

MỘT GIẢI PHÁP ỨNG DỤNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Nguyễn Chí Ngôn¹, Cao Hoàng Long và Lưu Trọng Hiếu

ABSTRACT

This study presents a solution of natural lighting by using fiber optics to bring sunlight into house. An acrylic parabolic mirror with 640mm diameter is automatically controlled to track the sun for sunlight concentration. Focused sunlight is reflected by a 200mm diameter flat mirror back to the central bottom of the parabolic mirror to transfer into 150 optical fibers, which was tied as a 5m long bundle with 12.25mm diameter. The parabolic mirror was fixed in a steel stand for only moving in east-west direction. A PIC16F877A microcontroller observes sunlight sensors to generate control signal for motor driver to move the parabolic mirror with a speed of 3.33rpm. First step experimental result indicated that by using 640mm diameter parabolic mirror, the luminous flux of optical fibers output is only 600 ± 50 Lm equivalent to a half of a 20W fluorescent lamp. However, the experimental result also showed that, system improvement to obtain a higher lighting power approximate to two 20W fluorescent lamps is feasibility, which can be carried out by replacing the flat mirror by a small parabolic mirror and enlarging the fiber optics bundle to 20mm diameter. Bringing parabolic mirror concentrated sunlight into house is a method to economize electric power and take full advantage of using infinite energy from sunlight.

Keywords: Sun-tracking, Sunlighting, optical fiber, parabolic mirror

Title: A Solution for Sunlight Application

TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày một giải pháp chiếu sáng tự nhiên thông qua việc thiết kế một hệ thống truyền ánh sáng mặt trời vào trong nhà bằng sợi dẫn quang. Một gương parabol loại acrylic đường kính 640mm được tự động điều chỉnh bám theo mặt trời để thu ánh sáng. Chùm ánh sáng hội tụ của gương parabol được bẻ ngược lại bằng một gương phẳng đường kính 200mm để truyền vào 150 sợi dẫn quang dài 5m, ghép thành bó có đường kính 12,25 mm lắp ở giữa đáy gương parabol. Gương được đặt trên một giá đỡ cố định để đảm bảo nó chỉ quay theo trục đông tây. Mạch vi điều khiển PIC16F877A thu thập dữ liệu từ các cảm biến quang và ra lệnh thích hợp cho mạch công suất để lái động cơ quay gương với vận tốc 3,33 vòng/phút. Kết quả thực nghiệm bước đầu cho thấy, với đường kính gương parabol thu ánh sáng là 640mm, quang thông đầu ra bó sợi chỉ ở mức 600 ± 50 Lm, tương đương với $\frac{1}{2}$ bóng đèn huỳnh quang 20W. Tuy nhiên, thực nghiệm cũng cho thấy hệ thống hoàn toàn có thể cải tiến bằng cách dùng một gương parabol nhỏ thay thế cho gương phẳng, cũng như tăng cường đường kính bó sợi quang lên 20mm để có khả năng chiếu sáng tương đương với 2 bóng huỳnh quang 20W. Truyền dẫn ánh sáng tập trung từ gương parabol vào ứng dụng trong nhà là một biện pháp tiết kiệm điện năng và tận dụng được nguồn năng lượng vô tận của ánh sáng mặt trời.

Từ khóa: Tự chỉnh theo mặt trời, chiếu sáng tự nhiên, sợi quang, gương parabol

¹ Bộ môn Tự Động Hóa, Khoa Công Nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

1 GIỚI THIỆU

Bước vào thế kỉ XXI, nhân loại đối mặt với sự biến đổi khí hậu toàn cầu, mà ở đó sự nóng lên của trái đất do hiệu ứng nhà kính là mối quan ngại của nhiều quốc gia. Theo thống kê của Cơ quan năng lượng quốc tế (IEA – International Energy Agency), nhiên liệu hóa thạch góp phần tạo ra 86% năng lượng trên toàn thế giới (IEA, 2010a), song nó cũng thải ra môi trường một lượng khí CO₂ khổng lồ, chẳng hạn, năm 2008 là 29,381 tỉ tấn (IEA, 2010b). Trước tình hình đó, vài thập niên gần đây việc sử dụng năng lượng tái tạo, năng lượng tự nhiên được nhiều quốc gia quan tâm nghiên cứu và ứng dụng.

