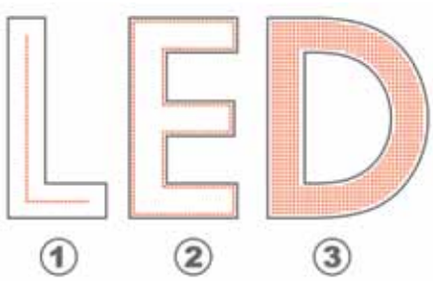
Neony kontra LED-y, cz. II

TEKST **ŁUKASZ FRANKOWSKI***

Od kilku lat przeżywamy okres ekspansji systemów LED-owych, które wypierają tradycyjne reklamy neonowe. Pozostaje jednak pytanie czy na pewno miejscem neonów – zamiast miejskich ulic – są tylko i wyłącznie muzea PRL-u? Na łamach ostatniego numeru magazynu VISUAL COMMUNICATION starałem się porównać systemy LED-owe i neony, skupiając szczególną uwagę na jasności, promieniu emisji, barwie, zużyciu energii, a także na walorach ekologicznych. Poniżej przedstawiam drugą część analizy.

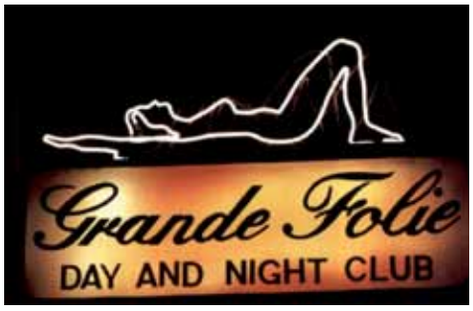
Czy jakość uzyskiwanego widma światła jest jedynym parametrem, o którym należy pamiętać w przypadku wyboru optymalnego rozwiązania technicznego? Jeżeli by tak było, wszędzie gdzie potrzebna jest linia świetlna, używali byśmy szeroko dostępnych i tanich świetlówek. A przecież wykorzystuje się je stosunkowo rzadko. Dlaczego tak jest?
Rurki neonowe zbudowane są z rurek szklanych o średnicach od 6 do 25 mm i w odcinkach do 300 cm. Każdy odcinek tzw. system neonowy jest obustronnie zakończony elektrodami, służącymi do podłączenia elektrycznego. Prawie nieograniczone kształty, uzyskuje się wyginając rurki w płomieniu palnika gazowego. W ten sposób powstają litery, znaki czy loga reklamowe. Najmniejsze napisy, które można odwzorować za pomocą neonu (ze względu na minimalną średnicę
6 mm) mają wysokość ok. 3 cm. Górnej granicy wysokości wyginanych liter nie ma, ponieważ rurki mimo ograniczenia do średnicy 25 mm można duplikować montując je blisko siebie, tworząc tzw. rastry neonowe. Rurki neonowe dzięki ciągłości linii świetlnej oraz przestrzenności płaszczyzn wyginania (tzw. odsadki pozwalające zachować ciągłość podczas pokrywania się linii) często występują nie tylko jako nośnik światła, ale i nośnik informacji (literowej lub graficznej).
Diody LED zbudowane są z pojedynczych punktów świetlnych o średnicy od 1 do
ok. 10 mm. Dla zwiększenia wielkości punktów świetlnych, używane są soczewki lub montaż grupowy. Producenci dla ułatwienia montażu finalnego umieszczają diody
w obudowach z tworzywa sztucznego, wyposażonych w samoprzylepne taśmy.
W obudowach tych mieści się zazwyczaj prosty układ elektroniczny pozwalający zasilać diody napięciem innym niż znamionowe (zazwyczaj 12V), układ stabilizujący oraz przewody zasilające. Połączenia elektroniczne zmieniających napięcie LED w obudowach (płytkach, taśmach, itp.) ograniczają możliwość swobodnego oddzielania modułów do przewidzianych przez producenta odcinków (zwykle wynoszących od kilku do kilkudziesięciu centymetrów). Ze względu na punktowość świetlną oraz typowo techniczny wygląd obudów, LED-y te zazwyczaj ukrywane są ekranem rozpraszającym (np.: plexi).
Analizując powyższe dane techniczne łatwo zauważyć dwie podstawowe różnice pomiędzy neonami, a diodami LED determinujących w dużym stopniu możliwości ich praktycznego wykorzystania. Neony dzięki ciągłości linii świetlnej oraz atrakcyjnemu wyglądowi (różne płaszczyzny wygięcia rurki) sprawdzają się w zastosowaniach, gdzie stanowią jedyny nośnik informacji (zarówno świetlnej jak i tekstowo/graficznej). Diody LED natomiast ze względu na ograniczenia tj. punktowość świetlną oraz możliwość rozłączania modułów tylko w określonych przez producentów miejscach, zdecydowanie lepiej sprawdzają się w zastosowaniach gdzie nie są bezpośrednio widoczne (np.: litery przestrzenne). Nie bez znaczenia jest również wielkość LED, która w tym przypadku daje im przewagę umożliwiając montaż w ograniczonych przestrzeniach. Ponieważ jedno i drugie rozwiązanie sprawdza się w różnych zastosowaniach, w tej kategorii najbardziej sprawiedliwy będzie remis.

