



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0037193

(51)^{2018.01} B60H 1/32; B29C 70/88; F28F 3/02;
F25B 23/00; F28F 13/18; B29C 70/58;
C08K 3/01

(13) B

(21) 1-2018-04254

(22) 27/02/2017

(86) PCT/US2017/019727 27/02/2017

(87) WO/2017/151514 08/09/2017

(30) 15/056,680 29/02/2016 US; 62/456,540 08/02/2017 US

(45) 25/10/2023 427

(43) 25/04/2019 373A

(73) 1. THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF COLORADO, A BODY
CORPORATE (US)

1800 Grant Street, 8th Floor, Denver, Colorado 80203, United States of America

2. UNIVERSITY OF WYOMING (US)

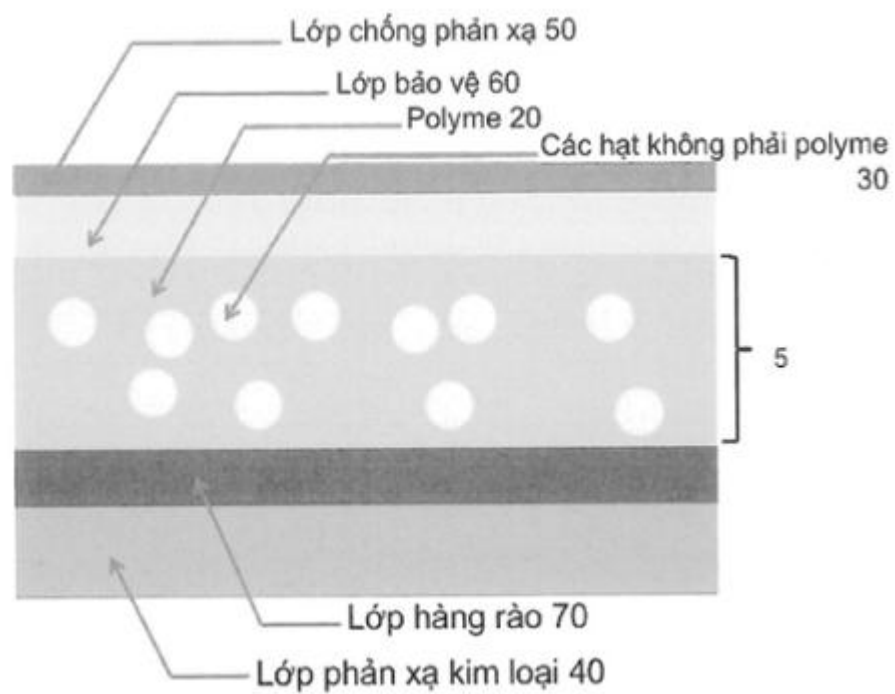
1000 E. University Avenue, Laramie, Wyoming 82071, United States of America

(72) Ronggui YANG (CN); Xiaobo YIN (CN); Gang TAN (CN); Dongliang ZHAO (CN);
Yaoguang MA (CN); Yao ZHAI (CN).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) CƠ CẤU LÀM MÁT BỨC XẠ CÓ LỰA CHỌN VÀ PHƯƠNG PHÁP LOẠI BỎ
NHIỆT KHỎI VẬT THỂ BỞI SỰ BỨC XẠ NHIỆT CÓ LỰA CHỌN

(57) Sáng chế đề xuất các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn dựa trên polyme, các cơ cấu này bao gồm lớp phát xạ có lựa chọn bằng polyme hoặc vật liệu composít có chất nền polyme. Các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn được nêu làm ví dụ là có dạng tấm, màng hoặc lớp phủ. Các phương pháp để loại bỏ nhiệt khỏi vật thể bởi sự bức xạ nhiệt có lựa chọn nhờ sử dụng các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn dựa trên polyme cũng được đề xuất.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các cơ cấu và hệ thống làm mát bức xạ.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Quá trình làm mát bức xạ có đặc điểm là sự giải phóng nhiệt từ vật thể hoặc bề mặt dưới dạng bức xạ nhiệt, nhờ đó làm giảm nhiệt độ của vật thể hoặc bề mặt, hoặc duy trì nhiệt độ của nó ở đường cơ sở thấp hơn tương đối khi hoạt động trong trạng thái ổn định. Sự bức xạ nhiệt phát xạ từ bề mặt có nhiệt độ khác không (theo đơn vị Kelvin) có bước sóng hoặc phổ tần số liên tục mà phụ thuộc vào nhiệt độ của bề mặt; phần lớn sự bức xạ nhiệt phát xạ bởi các vật thể gần nhiệt độ phòng đều nằm trong (các) vùng hồng ngoại của phổ điện từ.