Ở nước ta, tình hình thiếu hụt năng lượng vào mùa khô dẫn đến tình trạng luân phiên cắt điện gây nhiều bất lợi cho sinh hoạt và sản xuất kinh doanh của nhân dân. Theo Tập đoàn Điện lực Việt Nam, 6 tháng mùa khô năm 2011, sản lượng điện thiếu hụt sẽ tăng lên mức 6 tỷ kWh (Lạc Phong, 2011). Trong khi đó ở Miền nam Việt Nam có thời lượng nắng trung bình rất dồi dào trong năm với khoảng 2000-2600 giờ, tuy nhiên việc khai thác nguồn năng lượng này, vẫn còn hạn chế (Duong Minh Tri, 2011). Vì vậy, nghiên cứu ứng dụng năng lượng mặt trời vào cuộc sống một cách tiện lợi hơn là một đề tài hứa hẹn nhiều triển vọng.

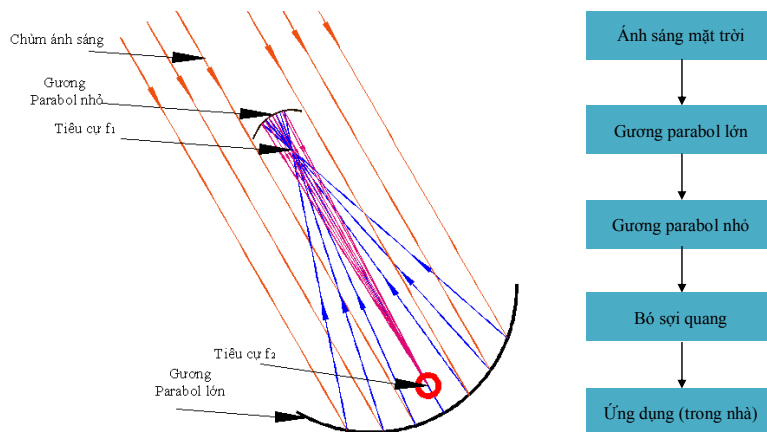
Việc sử dụng năng lượng mặt trời để đun nấu đã được áp dụng ở nhiều quốc gia trên thế giới, điển hình là Radabaugh và Root (1998), Kofalk (1997); Halacy và Halacy (1992) hướng dẫn cách chế tạo và sản xuất các bếp năng lượng mặt trời, cũng như giới thiệu các bếp năng lượng mặt trời thương phẩm. Ở nước ta, từ năm 2000, Trường Đại học Đà Nẵng phối hợp với Tổ chức Phục vụ Năng lượng mặt trời (Vietnam Solar Serve), đã thương mại các bếp năng lượng mặt trời (Nguyễn Cầu, 2009; Hoàng Dương Hùng, 2010). Tuy nhiên loại bếp này đòi hỏi người sử dụng phải đứng ngoài sân dưới ánh nắng gay gắt để đun nấu. Vì vậy nó gây nhiều bất lợi và chưa chiếm được nhiều thiện cảm của người sử dụng. Trong khi đó, chuyển đổi ánh sáng mặt trời thành điện năng hiện vẫn đòi hỏi chi phí cao cũng như khó khăn trong vấn đề tích trữ năng lượng. Việc truyền dẫn ánh sáng mặt trời vào sử dụng trong phòng thí nghiệm thông qua cáp quang được các nhà khoa học Mỹ áp dụng từ 2005. Thành công này mở ra nhiều hướng ứng dụng trực tiếp ánh sáng mặt trời (Maxey, 2008) – một nguồn năng lượng dồi dào ở các quốc gia nằm lân cận đường xích đạo như Việt Nam. Tuy vậy, ở nước ta ứng dụng này chưa được quan tâm triển khai vì nó đòi hỏi phải có kỹ thuật tập trung ánh sáng một cách hiệu quả, cũng như việc chọn lựa chất liệu sợi dẫn quang phù hợp. Đây là điều mà phòng thí nghiệm quốc gia Oak Ridge của Bộ năng lượng Hoa Kỳ kết hợp với Công ty Sunlight Direct vẫn còn phải tiếp tục thực hiện (Gorman, 2007).

Nghiên cứu này nhằm tìm kiếm giải pháp tự thiết kế và chế tạo một hệ thống truyền dẫn ánh sáng mặt trời vào trong nhà cho nhiều mục tiêu ứng dụng trong gia đình. Để thực hiện điều đó, một gương parabol thu ánh sáng được tự động điều chỉnh hướng, sao cho nó luôn vuông góc với ánh sáng mặt trời. Chùm ánh sáng hội tụ tại tiêu điểm của gương sẽ được truyền vào nhà theo nguyên lý phản xạ toàn phần trong lòng một bó sợi quang dẫn. Ánh sáng phát ra ở đầu kia của bó sợi có thể sử dụng để chiếu sáng tự nhiên các tầng hầm, chung cư hay phục vụ các ứng dụng khác như phơi quần áo, sấy hoặc nấu nướng, giúp tiết kiệm điện năng.