Sposoby odwzorowania liter za pomocą rur neonowych
(1 – po obrysie, 2- przez środek, 3- mieszane, 4 – raster neonowy). (oprac. własne).



Sposoby odwzorowania liter za pomocą diod LED (1 – przez środek, 2- po obrysie, 4 – raster LED). (oprac. własne).

MIGANIE I ŚCIEMNIANIE W dzisiejszych czasach nie wystarczy już tylko, że coś dobrze się prezentuje. Wszystko musi być ekstra i super, musi być nowoczesne. To stwierdzenie odnosi się również do oświetlenia, które aby było „cool" musi błyskać, ściemniać się i rozjaśniać, a jeszcze najlepiej, aby zmieniało kolor. Jak przy tak wyśrubowanych założeniach sprawdzają się neony i diody?
Rurki neonowe, mimo że mają już prawie 100 lat potrafią sprostać wymaganiom stawianym nowoczesnym systemom oświetleniowym. Bez większych problemów technicznych i kosztowych



Efekt świetlny reklamy neonowej (RBG + sekwencja) – źródło Dusty Sprengnagel „Neon Word" , ST Publications Cincinnati, Ohio 1999

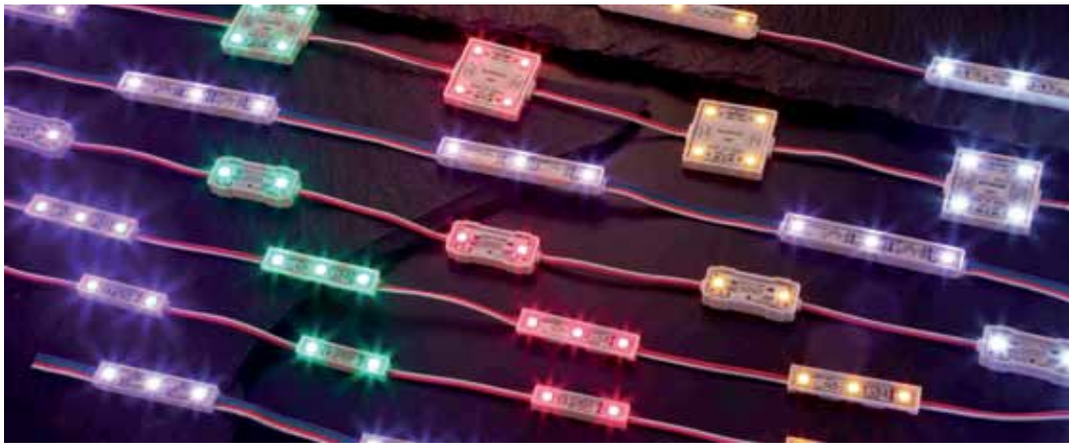
można wywoływać efekt migania (w regulowanym zakresie). Podobnie wygląda sprawa sekwencyjnego włączania wybranych elementów danego systemu oświetleniowego, chociaż zwiększa to w znaczący sposób cenę danej instalacji (sterowanie odbywa się bowiem na poziomie prądu pierwotnego, co powoduje konieczność użycia wielu transformatorów). Neony dają również możliwość uzyskiwania efektu płynnej zmiany barwy w systemie RGB (podobnie jak w przypadku telewizorów, gdzie barwę wynikową uzyskuje się poprzez mieszanie natężenia trzech barw składowych: czerwonego, zielonego i niebieskiego). Jednakże RGB wymaga w przypadku neonów stosowania ekranów rozpraszających (np.: plexi), bowiem grubość najcieńszych nawet rurek jest zbyt duża, aby wywołać efekt płynnego mieszania kolorów (zwłaszcza z małych odległości).

