

CHIẾU SÁNG TIẾT KIỆM ĐIỆN SỬ DỤNG ĐIÓT PHÁT QUANG

TS. Trần Thanh Trang¹

TÓM TẮT

Chiếu sáng dùng diốt phát quang đã được nghiên cứu để triển khai áp dụng rộng rãi trên khắp thế giới và kể cả ở Việt Nam trong thời gian gần đây. Lịch sử hình thành thể hệ chiếu sáng dùng LED đã được làm rõ. Nguyên lý thiết kế LED trắng ứng dụng trong chiếu sáng đã được trình bày. Trên cơ sở khảo sát đặc tính kỹ thuật tổng quát của các loại đèn chiếu sáng hiện tại, so sánh chi phí đầu tư ban đầu, chi phí sử dụng với thời gian đầu tư lâu dài của 3 loại đèn chiếu sáng tiêu biểu với cùng quang thông, để chứng minh hiệu quả kinh tế trong chiếu sáng dùng LED. Từ đó đưa ra kiến nghị nên nhanh chóng triển khai kế hoạch chiếu sáng dùng LED ở Việt Nam.

Từ khóa: Led, Led chip, chiếu sáng tiết kiệm điện.

ABSTRACT

Application of light emitting diode in lighting has been studied to develop widely around the world and even in Vietnam in recently. History of the LED lighting system has been clarified. Principles of white LED design applied in lighting have been presented. Based on the general specifications of the current lights, compared to the initial investment cost, the cost of using for long-term investment of three typical types of lights as well as luminous flux, the results demonstrate the economic efficiency of LED lighting. The study recommends that LED lighting should quickly implement in Vietnam.

Keywords: Led, Led chip, power-saving lighting.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thiếu điện nên cần phải tiết kiệm điện đó là vấn đề không phải riêng của một số quốc gia nào. Điện chiếu sáng thông thường chiếm cỡ 20% lượng điện năng tiêu thụ của mỗi quốc gia [1], một tỷ lệ rất đáng kể. Vì vậy, để tiết kiệm điện, quốc gia nào cũng nghĩ ngay đến cách tiết kiệm điện chiếu sáng. Nhưng tiết kiệm bằng cách cắt điện, giảm điện chiếu sáng dưới mức cần thiết thì rất ít quốc gia áp dụng vì nó ảnh hưởng đến xã hội, giao thông, an ninh, giáo dục,... Hướng quan trọng để tiết kiệm điện chiếu sáng là sử dụng những kỹ

thuật chiếu sáng mới, năng lượng điện tiêu thụ ít hơn nhiều nhưng hiệu quả chiếu sáng không giảm, có khi còn tốt hơn. Kỹ thuật chiếu sáng mới nhất, tiết kiệm điện nhất nhưng mang lại hiệu quả cao nhất là kỹ thuật chiếu sáng bằng chất rắn (SSL-Solid State Lighting) hay còn gọi cách khác là chiếu sáng dùng diốt phát quang (LED – Light Emitting Diode).

Bộ năng lượng Mỹ báo cáo rằng nếu thay thế 50% việc chiếu sáng hiện nay bằng chiếu sáng dùng LED, nước Mỹ vẫn được chiếu sáng như vậy nhưng bớt đi được 41GW (1GW = nghìn tỷ W) điện

¹Trường Đại học Mở Tp.HCM.

năng tiêu thụ [2]. Một nhà máy điện cỡ trung bình có công suất chừng 1GW, do đó nếu chỉ thay thế 50% cách chiếu sáng hiện nay bằng chiếu sáng dùng LED, nước Mỹ có thể giảm đi 41 nhà máy điện. Việc giảm bớt 41 nhà máy điện, ngoài lợi ích kinh tế, còn giảm thải ra môi trường một lượng đáng kể khí CO₂ gây hiệu ứng nhà kính.