2 PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

2.1 Nguyên lý chung

Nguyên tắc chung để có thể truyền dẫn ánh nắng mặt trời vào trong nhà của nghiên cứu này được mô tả như Hình 1. Gương parabol lớn với tiêu cự f_1 được tự động điều chỉnh sao cho nó luôn vuông góc với chùm tia sáng mặt trời. Gương parabol nhỏ với tiêu cự f_2 được sử dụng để bẫy chùm ánh sáng hội tụ phản xạ theo chiều ngược lại với kích thước tâm hội tụ nhỏ hơn. Chùm ánh sáng này, sau đó được đưa vào một đầu bó sợi quang. Với chiết suất lõi sợi quang thích hợp, ánh sáng được phản xạ toàn phần và truyền đi trong lòng bó sợi vào trong nhà. Ở đầu ra của bó sợi, ánh sáng được ứng dụng cho nhiều mục đích khác nhau. Trong nghiên cứu này mục tiêu chiếu sáng tự nhiên sẽ được kiểm nghiệm.



Hình 1: Nguyên lý chung của hệ thống truyền dẫn ánh nắng vào trong nhà

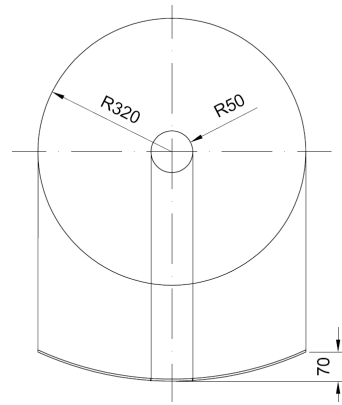
2.2 Cơ cấu gương

Gương parabol lớn trên Hình 1 được sử dụng để thu chùm sáng song song từ mặt trời và tạo thành chùm hội tụ tại tiêu cự f_1 của nó. Gương này được chế tạo từ acrylic, do Công ty GreenPowerScience – Hoa Kỳ sản xuất, có trọng lượng nhẹ hơn và giá thành chỉ bằng 10% so với gương cùng loại được chế tạo bằng thủy tinh, với khả năng phản xạ đạt đến 97%. Gương parabol lớn được sử dụng trong thực nghiệm này như Hình 2. Giữa gương, một lỗ tròn đường kính 100mm được khoét để lắp bó sợi quang thu ánh sáng.

Do không tìm được gương parabol nhỏ thích hợp (Hình 1), nên trong thực nghiệm này, một gương phẳng đường kính 200mm đã được sử dụng để thay thế. Với các thông số đã biết của gương parabol lớn, ta cần tính toán vị trí đặt gương phẳng và đầu bó sợi quang, sao cho việc lắp đặt được thực hiện dễ dàng, việc bẫy và truyền dẫn ánh sáng đạt được hiệu quả cao nhất.

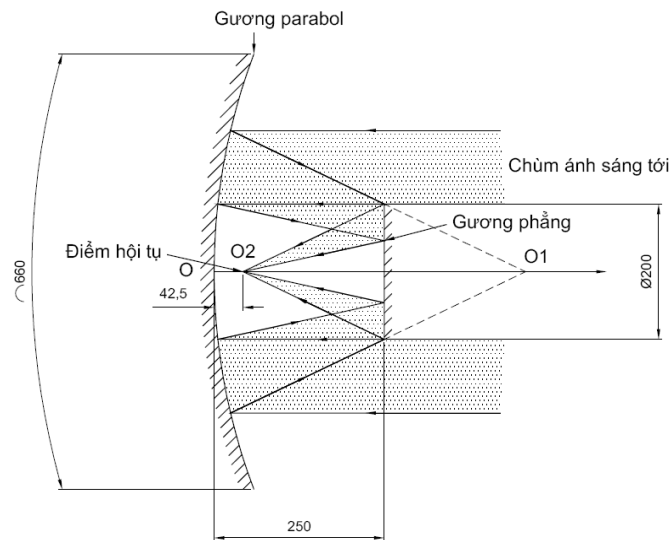
Lấy quang trục của hệ thống với quang tâm của gương parabol làm gốc tọa độ, chiều dương hướng về phía xa gương (Hình 3). Theo thông số kỹ thuật của gương parabol, điểm hội tụ của chùm sáng song song từ mặt trời sau khi qua gương parabol được xác định như (1).

$$OO_1 = f_1 = 457,5\text{mm} \quad (1)$$



- Kích thước: 640mm x 640mm x 70mm
- Đường kính điểm hội tụ: 25,4mm
- Tiêu cự f_1 : 457,5mm
- Khối lượng: 0,9kg
- Nhiệt độ làm việc tối đa: 566°C
- 0,3 lít nước đặt tại tiêu điểm, thời gian sôi là 120 giây.