Efekt świetlny reklamy neonowej
(RBG + sekwencja) – źródło Dusty Sprengnagel
„Neon Word" , ST Publications Cincinnati, Ohio 1999.

Diody LED również dają możliwość uzyskania wszystkich efektów: migania (nawet z bardzo dużą częstotliwością – efekt stroboskopowy), ściemniania i rozjaśniania oraz efektu zmieniania barwy w zakresie RGB. Nieduża wielkość LED-ów, która zwykle jest ich wadą, w tym przypadku daje możliwość wykonywania tych instalacji bez ekranów rozpraszających (przykładem są telebimy reklamowe coraz częściej spotykane na ulicach miast). Koszt sterowników różnych efektów w przypadku LED-ów nie podnosi znacząco ceny wykonania danej instalacji.
Możliwości uzyskania różnych efektów świetlnych, tak ważnych dla współczesnych systemów oświetleniowych jest jednakowa zarówno dla neonów jak i diod LED. Jedyną różnicą są koszty, które w przypadku diod LED w mniejszym stopniu zwiększają koszt wykonania danej aplikacji. W tej kategorii wychodzi więc remis z lekkim wskazaniem na system diod LED.

CO Z CZYM I DO CZEGO Technologia, technologią. Może być nawet na poziomie promów kosmicznych, ale co z tego, jeżeli aby ją wykorzystać trzeba posiadać narzędzia, pieniądze oraz zespół inżynierów rodem z NASA? Przyjrzyjmy się zatem teraz produkcji, montażowi oraz późniejszemu serwisowi neonów i diod LED.
Neony zostały wynalezione już prawie 100 lat temu (1915 rok – patent G. Claude). Czy ówcześni inżynierowie mogli wymyślić i wykonać coś naprawdę skomplikowanego? I nie, i tak. Nie, ponieważ nie posiadali do tego celu komputerów oraz całej wiedzy technicznej, która rozwinęła się dopiero pod koniec XX wieku, ale jeżeli opatentowali „coś" co przez niemal jeden wiek nie miało następcy, to chyba coś musi być na rzeczy. Neon to właściwie nic specjalnego: trochę szkła uformowanego w rurkę, z nadanym finalnym kształtem, dwie elektrody dające możliwość podłączenia napięcia, oraz mikroskopijna dawka gazu szlachetnego (najczęściej neonu lub argonu). I mamy gotowy produkt. Ale jak to zwykle, diabeł tkwi w szczegółach…
Żeby powstał dobrze wykonany neon, należy najpierw prawidłowo go zaprojektować. Dobrać odpowiednie średnice rurek i co za tym idzie, odpowiednie zasilanie oraz przygotować rysunki produkcyjne poszczególnych elementów neonu (tzw. systemów) w skali 1:1. Obecnie większość tej pracy wykonuje się z pomocą komputera oraz plotera, które bardzo ułatwiają tą pracę, ale jak wiadomo są to narzędzia będące w powszechnym użyciu dopiero od 20 lat. Jeszcze nie tak dawno temu, całą pracę projektową wykonywało się ręcznie – za pomocą deski kreślarskiej, a później powiększalników i rzutników optycznych, które dawały możliwość wykonania powiększeń w skali 1:1 nawet ogromnych neonów. Po wykonaniu rysunków zaczyna się proces właściwej produkcji. Pracownik zwany szklarzem lub formowaczem szkła, mając do dyspozycji jedynie palnik gazowy, podgrzewa szkło (staje się ono wtedy na kilka chwil plastyczne) i próbuje uzyskać zaprojektowany wcześniej kształt. Każdy, kto choć raz widział jak to się robi, porównuje to z rękodziełem artystycznym. A ile to wymaga zdolności manualnych, wiedzy technicznej na temat zachowania masy szklanej oraz godzin ciężkiej nauki z poparzonymi rękami, niech potwierdzi fakt, że w ciągu 100 lat istnienia tej technologii nie było w Polsce 100 ludzi którzy naprawdę znali się na rzeczy. Po nadaniu rurce odpowiedniego kształtu oraz zamknięciu jej obustronnie elektrodami (rurkami z kawałkami metalu, przez który płynie prąd) trafia ona na stanowisko pompowe. Tam za pomocą prądu o dużym napięciu i natężeniu, wnętrze rurki zostaje pozbawione wszelakich zanieczyszczeń (na poziomie cząsteczkowym) oraz wysysane jest powietrze (powstaje wysoka próżnia). Po wystygnięciu (proces oczyszczania nagrzewa rurkę nawet do 200 stopni) do rurki wpuszcza się niewielką ilość gazu szlachetnego (neonu lub argonu – w zależności od finalnej barwy światła). Po odłączeniu od stanowiska pompowego rurka przez okres około 100 godzi świeci na stanowisku wyżarzania. Uzyskuje tam finalną jaskrawość świecenia oraz przechodzi proces kontroli technicznej. Jeżeli wszystko przebiegnie pomyślnie (rurka świeci jasnym światłem na całej swojej długości oraz nie nastąpiło rozprężenie szkła, które w wyniku obróbki cieplnej i nierównomiernego stygnięcia zewnętrznej i wewnętrznej ścianki rurki powoduje czasem jej samoczynne pęknięcie) można przystąpić do finalnego montażu. Rurki neonowe mocuje się do podkładów (plansz, liter czy ścian) za pomocą specjalnych uchwytów, a następnie wykonuje się połączenia elektryczne. Do wytworzenia efektu świetlnego w rurze neonowej potrzebne jest wysokie napięcia (do zasilania używa się specjalnych transformatorów lub zasilaczy elektronicznych – napięcie od 1000 do 10000 V i prąd od 18 do 50 mA). Rurki łączy się szeregowo, skręcając przewody połączeniowe (ze względu na wysokie napięcie i tym samym duży łuk elektryczny, nie wymagane są do poprawnego połączenia lutowania, ani żadne złączki), a na końce elektrod zakłada się zabezpieczające kapturki wykonane z silikonu. Montaż rurek neonowych ze względu na wielkość poszczególnych elementów (systemy do 3 mb) oraz łatwość połączeń elektrycznych nie jest