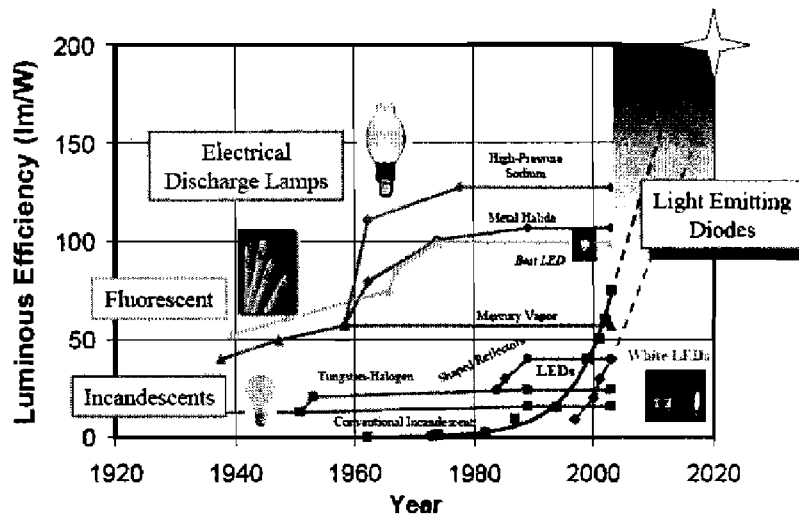
Trên cơ sở đó, bài báo này sẽ mô tả chi tiết việc chiếu sáng dùng LED là gì, dựa

trên cơ sở nào, tiết kiệm điện ra sao, các nước trên thế giới và Việt Nam đang triển khai như thế nào, từ đó có cái nhìn tổng thể về lợi ích của chiếu sáng dùng LED.

2. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỦA NGÀNH CÔNG NGHIỆP CHIẾU SÁNG

Quá trình phát triển của ngành công nghiệp chiếu sáng được minh họa ngắn gọn trong hình 1.

Hình 1. Biểu đồ minh họa cuộc cách mạng trong lĩnh vực chiếu sáng.



Đèn sợi đốt: Loại đèn này đã ra đời cách đây khoảng 200 năm. Trong bóng thủy tinh đã hút chân không có sợi dây wolfram rất mỏng thường được gọi là “sợi tóc”. Khi có dòng điện chạy qua, sợi tóc nóng lên gần 3000°C phát sáng. Loại đèn này dễ chế tạo, giá rẻ, tuổi thọ cỡ 1000 giờ. Tuy nhiên, hơn 95% điện năng tiêu thụ là để tỏa nhiệt, khoảng nhỏ hơn 5% điện năng tiêu thụ là để phát sáng.

Đèn Halogen: Loại đèn này thực ra là đèn sợi đốt nhưng làm bằng thủy tinh chịu nhiệt hoặc thạch anh, trong có khí thuộc họ halogen. Khi dây wolfram bị đốt nóng bay hơi, hơi vonfram lại quay lại bám vào dây, chỗ nào dây nhỏ, nóng thì hơi vonfram lại bám vào nhiều hơn. Nhờ đó bóng có thể làm nhỏ và dây tóc làm việc ở nhiệt độ cao, ánh sáng phát ra mạnh. Khoảng 9%

điện năng tiêu thụ là để phát sáng, tuổi thọ cỡ 2000 giờ.

Đèn hơi Natri: Nguyên lý chuyển đổi điện quang dựa vào hiện tượng phóng điện trong chất khí. Có 2 loại: Đèn hơi Natri áp suất thấp phát ánh sáng màu vàng, thích hợp cho việc làm đèn đường chiếu sáng công cộng, tuổi thọ cỡ 18.000 giờ. Đèn hơi Natri áp suất cao có cấu tạo phức tạp, đắt tiền nhưng phát sáng cao, loại đèn này phát ánh sáng màu vàng xanh, thích hợp cho chiếu sáng quảng trường, đường xá ở thành phố, tuổi thọ cỡ 20.000 giờ.

Đèn huỳnh quang: Loại đèn này xuất hiện từ những năm 1940. Cấu tạo là một ống thủy tinh hàn kín, hai đầu có điện cực, trong ống có khí trơ Neon và vài giọt thủy ngân. Bên trong thành ống thủy tinh có phủ một lớp mỏng bột chất huỳnh quang.

Màu sắc của đèn huỳnh quang phụ thuộc chất lượng của bột huỳnh quang. Loại đèn này ít tỏa nhiệt và khoảng 15-20% lượng điện năng tiêu thụ là để phát sáng, tuổi thọ có thể lên đến 10.000 giờ.

Đèn compact: Chính là đèn huỳnh quang cải tiến về hình dạng và chất liệu lớp huỳnh quang bên trong, tuổi thọ cỡ 10.000 giờ.