Hình 2: Gương parabol thu ánh nắng mặt trời



Hình 3: Xác định vị trí đặt bó sợi quang

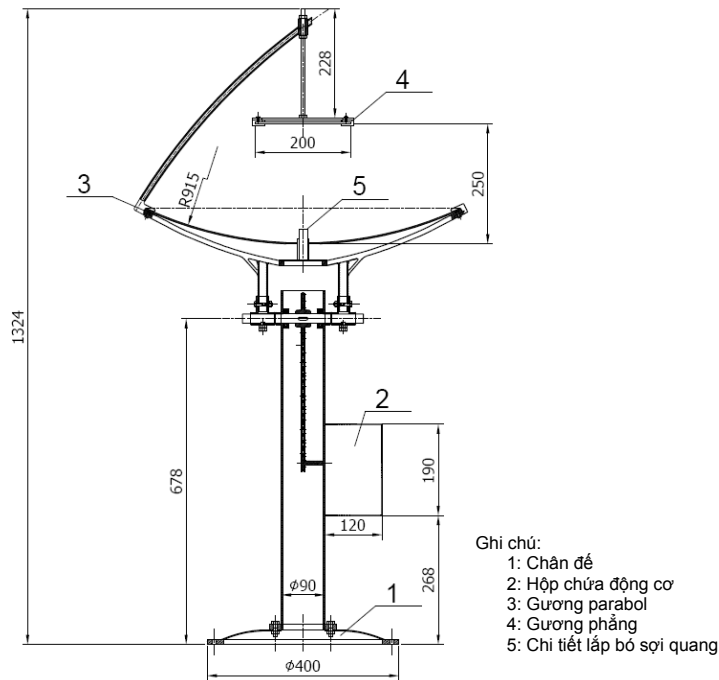
Để điểm hội tụ sau cùng của hệ quang học nằm gần với vị trí đã khoét lỗ ở tâm gương parabol lớn. Gương phẳng được đặt vuông góc với quang trục của gương parabol và cách quang tâm 250mm. Khi đó, điểm hội tụ sau cùng sẽ đối xứng với tiêu điểm của gương parabol, nằm giữa gương phẳng và gương parabol, cách quang tâm của gương parabol một khoảng (2). Đầu bó sợi quang sẽ được đặt tại vị trí O_2 (Hình 3).

$$OO_2 = 250 - (OO_1 - 250) = 42,5 \text{ mm} \quad (2)$$

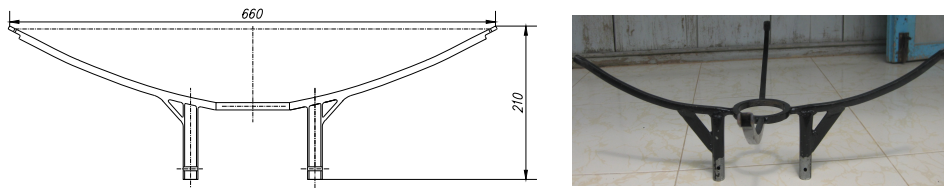
2.3 Cơ cấu khung – giá đỡ

Bộ phận khung – giá đỡ được thiết kế như Hình 4. Giá đỡ gương parabol dùng để cố định gương parabol trong quá trình quay hướng theo mặt trời. Giá đỡ được cấu tạo bởi bốn thanh thép vuông cạnh 10mm, dài 500mm được uốn cong và hàn vào một khung tròn có đường kính 100mm. Ở đầu bốn thanh thép được bố trí các chi tiết dùng để kẹp gương parabol vào giá đỡ. Phía dưới có hai thanh sắt tròn dùng

để cố định giá đỡ với trục quay (Hình 5), đảm bảo gương chỉ quay theo phương đông-tây (bỏ qua sự dịch chuyển theo phương nam-bắc của vị trí mặt trời).



Hình 4: Thiết kế cơ khí bộ phận khung – giá đỡ



Hình 5: Giá đỡ gương parabol

Giá đỡ gương phẳng được chế tạo bởi một thanh thép vuông cạnh 10mm, uốn cong, đầu thanh gắn chi tiết dùng để kẹp gương phẳng (chi tiết 4, Hình 4).