bardzo pracochłonny, ani nie wymaga specjalnej wiedzy oraz narzędzi. Jednakże ze względu na możliwość uszkodzenia szklanych rurek, należy wykonywać go ostrożnie.
W przypadku awarii neonu najpierw należy ustalić źródło awarii. Ponieważ rurki neonowe łączone są szeregowo w przypadku uszkodzenia jednej z nich cały szereg przestaje świecić (w zależności od wielkości całego neonu jest jedna litera, część napisu lub cały neon). Do znalezienia usterki jednego z systemów neonowych używa się specjalnych próbników lub każdą z rurek podłącza się do transformatora. Po zlokalizowaniu wadliwej rurki odłącza się ją z szeregu (dzięki czemu reszta neonu nadal świeci) i produkuje się nowy system neonowy (dzięki numeracji poszczególnych systemów oraz dokumentacji technicznej nowy element ma identyczny kształt, średnicę oraz kolor). Po kilku dniach (wyżej opisany proces produkcyjny) można zamontować nową rurkę. Z powyższego opisu widać, że do wykonania naprawy neonu gdzie uszkodzenie wymaga wymiany rurek neonowych potrzebne są zawsze dwa wyjazdy serwisowe. W przypadku uszkodzonego transformatora wymiana wykonywana jest zazwyczaj na miejscu.
Produkcja montaż diod LED przebiega w zupełnie odmienny sposób. Pierwszy etap, czyli wytwarzanie odbywa się w wielkich fabrykach zlokalizowanych zwykle w jakimś azjatyckim kraju gdzie koszty produkcji są najmniejsze. Sam proces produkcyjny objęty jest tajemnicą i przebiega w całkowicie zautomatyzowany sposób na wielkich liniach produkcyjnych. Do montażystów trafiają gotowe, zunifikowane elementy. W postaci pojedynczych diod LED (w kilku kolorach i średnicach) lub gotowych modułów zawierających po kilka punktów świetlnych zamkniętych w obudowy wyposażone w soczewki oraz połączone przewodami ułatwiającymi finalny montaż. W przypadku pojedynczych punków świetlnych, możliwe jest wykonanie dowolnych aplikacji (zwykle z widocznymi bezpośrednio LED-ami) gdzie diody umieszczane są na podkładach mocujących w odpowiednich odległościach tworząc litery i znaki. Zespolenie poszczególnych diod wymaga bardzo pracochłonnego ręcznego lutowania, nierzadko wielu tysięcy połączeń (wielkość diod powoduje, że do wykonania jednej litery o wysokości 50 cm potrzeba kilkuset diod). Niskie napięcie zasilania ok. 3V, konieczność stosowania dodatkowych oporników i połączeń szeregowo-równoległych sprawia, że poprawne wykonanie takiej reklamy LED wymaga wielu godzin pracy i testowania poprawności lutów. Zupełnie inaczej wygląda wykonywanie reklam z gotowych modułów LED, gdzie większość połączeń elektrycznych wykonywana jest w laboratoryjnych warunkach linii produkcyjnych. Zadaniem montażysty jest jedynie montaż mechaniczny do podłoża (zazwyczaj litery przestrzennej) oraz wykonanie kilku połączeń elektrycznych łączących łańcuchy modułów do zasilaczy. Montaż taki jest prosty, jednakże ze względu na wielkość modułów (kilka centymetrów), dość pracochłonny (zwłaszcza w przypadku dużych aplikacji). Niskie napięcie zasilania modułów (10-24 V) jest również dość wrażliwe na warunki zewnętrzne (śniedzenie styków, które pojawiać się może zwłaszcza przy wykorzystaniu łączenia za pomocą szybkozłączek).
Naprawa reklam wykonanych w technice LED, dzięki unifikacji elementów świetlnych (pojedyncze diody lub moduły) wymaga zwykle tylko jednego wyjazdu serwisowego. Proces szukania usterki jest zwykle dość pracochłonny ze względu na ilość połączeń, które wymagają kontroli poprawności połączenia elektrycznego. Dużym ułatwieniem jest fakt, że połączenia elektryczne mają zazwyczaj charakter szeregowo-równoległy, dzięki czemu nie świeci tylko pewien fragment aplikacji. Sama wymiana uszkodzonych diód wymaga wycięcia szeregowego elementu danego łańcucha i zastąpienie go nowym modułem. Niskie napięcie daje możliwość wykonywania napraw na ciągle zasilanej reklamie co ułatwia testowanie układu. Wymiana zasilaczy jest równie prosta i sprowadza się do wymiany całego układu i ponownego podłączenia przewodów wejściowych i wyjściowych.