Các loại đèn chiếu sáng trình bày ở trên mỗi loại có ưu và nhược điểm riêng. Nếu xét về phương diện sử dụng đại trà thì đèn sợi đốt có nhiều nhược điểm nhất và đèn compact có nhiều ưu điểm nhất. Chính

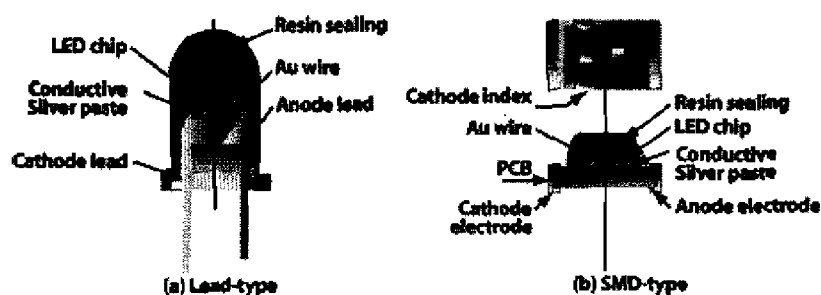
vì vậy chính phủ Úc đã quyết định không dùng bóng đèn sợi đốt để chiếu sáng kể từ năm 2010. Tuy nhiên, có phải đèn compact có nhiều ưu điểm nhất trong chiếu sáng hiện nay hay không? Điều này sẽ được bàn trong phần kế tiếp.

3. CÔNG NGHỆ CHIẾU SÁNG HIỆN ĐẠI NHẤT – LED

3.1. Cấu trúc và nguyên lý hoạt động

LED là từ viết tắt từ cụm từ tiếng Anh là Light Emitting Diode, nghĩa là Diốt phát quang. Cấu trúc của LED được trình bày như trong hình 2.

Hình 2. Các dạng cấu trúc của LED.
a) Dạng thông thường, b) Dạng dán bề mặt.



Cho dù được cấu trúc ở dạng nào đi nữa thì phần chủ yếu của LED là một mảnh nhỏ chất bán dẫn (LED chip) có pha tạp chất sao cho trong đó tạo ra được hai miền: miền p dẫn điện bằng lỗ trống và miền n dẫn điện bằng điện tử, giữa hai miền là lớp tiếp xúc p-n. Khi LED được phân cực thuận, điện tử và lỗ trống bị đẩy theo hai chiều ngược nhau, chúng gặp nhau ở lớp tiếp xúc p-n, tổ hợp lại và phát ra ánh sáng. Tùy theo các mức năng lượng ở hai bán dẫn tiếp xúc, ánh sáng phát ra có một màu xác định.

Ban đầu vào những năm 1960, người ta [3] chế tạo được LED hồng ngoại và LED đỏ, sau đó tới LED màu vàng và màu da cam [4]. Những LED này rất nhỏ gọn, dùng làm đèn chỉ thị rất tốt, công suất

chỉ cỡ 0.01W có hiệu quả như đèn sợi đốt công suất lớn hơn vài trăm lần. Bắt đầu từ những năm 1970, hầu hết đèn chỉ thị, báo hiệu ở máy móc, thiết bị đều được thay thế bằng đèn LED màu.

Muốn sử dụng LED để chiếu sáng thì phải chế tạo ra được LED phát ra ánh sáng trắng. Nhưng về nguyên tắc thì ánh sáng do LED phát ra chỉ có 1 màu xác định tùy thuộc vào vật liệu chế tạo tim đèn (Led chip). Bảng 1 mô tả các thông số kỹ thuật của một số loại LED tiêu biểu.

Điều kỳ diệu này đã được hé mở vào năm 1993, khi Shuji Nakamura [5] đã chế tạo ra LED phát ánh sáng màu xanh lam, từ đó mở đường cho nhiều cách thiết kế LED phát ra ánh sáng trắng.

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật của một số loại LED tiêu biểu

Vật liệu bán dẫn	Bước sóng phát cực đại (nm)	Màu phát	Điện áp thuận tương ứng với dòng điện thuận 20mA
GaAs	910	Vùng hồng ngoại	1.2 V
GaAsP	650-710	Đỏ	2.0 V
GaAsP:N	580-620	Vàng	2.1-2.2 V
GaP	560	Lục	3.5 V
SiC	413-560	Lam	3.6 V
GaInN	460-570	Trắng	3.6 V

3.2. Một số nguyên lý thiết kế LED trắng

Nguyên lý 1: Dùng ba LED màu đỏ, lục, lam (R, G, B) trộn lại với nhau để có được ánh sáng trắng.