Chi tiết lắp đầu bó sợi quang dùng để cố định cáp quang với cơ cấu bẫy ánh sáng mặt trời. Cấu tạo của chi tiết gồm có một ống inox đường kính 18mm để chứa bó sợi quang. Nó được lồng vào một ống inox thứ hai có đường kính 25mm để chứa nước, khi cần có thể giúp tản nhiệt cho đầu cáp quang ở vị trí tiếp xúc trực tiếp với điểm hội tụ ánh sáng (chi tiết 5, Hình 4).

Cơ cấu sử dụng một động cơ DC có bộ truyền động trục vít – bánh vít kết hợp với bộ truyền xích để điều khiển chuyển động quay của gương parabol trong quá trình di chuyển hướng theo vị trí mặt trời. Để quá trình di chuyển của gương parabol được chính xác, tốc độ quay của trục không được phép quá nhanh. Trong mô hình thực nghiệm này, cơ cấu truyền động được thiết kế theo sơ đồ hình 6, với tốc độ

quay của gương parabol được chọn là $\omega_3 = 3$ vòng/phút, tốc độ động cơ được chọn là $\omega_1 = 30$ vòng/phút, công suất động cơ là 12W. Động cơ có kết hợp sẵn bộ giảm tốc bằng bánh răng, tỉ số truyền 1:3 ($i_{12}=3$). Tốc độ sau khi qua bộ giảm tốc là:

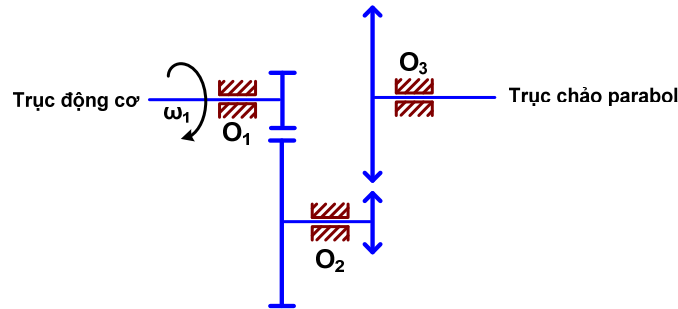
$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i_{12}} = \frac{30}{3} = 10 \text{ vòng / phút} \tag{3}$$

Do vậy, tỉ số truyền của bộ truyền động xích là:

$$i_{23} = \frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{10}{3} \approx 3,33 \tag{4}$$

Nếu chọn tỉ số truyền của bộ truyền động xích cũng là 1:3, thì tốc độ trục quay chảo parabol trên thực tế là:

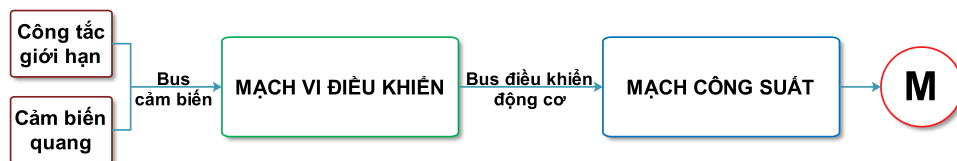
$$\omega'_3 = \frac{v_1}{i} = \frac{10}{3} \approx 3,33 \text{ vòng / phút} \tag{5}$$



Hình 6: Sơ đồ truyền động của bộ phận khung - giá đỡ

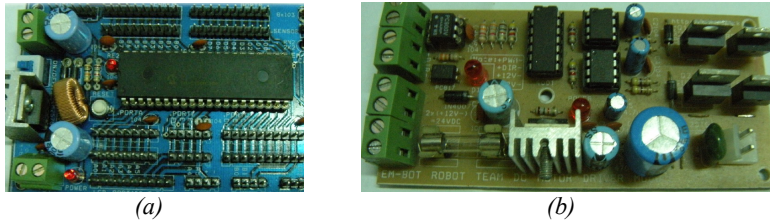
2.4 Mạch điều khiển

Việc điều khiển gương parabol bám theo mặt trời được thực hiện khá đơn giản. Kỹ thuật này đã được áp dụng nhiều trong việc điều khiển các tấm pin mặt trời. Do vậy, phần này không đề cập sâu về việc thiết kế mạch điều khiển. Nguyên tắc điều chỉnh gương parabol được minh họa trên Hình 7. Gương được điều khiển theo phương đông-tây, góc điều chỉnh trong khoảng ($30^\circ - 150^\circ$) so với mặt đất. Tại 2 vị trí này, 2 công tắc giới hạn được lắp đặt. Hai cảm biến quang được sử dụng để nhận biết tình trạng có hay không có ánh nắng mặt trời, cũng như xác định khi nào mặt gương parabol vuông góc với chùm ánh sáng mặt trời chiếu vào nó. Mạch vi điều khiển PIC16F877A (Hình 8a) sẽ thu thập dữ liệu từ các cảm biến và ra lệnh thích hợp cho mạch công suất (Hình 8b) để lái động cơ quay gương.