Moduły LED – źródło http://www.gtrade.or.kr/buyer/product/LED-MODULE

Produkcja rur neonowych – źródło Kapilar.

Powyższe opisy sposobu produkcji oraz montażu pokazują, że obydwie techniki oświetleniowe są zupełnie odmienne i trudno je bezpośrednio porównywać. Wytwarzanie neonów w całości przebiega w firmie produkcyjno-montażowej i mimo swojej pracochłonności jest w pełni kontrolowane przez jeden zespół ludzi co daje możliwość tworzenia indywidualnych rozwiązań technicznych. Proces montażu dzięki dużym gabarytom poszczególnych elementów oraz łatwości połączeń elektrycznych przebiega szybko, ale wymaga ostrożności ze względu na specyfikę szkła. Diody LED dzięki unifikacji kształtu dają mniejsze możliwości indywidualnych rozwiązań, ale dzięki temu ułatwiony jest późniejszy serwis. Duża liczba lutowań oraz niskie napięcie zasilania powoduje, że wszystkie połączenia elektryczne muszą być wykonywane z uwagą i szczegółowością. W tej kategorii trudno wyłonić bezdyskusyjnego faworyta. Najbardziej sprawiedliwy wydaje się remis z lekkim wskazaniem na diody LED (głównie dzięki szybkości montażu gotowych modułów).