Thiết bị làm mát bức xạ có lựa chọn bước sóng có thể phát xạ sự bức xạ nhiệt được ưu tiên là ở các dải bước sóng được chọn của phổ điện từ. Ví dụ, thiết bị làm mát bức xạ có lựa chọn có thể ưu tiên phát xạ bức xạ hồng ngoại tại các bước sóng tương ứng với “cửa sổ khí quyển”, còn được gọi là “cửa sổ truyền của khí quyển” hoặc “cửa sổ trong suốt của khí quyển”. Khí quyển của Trái đất gần như không hấp thụ trong các dải bước sóng “cửa sổ” này, chẳng hạn tại 7 μm – 13 μm và 16 μm – 30 μm . Các ví dụ về các thiết bị làm mát bức xạ để phát xạ bức xạ hồng ngoại được mô tả trong các patent Mỹ số 2,289,809; 3,043,112; 3,671,286; 4,586,350; và 7,503,971, và các công bố đơn patent Mỹ số US2010/0155043 và US2015/0131023.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một số khía cạnh, sáng chế đề cập đến các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn dựa trên polyme mà bao gồm lớp phát xạ có lựa chọn bước sóng có polyme hoặc vật liệu composit (vật liệu tổng hợp) có chất nền polyme. Các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn bước sóng được nêu làm ví dụ là có dạng tấm, màng hoặc lớp phủ, và có thể được coi là tạo ra bề mặt làm mát bức xạ. Các cơ cấu làm mát bức xạ

dựa trên polyme này có thể được sử dụng vào ban ngày hoặc ban đêm. Theo các khía cạnh bổ sung, thì sáng chế đề cập đến các phương pháp loại bỏ nhiệt khỏi vật thể bởi sự bức xạ có lựa chọn nhờ sử dụng các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn bước sóng dựa trên polyme. Ngoài ra, sáng chế đề cập đến các phương pháp sản xuất các cơ cấu làm mát bức xạ dựa trên polyme. Các giải pháp dựa trên polyme để làm mát bức xạ, mà được mô tả ở đây, là có thể có chi phí thấp hơn, có hiệu quả hơn và/hoặc được sản xuất và được tích hợp tại các quy mô kích thước ứng dụng một cách dễ dàng hơn so với các lớp phủ quang học đa lớp vô cơ.

Theo một số phương án, các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn bước sóng này sẽ giới hạn sự hấp thụ năng lượng mặt trời. Fig.1 là hình vẽ thể hiện và so sánh phổ mặt trời (AM1.5) và phổ bức xạ nhiệt đối với vật thể đen tại 15 °C thông qua các cửa sổ truyền của khí quyển. Có sự không khớp lớn về mật độ công suất giữa hai phổ, với công suất gia nhiệt tương đối lớn đến từ phổ mặt trời so với quá trình tự làm mát tiềm năng bởi sự bức xạ nhiệt thông qua cửa sổ truyền của khí quyển. Theo các phương án nữa, các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này sẽ tối đa hoá sự bức xạ hồng ngoại trong một hoặc nhiều cửa sổ truyền của khí quyển.