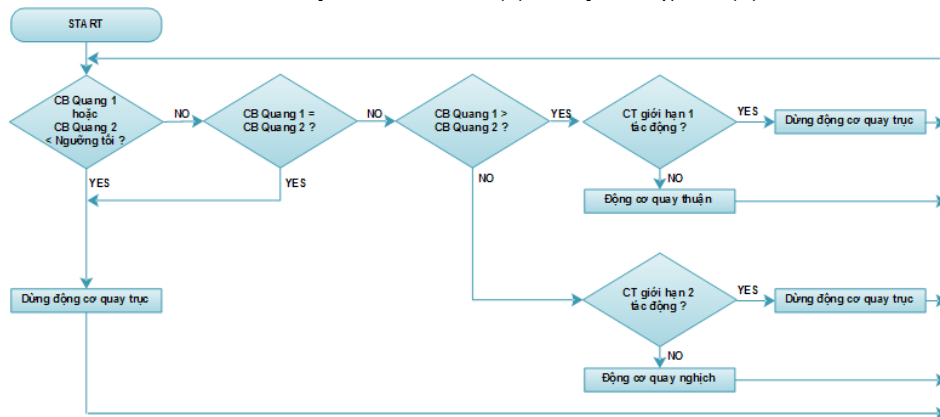


Hình 7: Nguyên tắc điều khiển

Giải thuật điều khiển được minh họa trên Hình 9. Nếu trời tối hoặc có mây che ánh nắng mặt trời do cảm biến *CB Quang 1* và *CB Quang 2* xác định, thì động cơ quay gương sẽ được dừng lại. Ngược lại, khi trời có nắng, gương sẽ được điều chỉnh quay thuận hoặc quay nghịch đến khi cả hai cảm biến *CB Quang 1* và *CB Quang 2* đều nhận được ánh nắng mặt trời. Điều đó đồng nghĩa với mặt gương vuông góc với chùm ánh sáng chiếu vào nó.



Hình 8: Mạch vi điều khiển (a) và mạch công suất (b)



Hình 9: Giải thuật điều khiển gương parabol bám theo mặt trời

2.5 Sợi dẫn quang

Bó sợi quang được sử dụng để truyền ánh sáng từ điểm hội tụ của cơ cấu gương đến vị trí ứng dụng trong nhà, dựa trên hiện tượng phản xạ toàn phần trong lòng bó sợi. Trong thực nghiệm này, sợi quang được sử dụng là loại EK-100, do Công ty Shenzhen Corporeal Photoelectric, Trung Quốc sản xuất (Hình 10a). Vài thông số kỹ thuật của sợi quang do nhà sản xuất cung cấp gồm:

- Mã sợi quang: EK-100
- Chất liệu lõi: PMMA (polymethyl methacrylate)
- Đường kính lõi: 1,0mm
- Chất liệu vỏ: PVC trong suốt
- Độ suy giảm: < 0,2dB/m (đối mới ánh sáng có bước sóng 650nm)
- Khoảng nhiệt độ làm việc: -20°C đến 70°C

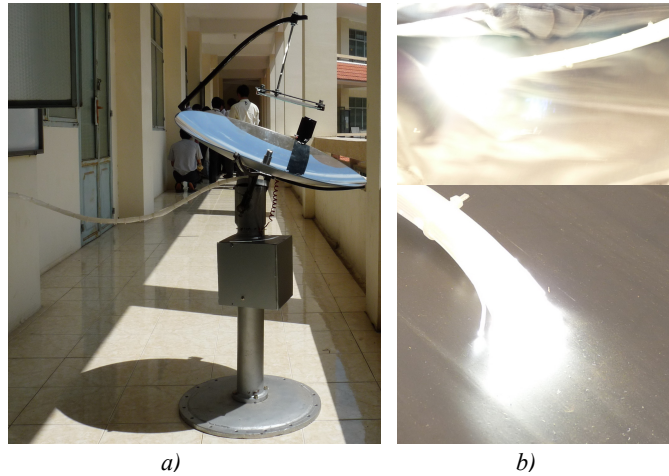
Để tiến hành thí nghiệm, 150 sợi quang được ghép thành một bó có đường kính 12,25mm (Hình 10b). Nhằm hạn giảm thiểu chi phí, chiều dài của bó sợi quang trong thực nghiệm là 5m. Bó sợi quang được lồng vào ống inox có khoang tản nhiệt bằng nước bên ngoài nhằm giảm nhiệt độ tại điểm hội tụ tránh hư hỏng đầu bó cáp trong trường hợp nhiệt độ vượt quá giới hạn của sợi quang.