Nguyên lý 2: Dùng LED màu lam có phủ lớp Phốt pho mỏng. Ánh sáng màu lam do LED phát ra kích thích phốt pho phát ra hai màu đỏ và lục. Hai màu này cộng với màu lam còn lại sau khi truyền qua lớp phốt pho cho ra màu trắng vì đó là tổ hợp RGB cộng lại.

Nguyên lý 3: Dùng LED phát ra ánh sáng từ ngoại, chiếu vào phốt pho để kích thích phát ra ánh sáng trắng tương tự như ở đèn compact.

Nguyên lý 4: Dùng OLED (Organic LED) tức là LED hữu cơ. Vì là chất hữu cơ nên dễ tạo ra những hạt phát ra ánh sáng lục, đỏ và lam. Tổng hợp ánh sáng phát ra từ ba loại hạt đó cho ra ánh sáng trắng.

Cho dù phải thiết kế LED trắng theo nguyên lý nào đi chăng nữa thì điều đặc biệt quan trọng là vật liệu chế tạo tim đèn. Vật liệu phải đảm bảo các tiêu chí sau đây:

Vật liệu phải có độ rộng vùng cấm dạng trực tiếp (direct band gap): Nghĩa là độ rộng của vùng cấm đủ để điện tử có thể

nhảy trực tiếp từ miền n sang miền p mà không thông qua lớp trung gian nào.

Vật liệu phải có độ rộng vùng cấm đúng (correct band gap): Nghĩa là mức năng lượng của vùng cấm phải phù hợp với màu sắc phát sáng của LED. Ví dụ: muốn thiết kế LED phát ánh sáng nhìn thấy được thì độ rộng vùng cấm (E_g) biến thiên từ 3.1 eV đến 1.6 eV.

Vật liệu phải dễ dàng chuyển sang các dạng tạp chất (loại p hoặc loại n).

Vật liệu phải có hệ số khúc xạ phù hợp để cho ánh sáng phát ra ngoài.

Hiện nay, việc thiết kế LED trắng chủ yếu sử dụng nguyên lý số 2 vì nguyên lý này khá đơn giản, phổ biến và có hiệu quả hơn các nguyên lý đã giới thiệu ở trên.

4. SO SÁNH KHẢ NĂNG TIẾT KIỆM ĐIỆN TRONG CHIẾU SÁNG DÙNG LED SO VỚI CÁC LOẠI CHIẾU SÁNG KHÁC

Có rất nhiều nghiên cứu đã được công bố về hiệu quả kinh tế và xã hội của chiếu sáng dùng LED. Trước tiên, đặc tính kỹ thuật của một số loại đèn chiếu sáng thông dụng hiện nay được xem xét và liệt kê trong bảng 2.

Bảng 2. Đặc tính một số loại đèn chiếu sáng [6]

Loại đèn	Công suất tiêu thụ điện (W)	Quang thông (lm)	Nhiệt độ màu (°K)	Tuổi thọ (giờ)
Đèn LED âm trần (300x300 mm)	12	1,080	2,700-7,000	>50,000
Đèn huỳnh quang 600 mm	24	1,050	4000/5500/6500	7,000
Đèn LED âm trần 600x600 mm	24	2,160	2,700-7,000	>50,000
Đèn huỳnh quang 1200 mm	48	2,100	4000/5500/6500	10,000
Đèn LED âm trần 1200x600 mm	48	4,300	2,700-7,000	>50,000
Đèn LED tuýp 600 mm	12	1,080	2,700-7,000	>50,000
Đèn LED tuýp 1200 mm	24	2,160	2,700-7,000	>50,000
Đèn LED bóng tròn	4-5	450	2,700-7,000	>50,000
Đèn compact	9-13	450	6,500	6,000
Đèn sợi đốt	40	450	2,500-2,700	1,000
Đèn Halogen	25	250	2,800-3,500	2,000

Rõ ràng, so sánh với các loại đèn chiếu sáng khác thì đèn LED có tuổi thọ rất lớn, công suất tiêu thụ điện nhỏ hơn trong khi quang thông xấp xỉ, và dĩ nhiên đèn LED sẽ không bị ảnh hưởng bởi số lần bật tắt đèn.