Theo các phương án, các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn được mô tả ở đây cung cấp các công suất làm mát bức xạ lớn hơn 100 W/m² vào ban ngày, ban đêm, hoặc cả ban ngày lẫn ban đêm, ở nhiệt độ phòng. Các phương án cũng có thể được chọn sao cho công suất làm mát ở nhiệt độ phòng nằm trong khoảng 50 W/m² đến 150 W/m², 20 W/m² đến 40 W/m², 40 W/m² đến 60 W/m², 60 W/m² đến 80 W/m², 80 W/m² đến 100 W/m², 100 W/m² đến 120 W/m², 120 W/m² đến 140 W/m², hoặc 140 W/m² đến 160 W/m² vào ban ngày, ban đêm, hoặc cả ban ngày lẫn ban đêm. Theo các phương án, công suất làm mát được đo tại nhiệt độ được chọn trong khoảng từ -100 °C đến 500 °C. Theo một ví dụ, công suất làm mát được đo đối với nhiệt độ là 15 °C. Theo một ví dụ, thông lượng nhiệt bức xạ mặt trời được đo với đương lượng là 890 W/m² của ánh sáng mặt trời trực tiếp tới cơ cấu làm mát bức xạ này. Tuy nhiên, theo các phương án, thì cơ cấu làm mát bức xạ này phản xạ phần lớn ánh sáng mặt trời do các đặc điểm có lựa chọn bước sóng của nó, điều này gây ra công suất làm mát thực là 100 W/m². Các phần tử theo các phương án nêu trên có thể được chọn một cách thích hợp để điều chỉnh công suất làm mát đến khoảng mong

muốn đối với các vật thể có các nhiệt độ lõi khác nhau cần được làm mát. Công suất làm mát bức xạ càng cao nếu nhiệt độ bề mặt càng cao. Ví dụ, công suất làm mát có thể lớn hơn 200 W/m^2 đối với nhiệt độ bề mặt là 50°C . Một số phương án có thể hoạt động tại các nhiệt độ lớn hơn 300°C . Các điều kiện thời tiết chẳng hạn như gió, nước ngưng, và mây, cũng có thể làm hiệu quả công suất làm mát.

Theo một khía cạnh của sáng chế, thì các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn bước sóng này sẽ truyền (hoặc phản xạ) bức xạ mặt trời, phát xạ bức xạ hồng ngoại qua cửa sổ truyền của khí quyển, và bao gồm lớp phát xạ có lựa chọn. Theo các phương án, thì lớp phát xạ có lựa chọn của cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn bước sóng này cũng truyền bức xạ mặt trời và phát xạ bức xạ hồng ngoại. Các cơ cấu làm mát bức xạ đó có thể được áp dụng để làm mát các tế bào năng lượng mặt trời, cửa sổ, mái nhà, trần nhà và các vật thể khác, bằng cách đặt cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này thông nhiệt với vật thể cần được làm mát. Các cửa sổ, mái nhà, và trần nhà này có thể là một phần của các hệ thống vận tải, chẳng hạn ô tô, hoặc các công trình xây dựng, chẳng hạn nhà ở, và nhà kính. Các cơ cấu làm mát bức xạ này cũng có thể được áp dụng lên các hệ thống trao đổi nhiệt bằng cách đặt cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn bước sóng này thông nhiệt với môi trường trao đổi nhiệt, chẳng hạn các chất lỏng, hoặc bộ trao đổi nhiệt.

Theo một số phương án, cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn bước sóng này là khác biệt bởi độ phát xạ trung bình nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1 trên một hoặc nhiều cửa sổ truyền của khí quyển. Theo các ví dụ, thì độ phát xạ trung bình này nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1 trên dải bước sóng $7 \mu\text{m}$ đến $14 \mu\text{m}$, dải bước sóng $7 \mu\text{m}$ đến $13 \mu\text{m}$, dải bước sóng $16 \mu\text{m}$ đến $30 \mu\text{m}$, hoặc tổ hợp của các dải bước sóng này. Theo các phương án bổ sung, thì các dải bước sóng hẹp hơn là được áp dụng, chẳng hạn từ $8 \mu\text{m}$ đến $12 \mu\text{m}$ hoặc từ $17 \mu\text{m}$ đến $25 \mu\text{m}$. Theo các ví dụ bổ sung, thì độ phát xạ nêu trên là nằm trong khoảng từ 0,6 đến 1, 0,7 đến 1, 0,8 đến 1, 0,9 đến 1, 0,95 đến 1, hoặc lớn hơn 0,95 đến 1 trên dải bước sóng được chọn. Theo một phương án, thì độ phát xạ trung bình là độ phát xạ bán cầu được lấy trung bình trên dải bước sóng quan tâm.