Hình 10: Sợi dẫn quang

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Qua quá trình tìm hiểu, thiết kế, chế tạo và thử nghiệm với nhiều loại sợi quang khác nhau, một mô hình ứng dụng năng lượng mặt trời được thực hiện như Hình 11a, ánh sáng ở đầu ra bó sợi quang được trình bày trên Hình 11b, với một vài thông số kỹ thuật đặc trưng của sản phẩm được mô tả trong Bảng 1.



Hình 11: Sản phẩm thực nghiệm (a) và ánh sáng ở đầu ra bó sợi quang (b)

Bảng 1: Thông số kỹ thuật của sản phẩm thực nghiệm

Thông số kỹ thuật	Giá trị	Đơn vị
Kích thước	640 x 640 x 1324	mm
Trọng lượng	18	kg
Nguồn cấp điện	220/50	V/Hz
Công suất tiêu thụ điện (mỗi giờ gương di chuyển 1 phút)	15/60=0.25	Wh
Đường kính bó sợi quang	12,25	mm
Chiều dài bó sợi quang	5	m
Quang thông đầu ra bó sợi quang	600±50	Lumen (Lm)
Sai số vị trí gương	4±0,5	độ

Kết quả thực nghiệm cho thấy, với đường kính gương parabol thu ánh sáng là 640mm, quang thông đầu ra bó sợi (sử dụng máy đo quang thông hiện số

VEDVM1300) chỉ ở mức 600 ± 50 Lm tương đương với $\frac{1}{2}$ bóng đèn huỳnh quang 20W. Hạn chế này cho thấy nghiên cứu còn phải tiếp tục để có được một sản phẩm hoàn chỉnh. Nguyên nhân lớn nhất của hạn chế này đó là không chế tạo được gương parabol nhỏ (Hình 1), nên buộc phải sử dụng gương phẳng thay thế, dẫn đến đường kính điểm hội tụ (25,4 mm) lớn hơn nhiều so với đường kính bó sợi quang (12,25 mm). Điều này có nghĩa là, chỉ có khoảng $\frac{1}{4}$ lượng ánh sáng thu được từ gương parabol lớn là có thể truyền đi trong lòng bó sợi, $\frac{3}{4}$ còn lại không chỉ đã thất thoát mà còn nung nóng đầu bó sợi, nên bộ phận làm mát bằng nước buộc phải sử dụng đến.

Thực nghiệm cũng cho thấy sợi quang EK-100 truyền dẫn tốt hơn các chùm ánh sáng có bước sóng dài xung quanh giá trị 650nm, nên nó chỉ có thể được sử dụng cho mục tiêu chiếu sáng, còn mục tiêu ứng dụng nhiệt là hạn chế. Bên cạnh đó, việc sử dụng nguồn điện công nghiệp để cung cấp cho mạch điều khiển vị trí gương parabol có vẻ bất hợp lý so với mục tiêu đề ra. Tuy nhiên, việc thay thế nguồn điện này bằng một tấm pin mặt trời công suất khoảng 20W là hoàn toàn thực hiện được.

Ngoài ra, cơ chế điều khiển gương parabol bám theo mặt trời đã được thiết kế cho phép hệ thống thu được ánh sáng tốt nhất trong khoảng từ 7:30 buổi sáng đến 14:30 buổi chiều, với sai số giữa quang trục của hệ thống gương so với phương của chùm ánh sáng mặt trời là $4 \pm 0,5^\circ$. Hệ thống gương nên được lắp đặt ở vị trí không bị che khuất ánh sáng mặt trời, tốt nhất là trên sân thượng hoặc mái nhà. Bó sợi quang có thể uốn cong dễ dàng nên việc lắp đặt ứng dụng trong nhà rất thuận lợi. Tuy nhiên, phần bó sợi nằm bên ngoài nhà chịu tác động của ánh nắng có thể bị giảm tuổi thọ, vì thế nó cần được bảo vệ bằng cách luồn vào ống nhựa PVC. Nếu tìm được gương parabol nhỏ (Hình 1) thích hợp và tăng cường kích thước bó sợi quang lên 20mm, hệ thống có thể chiếu sáng tự nhiên tương đương với 2 bóng huỳnh quang 20W, với chi phí lắp đặt khoảng 7,5 triệu đồng.

