pod 1 Gbit/s. Vše závisí na dobrém návrhu systému, protože zkreslení souvisí s rozměry místnosti a samotnou konfigurací systému.

Bílé LED pro tento způsob použití zatím nejsou komerčně k dispozici, ale do konce tohoto desetiletí tomu zřejmě bude jinak, protože mají být i cenově dostupné. Tyto pozitivní předpoklady jsou podloženy skutečností, že LED jsou energeticky úsporné. A pokud mohou kromě světla poskytnout uživatelům další pří-

nos pro kvalitu života – data, jistě o ně bude značný zájem.

Nicméně zmíněná vize současně předpokládá značný posun v poskytování širokopásmového přístupu po elektrické síti, na čemž je uvedena technika primárně závislá. Zřejmě by však bylo možné zkombinovat jiný typ rychlé přípojky se stále populárnější sítí po elektrickém rozvodu jen v rámci domácnosti a následně distribuovat data v jednotlivých místnostech k potřebným zařízením vybave-



Obr. 3. Inteligentní světelný svazek detekuje okolní podmínky – provoz a reliéf vozovky – a v závislosti na těchto vstupech nastává optimální osvětlení vozovky a jejího okolí

ným příslušným bezdrátovým optickým přijímačem.

### Bezpečnost LED pro lidské oko

Vzhledem k rozšíření LED jako indikátorů na elektronických zařízeních nebo při použití LED s nízkým výkonem jako svítidel nebo zadního světla na jízdních kolech by se mohlo zdát, že jsou jako zdroj světla nevinné a nepředstavují žádné ohrožení pro zrak. Ovšem není tomu tak u LED s vyšším výkonem, které se používají právě ve světlech automobilů nebo v uličním osvětlení. Tam při jejich nevhodném použití snadno může utrpět sítnice oka.

Moderní LED sice ve srovnání s běžnými žárovkami produkují menší světelný tok, ale jsou nebezpečné jinak. Problémem je úzký paprsek světla, který generují, a do určité míry také jiné spektrum vyzařovaného světla. Úzký osvětlený prostor pro oko znamená, že se světlo při zaostření na LED koncentrovane zaměřuje na sítnici, a to může způsobit místní poškození fototermálního nebo fotochemického typu. V prvním případě jde o poškození přehřátím (zvýšením teploty o 10 °C), vyvolaným světlem na červené straně spektra. Fotochemické poškození (molekulární změny vyvolané fotony) způsobuje světlo na modré straně spektra. Při absorpci modrých fotonů dochází k rušení procesu vidění, což může vést až ke zničení buněk receptorů světla.

Stále tedy existuje určité riziko pro zrak, takže se doporučuje nedívat se přímo do bílé diody po dobu ani desítek sekund. Některé z bílých LED navíc ve skutečnosti jsou modré diody s přidáním

luminoforem pro přeměnu části modrého světla na světlo delších vlnových délek. Co se týče těchto modrých diod, je nebezpečí pro oko mnohem větší, protože vysílají světlo ve spektru ohrožujícím sítnici (300 až 480 nm). Například špičkový vyzařovaný výkon modré diody o velikosti 3 mm<sup>2</sup> může být až 750 mW (při vlnové délce 450 nm). Pro srovnání: příkon LED činí několik wattů. Diody LED ve výrobcích, které se dostávají na trh, ovšem nebudou představovat takové

riziko, jaké číhá na pracovníky v laboratořích při jejich testování a vývoji. LED totiž mohou vyzařovat ještě vyšší výkon před svým zničením, než dokládá jejich nominální hodnota.

Problémem je neexistence aktuálních (bezpečnostních) norem právě pro LED. Současná norma pro laser IEC 60825-1:2001 totiž považuje LED za zaměnitelný pojem. V technickém pojetí ale LED nelze považovat za totéž co laser, protože zejména bílé diody pokrývají mnohem širší spektrum, od malých vlnových délek, potenciálně vedoucích k možnosti především fotochemického poškození, až po dlouhé vlnové délky s rizikem tepelného poškození oka.

Nové normy zřejmě oddělí LED pro vláknovou optiku, bezdrátovou optiku a použití v lékařství, pro něž je vhodná nynější norma IEC, od nových LED pro osvětlení či signalizaci. Měla by se zavést pečlivá kategorizace a výrobci by měli při označení svých produktů z hlediska potenciálních nebezpečí vycházet z jednotlivých metodiky (např. intenzita ozáření zdrojem – teplo absorbované jednotkou plochy sítnice oka ve W/m<sup>2</sup>). Dokud nebudou příslušné normy v platnosti, měli by výrobci na svých produktech jasně informovat zákazníky o nebezpečných dopadech LED (většinou také nikoliv jedné, ale sady diod v jednom výrobku).

### Zdroje:

eSafety <http://www.esafetysupport.org/>  
Photonics Spectra, 11/2006 a 12/2006  
LEDs Magazine [www.ledsmagazine.com](http://www.ledsmagazine.com)  
Light Up The World Foundation <http://www.lutw.org/>