Theo các phương án bổ sung, thì cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn bước sóng này là khác biệt bởi độ hấp thụ trung bình thấp, nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2

trên dải bước sóng được chọn của phổ mặt trời. Theo các ví dụ bổ sung, thì độ hấp thụ này nằm trong khoảng từ 0,15 đến 0, 0,1 đến 0, 0,05 đến 0 hoặc nhỏ hơn 0,05 trên dải bước sóng được chọn. Fig.1 là hình vẽ thể hiện sự bức xạ dưới dạng hàm theo bước sóng đối với sự bức xạ mặt trời AM1.5. Theo các phương án, thì độ hấp thụ nêu trên được lấy trung bình trên phổ mặt trời với bước sóng nằm trong khoảng từ 0,3 μm đến 5 μm hoặc 0,3 μm đến 3 μm .

Theo các phương án, thì lớp phát xạ có lựa chọn bao gồm lớp polyme hoặc lớp polyme compozit để truyền bức xạ mặt trời và phát xạ bức xạ hồng ngoại. Theo các phương án, thì lớp polyme này có độ hấp thụ năng lượng mặt trời thấp, ví dụ, độ hấp thụ năng lượng mặt trời trung bình trong dải 300 nm đến 5000 nm là nhỏ hơn 20%, nhỏ hơn hoặc bằng 15%, nhỏ hơn hoặc bằng 10% hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 5% với giới hạn dưới là 0. Theo các phương án nữa, thì lớp này có thể truyền nhiều hơn 80%, lớn hơn hoặc bằng 85%, lớn hơn hoặc bằng 90% hoặc lớn hơn hoặc bằng 95% ánh sáng mặt trời tới, với giới hạn trên là 100%. Theo các phương án nữa, thì lớp polyme này có độ hấp thụ (độ phát xạ) hồng ngoại cao trong dải 5 μm đến 50 μm , chẳng hạn từ 0,6 đến 1, 0,7 đến 1, 0,8 đến 1, 0,9 đến 1, 0,95 đến 1 hoặc lớn hơn 0,95 đến 1. Theo các phương án, thì polyme này có một hoặc nhiều dải hấp thụ trong cửa sổ khí quyển và không biểu hiện độ hấp thụ năng lượng mặt trời đáng kể trong dải từ 0,3 μm đến 3 μm . Các polyme phù hợp bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các polyolefin, polymetyl metacrylat (PolyMethyl MethAcrylate - PMMA), polymetylpenten (PolyMethylPentene - PMP, còn được gọi là 4-metylpenten-1 và poly(4-metyl-1-penten)), polyetylen (PolyEthylene - PE), polystyren (PolyStyrene - PS), polyetylen terephtalat (PolyEthylene Terephthalate - PET), polycacbonat (PolyCarbonate - PC), polytetrafloetylen (PolyTetraFluoroEthylene - PTFE), các tổ hợp của chúng và các copolyme của chúng. Polymetylpenten được bán trên thị trường dưới dạng TPXTM (bởi công ty Mitsui Chemicals). Monome cơ sở cho TPXTM là poly(4-metyl-1 penten), nhưng TPXTM bao gồm các copolyme của poly(4-metyl-1 penten) với các α -olefin chẳng hạn như 1-penten, 1-hexen và 1-octen (xem tài liệu Fink, J., Handbook of Engineering and Specialty Thermoplastics, Polyolefins and Styrenics, 2010, Scrivener, các trang 109-111).

Fig.2 là hình vẽ thể hiện sơ đồ lớp phát xạ 5 là tấm polyme 20. Theo các phương án, thì chiều dày của tấm polyme hoặc lớp dựa trên polyme này có thể là từ 5 μm đến 3 mili mét hoặc dày hơn, từ 5 μm đến 1 mm, từ 5 μm đến 500 μm , từ 5 μm đến 100 μm , từ 10 μm đến 3 mm, từ 100 μm đến 750 μm , từ 100 μm đến 1000 μm , từ 200 μm đến 750 μm , từ 250 μm đến 500 μm hoặc từ 500 μm đến 1000 μm . Theo các phương án, thì cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này bao gồm lớp phát xạ có lựa chọn bao gồm polyme, trong đó cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này là khác biệt bởi độ phát xạ trung bình nằm trong khoảng từ 0,6 đến 1,0 trên dải bước sóng từ 7 μm đến 14 μm .