Tuy nhiên, trở ngại lớn nhất khi triển khai ứng dụng chiếu sáng dùng LED phải chăng là chi phí đầu tư ban

đầu. Để minh chứng cho điều này, 3 loại đèn tiêu biểu (đèn sợi đốt, đèn compact và đèn LED bóng tròn) từ bảng 2 có cùng cường độ sáng (quang thông) là 450 lumen (lm) được khảo sát dựa trên các tiêu chí là đơn giá một bóng đèn, công suất, giá điện bình quân, công mua và thay bóng. Kết quả khảo sát được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. So sánh bóng đèn sợi đốt, compact và LED có cùng độ sáng [7]

Loại bóng đèn	Sợi đốt	Compact	LED
Đơn giá một bóng đèn (1.000 đồng)	10	40	300
Công suất (W)	40	12	4,5
Giá điện bình quân (đ/kWh)	1.434	1.434	1.434
Tuổi thọ bình quân (1,000h)	1	6	50
Công mua, thay bóng (1.000 đồng)	20	20	20

Từ bảng số liệu 2 và 3 cho thấy, mặc dù đầu tư ban đầu cho bóng đèn LED tương đối lớn nhưng tuổi thọ và khả năng tiết kiệm điện của đèn LED là lớn hơn nhiều so với các loại đèn còn lại.

So sánh chi phí sử dụng của đèn sợi đốt, đèn compact và đèn LED có cùng độ sáng 450 lm với thời gian đầu tư 20 năm cũng đã được nghiên cứu [8] và kết quả là tổng dòng chi phí quy về hiện tại của bóng đèn LED là 471.000 đồng, trong khi đó bóng đèn sợi đốt là 1.905.000 đồng và đèn compact là 697.000 đồng. Như vậy, bóng đèn LED có tổng chi phí thấp nhất nên có lợi nhất cho người dùng.

Việt Nam hiện có khoảng 500.000 đèn chiếu sáng đường phố với công suất trung bình 300W. Nếu thay toàn bộ hệ thống đèn Natri cao áp truyền thống bằng đèn LED thì lượng điện tiết kiệm được tương đương với nhà máy có công suất lớn hơn nhà máy nhiệt điện Ninh Bình mở rộng (300MW) với chi phí đầu tư trung bình 450 triệu USD.

Thành phố Hồ Chí Minh là đơn vị đi đầu trong cả nước về các chương trình tiết kiệm và sử dụng năng lượng hiệu quả. Với thành công của dự án chiếu sáng bằng LED trên đường Thành Thái, Quận 10, một đèn LED công suất 160W thay thế cho đèn Natri có công suất tổng 285W, giúp tiết kiệm 45% điện năng tiêu thụ trên toàn hệ thống. Tuy nhiên kết quả kiểm toán dự án năng lượng sau khi lắp đặt cho thấy, đèn LED công suất 110W hoàn toàn có thể thay thế cho đèn Natri cao áp 285W giúp tiết kiệm 62% điện năng tiêu thụ [9].

Từ những thành công bước đầu đó, Thành phố Hồ Chí Minh sẽ triển khai nhân rộng các công trình chiếu sáng công cộng hiệu quả cao sử dụng LED trên toàn thành phố.

5. KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỦA LED TRONG CHIẾU SÁNG

LED màu:

Đối với đèn màu, ưu việt lớn nhất của LED là trực tiếp cho được màu mong muốn, không cần lọc, rất tiết kiệm điện. LED lại dễ dàng bật tắt nhanh, nhiều lần và độ bền cao. Ví dụ đèn giao thông trước đây bên trong là một bóng đèn sợi đốt cỡ 140W, bên ngoài là cái hộp kín có khoét lỗ tròn đặt kính lọc màu. Bây giờ được thay bằng các đèn LED trực tiếp phát ra màu xanh, đỏ, vàng công suất chỉ 14W, nghĩa là chỉ bằng 1/10 công suất của đèn sợi đốt.

Ở Châu Âu hiện nay, hơn 80% các loại đèn hậu, đèn xi nhan của xe ô tô là dùng đèn LED, rất tiết kiệm xăng, hầu như không phải thay đèn, cả đời xe chỉ dùng một đời đèn. Tương tự, hệ thống đèn quảng cáo, trang trí ở các show-room cũng là các LED màu sắc rực rỡ hơn, tiết kiệm điện hơn và đặc biệt là không nóng.

LED trắng:

Hiện nay, hiệu suất phát sáng của LED trắng mới xấp xỉ bằng hiệu suất phát sáng ở đèn compact, nhưng có nhiều ưu điểm nổi bật:

Đèn LED không có sợi đốt nên không lo bị đứt, không có khí bên trong nên không dễ bị suy thoái, không có điện cực phóng điện nên không dễ bị hư hỏng.