TRWAŁOŚĆ Metody produkcyjne oraz łatwość montażu są jednymi z najważniejszych parametrów branych pod uwagę przez firmy reklamowe i oświetleniowe. Często zapomina się jednak, że niemniej istotny jest również parametr trwałości. Powoduje on, że nawet prosta czynność montażowa, jeżeli wykonuje się ją wielokrotnie z powodu częstych awarii (nie rzadko na dużych wysokościach z wykorzystaniem podnośników lub rusztować) może nie tylko uprzykrzyć pracę, ale również w bardzo istotny sposób zwiększyć koszt utrzymania gwarancji i znacząco wpłynąć na satysfakcję inwestora. Jak wygląda parametr trwałości w przypadku neonów i diod LED? Producenci rur neonowych zapewniają, że trwałość rur neonowych wynosi do 80 tys. godzin świecenia (w przeliczeniu na warunki polskie, w którym oświetlenie uliczne świeci ok. 4 tys. rocznie realny czas działania powinien wynosić do 20 lat). Oczywiście parametr ten jest czysto teoretyczny i zależy od wielu czynników

tj. jakości materiału z którego wykonane są rury neonowe, jakości próżni, doboru zasilania oraz warunków atmosferycznych. Z wieloletnich doświadczeń firmy Kapilar (producenta reklam neonowych) podawany czas teoretyczny zostaje zazwyczaj skrócony trzykrotnie (zwłaszcza w przypadku rur zawierających gaz argon). Najczęstszym objawem starzenia się rur neonowych jest spadek jaskrawości świecenia (w części lub całości rury) oraz uszkodzenia elektrod powodujące ich przepalanie. Najbardziej odporne na czas działania są transformatory (z klasycznym cewkami), które jeżeli są dobrze dobrane i zamontowane w odpowiednich warunkach (brak przegrzewania) zwykle są w stanie wytrzymać kilka wymian zużytych rur neonowych. Nie bez znaczenia jest również fakt, że brak czasowych przeglądów instalacji, rzadko powoduje zwiększenie awaryjności neonów (zwłaszcza, jeżeli przewody wysokiego napięcia prowadzone są w peszlach chroniących je przed działaniem promieni UV). Wynika to z faktu zasilania neonów wysokim napięciem, które nie jest wrażliwe na działanie warunków atmosferycznych powodujących śniedzenie połączeń elektrycznych.
Producenci LED-ów w zależności od typu i mocy diody zapewniają działanie do 50 tys. godzin świecenia (w przeliczeniu na warunki polskie, w którym oświetlenie uliczne świeci ok. 4 tys. rocznie realny czas działania wynosi ok. 12,5 roku). W założonym czasie producenci informują o możliwych spadkach jasności nawet do 50 %. Trzeba pamiętać również o tym, że podany czas jest wartością czysto teoretyczną, ponieważ technologia ta nie jest powszechnie wykorzystywana jeszcze od tylu lat. Z obserwacji firm wykorzystujących diody LED wynika, że realny czas działania modułów wynosi do kilku lat i zależny jest głównie od odpowiedniego doboru zasilaczy (brak przeciążeń) i odpowiedniego odprowadzania ciepła. Częstym problemem jest awaryjność zasilaczy oraz śniedzenie styków (zwłaszcza w przypadku reklam zewnętrznych), które są bardzo wrażliwe na warunki atmosferyczne.
Z powyższej analizy trwałości dwóch konkurencyjnych systemów widać, że neony z zakładanymi 80 tys. godzinami świecenia znacznie wyprzedzają diody LED, które w założeniach teoretycznych mają działać do 50 tys. Jak wynika jednak z praktyki czas działania neonów jest znacznie krótszy, a o trwałości diod LED ze względu na krótki czas powszechnego użycia trudno na razie dywagować. Jedno jest jednak pewne, że wysokie napięcie stosowane do zasilania neonów powoduje, że oświetlenie to jest bardzo wytrzymałe na działanie warunków atmosferycznych.
W przypadku diod LED niskie napięcia są powodem największej ilości usterek (śniedzenie styków oraz awaryjność zasilaczy). Biorąc pod uwagę powyższą analizę, należy się punkt w dziedzinie trwałości przyznać rurkom neonowym.