Theo các phương án bổ sung, thì lớp phát xạ có lựa chọn này bao gồm lớp vật liệu composit bao gồm chất nền polyme và các vùng chất độn (ví dụ, các hạt) phân tán ở chất nền này. Theo các phương án, thì polyme này truyền bức xạ mặt trời và phát xạ bức xạ hồng ngoại; các polyme được nêu làm ví dụ đã được mô tả trên đây. Theo các phương án, thì polyme này có một hoặc nhiều dải hấp thụ trong cửa sổ truyền của khí quyển, và không biểu hiện độ hấp thụ đáng kể trong phổ mặt trời từ 0,3 μm đến 3 μm . Theo một số ví dụ, thì các vùng chất độn cũng là polyme, nhưng là polyme khác so với chất nền polyme (ví dụ, chất nền là polyme thứ nhất và chất độn là polyme thứ hai). Theo các ví dụ khác thì các vùng chất độn không phải là polyme, chẳng hạn chất điện môi không phải polyme. Theo các phương án nữa, thì các vùng (các chất độn) không phải polyme có thể được điều chỉnh để giảm độ hấp thụ năng lượng mặt trời, tăng độ phát xạ nhiệt, hoặc là tăng hiệu quả làm mát bức xạ cho ứng dụng mong muốn. Theo một phương án, thì các vùng không phải là polyme sẽ tăng cường hiệu suất làm mát bức xạ của tấm polyme bằng cách làm tăng độ phát xạ hồng ngoại, chẳng hạn thông qua các hiệu ứng tán xạ Mie và những sự cộng hưởng hấp thụ được bổ sung. Theo các phương án, thì vật liệu không phải polyme có một hoặc nhiều dải hấp thụ trong cửa sổ khí quyển và không biểu hiện độ hấp thụ đáng kể trong phổ mặt trời từ 0,3 μm đến 3 μm . Việc hiệu quả được tăng lên theo các phương án này có thể cho phép các tấm composit dựa trên polyme có hiệu suất hoạt động cao hơn hoặc mỏng hơn tương đối tại cùng một mức hiệu suất, so với kết cấu toàn polyme.

Theo một phương án, thì chiết suất của các vùng không phải polyme là được làm khớp hoặc gần như khớp với chiết suất của polyme tại các bước sóng nhìn thấy được. Các phương án đó bao gồm các ứng dụng mà trong đó lớp phát xạ có lựa chọn nêu trên được ưu tiên là trong suốt thay vì trong mờ. Các ứng dụng đó bao gồm việc đánh lớp phát xạ có lựa chọn này vào cửa sổ (ví dụ, của toà nhà hoặc xe cộ), hoặc vào thiết bị hiển thị điện tử (ví dụ, thiết bị di động). Các chiết suất gần như khớp nhau là khác nhau ít hơn một lượng $\Delta n = 0,05$, ví dụ, hoặc tùy ý, ít hơn một lượng $\Delta n = 0,1$ hoặc ít hơn một lượng $\Delta n = 0,01$. Lớp phát xạ có lựa chọn nêu trên có thể đủ trong suốt sao cho độ mờ của nó, như được xác định bởi tiêu chuẩn ASTM Standard D-1003, là, ví dụ, nhỏ hoặc bằng mười lăm phần trăm, mười phần trăm, năm phần trăm, hoặc một phần trăm.

Theo một phương án, thì chiết suất của các vùng không phải polyme là được làm không khớp với chiết suất của polyme tại bước sóng nhìn thấy được. Các phương án đó bao gồm các ứng dụng mà trong đó lớp phát xạ có lựa chọn nêu trên được ưu tiên là trong mờ thay vì trong suốt. Các ứng dụng đó bao gồm việc đánh lớp phát xạ có lựa chọn này vào cửa sổ nhà riêng, hoặc vào tấm pin mặt trời.

Ở lớp phát xạ có lựa chọn này, thì vùng không phải là polyme có thể là SiO_2 và vùng là polyme có thể là polyetylen terephthalat (PolyEthylene Terephthalate - PET). Tại bước sóng trong không gian tự do là $9,8 \mu\text{m}$ thì chiết suất của SiO_2 và PET lần lượt là 2,9 và $1,7 \pm 0,1$, nên lượng chênh lệch chiết suất Δn là $1,2 \pm 0,1$. Lớp phát xạ có lựa chọn nêu trên có thể đủ trong mờ sao cho độ mờ của nó lớn hơn, ví dụ, mười phần trăm, hai mươi phần trăm, hoặc bốn mươi phần trăm.