Bảng 2: So sánh hiệu quả đầu tư

Thông số so sánh	Đơn vị	Điện C. nghiệp 2 bóng 20W	pin mặt trời 50Wp 2 bóng 20W	Hệ thống truyền dẫn ánh sáng
Chi phí ban đầu	đồng	300.000	15.000.000	7.500.000
Tiêu thụ & tổn hao điện mỗi giờ	Wh	$(20+10) \times 2 = 60$	0	0,25
Tiêu thụ điện 10 năm (mỗi ngày 8 giờ, mỗi năm 200 ngày dùng)	KWh	960	0	4
Tiền điện 10 năm (2000 đồng/KWh)	đồng	1.920.000	0	8.000
Thay ắc-quy (500.000 đồng/2năm)	đồng	0	2.500.000	0
Thay bóng đèn (20.000 đồng/năm)	đồng	200.000	200.000	0
Tổng chi phí 10 năm	đồng	2.420.000	17.700.000	7.508.000

Kết quả so sánh ở bảng 2 cho thấy hệ thống truyền dẫn ánh sáng vào trong nhà của nghiên cứu này có chi phí thấp hơn nhiều so với chi phí của hệ thống dùng tấm pin mặt trời, nhưng vẫn cao hơn 3 lần so với việc sử dụng điện công nghiệp. Tuy nhiên, nó có thể góp phần giải được bài toán mất điện do thiếu hụt điện năng và là một sản phẩm thân thiện với môi trường.

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Nghiên cứu bước đầu giới thiệu được một giải pháp tiết kiệm điện bằng ứng dụng năng lượng mặt trời cho mục đích chiếu sáng tự nhiên các vị trí không thể xây dựng được giếng trời như nhà ống, tầng hầm, chung cư... Kết cấu cơ khí chắc chắn của bộ khung – giá đỡ cho phép việc điều khiển gương parabol thu ánh sáng chuyển động bám theo mặt trời được thực hiện một cách dễ dàng. Mạch kiểm soát vị trí gương parabol trong nghiên cứu này hoạt động hiệu quả, tiêu tốn năng lượng thấp và hoàn toàn có thể sử dụng thay thế cho các mạch điều khiển các tấm pin mặt trời nhập khẩu.

Tuy nhiên, nghiên cứu này cần khắc phục hiện tượng nóng lên của dây bó sợi quang, tại điểm hội tụ ánh sáng bằng cách đệm một hộp thủy tinh kín, trong suốt có chứa nước bên trong. Với nguyên lý này, việc chế tạo hệ thống khử trùng thực phẩm bằng tia cực tím tập trung, cường độ cao có thể là một ứng dụng hữu ích khác. Ngoài ra, các gương parabol và sợi quang dẫn đều có thể mua với giá rẻ từ Trung Quốc, nên hệ thống này hoàn toàn có thể phát triển thành một sản phẩm thương mại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Duong Minh Tri, 2011. Use renewable energy: Towards sustainable travel. Website Hội bảo vệ thiên nhiên & môi trường Tp. HCM, ngày 05/04/2011.
URL: <http://moitruongxanhhcm.com.vn/en/kien-thuc-moi-truong/khoa-hoc-moi-truong/378.html>
- Gorman, J., 2007. Sunlight Direct's Hybrid Solar Lighting: Fiberoptic Brilliance. Popular Mechanics.
- Halacy, B. and D. Halacy, 1992. Cooking with the Sun: How to Build and Use Solar Cookers. Morning Sun Press, 114 pages, ISBN-13: 978-0962906923.
- Hoàng Dương Hùng, 2010. Sử dụng năng lượng mặt trời để nấu ăn và cung cấp nước nóng dùng cho sinh hoạt – một giải pháp tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường. Tạp chí khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng – số 4(39).2010, trang 136-142.
- IEA, 2010a. Key World Energy Statistics.
- IEA, 2010b. CO₂ Emissions from Fuel combustion highlights. ISBN: 978-92-64-08027-8.
- Kofalk H., 1997. Solar Cooking: A Primer/Cookbook. Book Publishing Company, 96 pages, ISBN-13: 978-1570670077.
- Lạc Phong, 2011. Mùa khô 2011: Thiếu điện gay gắt, Báo Sài Gòn Giải Phóng, số ra ngày 22/01/2011.
- Maxey C., 2008. Hybrid Solar Lighting - Fiber optics brings sunlight inside. Oak Ridge National Laboratory.
- Nguyễn Cầu, 2009. Bếp năng lượng mặt trời, Báo Đà Nẵng, số ra ngày 13/7/2009.
- Radabaugh, J. M. and B. Root, 1998. Heaven's Flame: A Guide to Solar Cookers. Home Power Publishing. 143 pages., ISBN-13: 978-0962958823.