CO LEPSZE? W powyższej analizie podzielonej na kategorie, starałem się rzetelnie porównać dwie konkurencyjne techniki oświetleniowe – neony oraz diody LED. Mam nadzieję, że opracowanie to pokazało zalety i wady tych technologii i wskazało obszary, w których jedna technologia jest lepsza od drugiej i odwrotnie. Mam nadzieję również, że każdy czytelnik zauważył, że nie ma jednogłośnego zwycięzcy tego porównania i że te dwie technologie powinny funkcjonować obok siebie wzajemnie się uzupełniając. Okres największego bumu na oświetlenie LED chyba już się powoli kończy i do łask zaczynają wracać stare, poczciwe neony. Szkoda byłoby bowiem, aby setne urodziny były jednocześnie pogrzebem technologii, która porównywana jest przez wielu ze sztuką. Bo sztuka powinna być wieczna... «

* Autor jest szefem działu neonów i innych reklam świetlnych w firmie Kapilar (www.kapilar.pl), a także konsultantem technicznym Muzeum Neonów (www.neonmuzeum.org) oraz festiwalu światła Light Move Festival (www.lightmovefestival.pl).

© Łukasz Frankowski

KRYTERIUM	NEONY	DIODY LED
JAKOŚĆ ŚWIATŁA	- 900 do 1300 lumenów na metr - równa emisja światła w całej średnicy rury (360 stopni) -prawie nieograniczona paleta kolorów -liniowość światła (szerokość do 25 mm i długość pojedynczego odcinka do 3 m) -atrakcyjny wygląd bez wykorzystania ekranów rozpraszających	- 300 do 500 lumenów na metr - emisja światła w zakresie do 150 stopni -kolorystyka ograniczona do podstawowych barw - punktowość światła (1-10 mm) - konieczność stosowania ekranów rozpraszających do uzyskania efektu równego rozproszenia światła
EKOLOGIA	-zawierają niewielkie ilości rtęci (tylko barwy zimne – gaz argon) -rozwiązany problem utylizacji (punkty odbioru świetlówek)	- zawartość ołowiu i arsenu - przekraczane poziomy zawartości niklu i miedzi -nierozwiązany problem utylizacji (brak świadomości)
ZUŻYCIE ENERGII	- 15-20 W na 1 mb rurki neonowej (fi.15, kolor biały 6500 stopni Kelvina, transformator 50 mA) - wysokie napięcie (1000-10000 V)	- 10-15 W na 1 mb diod LED (kolor biały) - niskie napięcie (10-24 V)
MOŻLIWOŚĆ ODWZOROWANIA KSZTAŁTÓW	- duże (możliwość tworzenia małych i dużych znaków z różnie prowadzoną rurą neonową: przez środek, po obrysie, raster) -najmniejsze litery od wysokości ok. 3 cm -zachowanie liniowości świetlnej	- duże (możliwość tworzenia małych i dużych znaków) -najmniejsze litery od teoretycznej wysokości 1 mm (minimalna wielkość punktu świetlnego) -punktowość świetlna
EFEKTY ŚWIETLNE	- miganie - ściemnianie - sekwencje - efekt RGB (z wykorzystaniem ekranu rozpraszającego) - konieczność sterowania na poziomie 220V (osobne transformatory) zwiększająca znacznie koszty instalacji	- miganie - ściemnianie - sekwencje - efekt RGB - niewielki koszt dodatkowych sterowników
PRODUKCJA, MONTAŻ I SERWIS	- produkcja od początku do końca wykonywana w jednej firmie -proces produkcji – kilka dni - szybki montaż długich elementów -możliwość uszkodzenia szklanych rurek -serwis dwuetapowy (znalezienie usterki i wyprodukowanie nowego elementu)	- produkcja masowa + montaż finalny przez firmy instalacyjne - długi proces produkcji masowej + transport, krótki czas montażu finalnego -trudność poprawnego wykonania dużej ilość lutów -szybki serwis (unifikacja elementów)
TRWAŁOŚĆ	-teoretyczna trwałość 80000 godzin (w praktyce skrócona trzykrotnie) - brak śniedzenia styków (wysokie napięcie) - wysoka trwałość transformatorów	-teoretyczna trwałość 50000 godzin (w praktyce nie zweryfikowana) - styki wrażliwe na śniedzenie (niskie napięcie) -niska trwałość zasilaczy (wrażliwość na przegrzewanie)