Tuổi thọ trung bình của đèn LED là 100.000 giờ, gấp khoảng 10 lần tuổi thọ của đèn compact. LED chỉ có hai điện cực làm việc với điện áp thấp một chiều cỡ 5V. Vì vậy, chỉ cần tạo ra dòng điện nhỏ chạy qua là thấp sáng được đèn. Do đó sử dụng ít nguy hiểm, phù hợp với các nguồn điện một chiều như là ắc quy, các nguồn điện tái tạo như pin mặt trời, pin nhiệt điện, thủy điện nhỏ, điện gió,... Điều đặc biệt của LED là nếu điện áp thay đổi ít nhiều thì đèn sáng ít hay nhiều chứ không dễ bị hư hỏng.

Hầu hết các nước trên thế giới có nguồn điện mặt trời phát triển, đèn LED trắng được sử dụng để thắp sáng đường đi vào ban đêm. Người ta dùng một tấm nhỏ pin mặt trời, ban ngày lấy điện nạp vào ắc quy, ban đêm lượng điện này được sử dụng để thắp sáng đèn LED trắng. Cách chiếu sáng này vừa an toàn, vừa đơn giản vì không sử dụng điện lưới. Ở Trung Quốc, vào dịp Olympic 2008, cả bên trong lẫn bên ngoài các tòa nhà thi đấu đều sử dụng hệ thống chiếu sáng dùng LED.

6. KẾT LUẬN

Khoảng 20 năm trước, các nước tiên tiến trên thế giới đi đầu tiết kiệm điện trong chiếu sáng bằng cách dùng đèn compact thì ở Việt Nam chỉ mới sử dụng đèn compact

những năm gần đây. Hiện nay, các nước tiên tiến đang đẩy mạnh kế hoạch chiếu sáng dùng LED và dự đoán đến năm 2025 trên 50% đèn chiếu sáng là LED. Ở Trung Quốc hiện nay, chính phủ đã buộc đóng cửa các nhà máy sản xuất đèn huỳnh quang. Ở Việt Nam, dự án đầu tiên sử dụng đèn LED trong chiếu sáng đường phố chứng minh cho khả năng tiết kiệm năng lượng cũng như nâng cao hiệu quả chiếu sáng cần được nhân rộng trong bối cảnh thiếu điện cũng như thích ứng với biến đổi khí hậu. Nên chăng các nhà hoạch định chính sách tổ chức nghiên cứu cụ thể các mặt lợi, hại để không phải 15 năm nữa mà ngay từ bây giờ đẩy mạnh việc chiếu sáng dùng LED ở nước ta.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đình Hiệp (2011). “Giải pháp tiết kiệm điện năng trong chiếu sáng”. Chương trình mục tiêu quốc gia về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả, Bộ Công thương Việt Nam, <http://tietkiemnangluong.com.vn>.
2. A. D. Little, “Energy Savings Potential of SSL” Report for Dept. of Energy, http://www.eere.energy.gov/buildings/info/documents/pdfs/ssl_final_report3.pdf.
3. C. M. Caughey and R. E. Thomas, Proc. IEEE, (1967), 55, 2192.
4. S. Yamakoshi, O. Hasegawa, H. Hamaguchi, M. Abe, and T. Yamaoka, *Appl. Phys. Lett.*, (1977), 31 (9), 627–629; T. Uji, T. Suzuki, and T. Kamejima, *Appl. Phys. Lett.*, (1980), 36 (8), 655–657.
5. S. Nakamura, T. Mukai, M. Senoh, (1994), *Appl. Phys. Lett.*, 64, 1687.
6. Dương Minh, Giới thiệu giải pháp chuyển đổi hệ thống chiếu sáng bằng đèn LED, Công ty TNHH công nghệ LED Ánh sáng mới ASAMLED, <http://www.asamled.com.vn>.
7. Trần Đình Thanh, Hồ Tấn Triều, Đèn Led - sự lựa chọn tối ưu, Khoa học kỹ thuật, Tổng công ty điện lực miền trung, <http://www.cpc.com.vn>.
8. Công ty TNHH công nghệ LED Ánh sáng mới ASAMLED và Tổng công ty điện lực miền trung, <http://www.cpc.com.vn>.
9. Nguyễn Hải Nam, Công ty TNHH công nghệ fawookidi, Thành phố Hồ Chí Minh ứng dụng chiếu sáng công cộng bằng công nghệ LED hiệu suất cao, www.fawookidi.com.vn.

(Ngày nhận bài: 05/06/2012; Ngày chấp nhận đăng: 20/11/2012).