Theo một phương án, thì lớp phát xạ này bao gồm lớp polyme có một phần thể tích có các hạt hoặc các hạt cầu được nhúng, như được thể hiện bằng sơ đồ trên Fig.3A. Fig.3B là hình vẽ thể hiện đường cong hấp thụ được nêu làm ví dụ (độ hấp thụ trung bình $< 5 \%$ trong phổ mặt trời) của lớp polyme có nhúng các hạt không phải polyme, theo một phương án của sáng chế (màng polymethylpenten dày $50 \mu\text{m}$ với 5% thể tích là các vi cầu silic đioxit đặc có đường kính $8 \mu\text{m}$). Theo các phương án, thì các hạt điện môi này là hình cầu, hình elipsoit, hình đa diện, dạng que, dạng tấm hoặc có hình dạng không đều. Theo các phương án, thì các hạt hay các hình cầu này có đường kính từ $1 \mu\text{m}$ đến $20 \mu\text{m}$ (hoặc đường kính hiệu dụng hoặc kích thước

đặc trưng nếu các hạt này không phải hình cầu), 3 μm đến 30 μm , 4 μm đến 10 μm hoặc từ 20 μm đến 30 μm . Theo các ví dụ, thì đường kính hoặc chiều dày của các hạt dạng que hoặc dạng tấm có thể được dùng làm kích thước đặc trưng. Theo các phương án nữa, thì kích thước trung bình của các hạt hoặc các hình cầu này là nằm trong khoảng được quy định. Theo các phương án nữa, thì lớp phát xạ này có thể bao gồm các hạt thuộc hai hoặc nhiều khoảng kích thước phân biệt. Theo các phương án, thì các hạt hoặc các hình cầu này là được làm từ chất điện môi. Các vật liệu phù hợp cho các hạt hoặc các hình cầu này bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, silic đioxit (SiO_2), CaCO_3 , SiC, loại vật liệu dạng thủy tinh bất kỳ, và tổ hợp của chúng. Trong một số trường hợp, thì các chế phẩm polyme không có các hạt phân tán có thể được sử dụng. Theo các phương án, thì nồng độ thể tích của các hạt hoặc các hình cầu có thể là 1 % đến 15 %, 5 % đến 15%, 1% đến 25%, 2% đến 25% hoặc 5 % đến 25%. Theo các phương án, thì nồng độ này có thể bằng không (màng polyme thuần). Theo các phương án, thì chất nền polyme của vật liệu compozit tạo thành dạng cân bằng của thể tích compozit hoặc nằm trong khoảng từ 80 % đến 100 % hoặc 95 % đến 100 % của compozit. Theo một phương án, thì chiều dày của lớp polyme là dày hơn so với đường kính hiệu dụng của các hạt hoặc các hình cầu. Theo các phương án, thì polyme hoặc lớp dựa trên polyme có thể có chiều dày từ 10 μm đến 3 mili mét hoặc dày hơn, từ 4 μm đến 10 μm , từ 10 μm đến 1 mm, từ 10 μm đến 500 μm , từ 10 μm đến 100 μm , từ 100 μm đến 750 μm , từ 200 μm đến 1000 μm , từ 200 μm đến 750 μm , từ 250 μm đến 500 μm hoặc từ 500 μm đến 1000 μm .

Theo một phương án, sáng chế đề xuất cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn bước sóng, cơ cấu này bao gồm

lớp phát xạ có lựa chọn bao gồm polyme và các hạt điện môi được phân tán trong polyme này, phần trăm thể tích của các hạt điện môi này nằm trong khoảng từ 2% đến 25%, và các hạt này là khác biệt bởi kích thước trung bình nằm trong khoảng từ 3 μm đến 30 μm

trong đó polyme, các hạt điện môi này, hoặc tổ hợp của chúng, là khác biệt bởi có một hoặc nhiều dải hấp thụ trong cửa sổ trong suốt của khí quyển và là trong suốt đối với bức xạ mặt trời từ 0,3 μm đến 3 μm . Theo một ví dụ, thì cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn bước sóng này là khác biệt bởi độ hấp thụ năng lượng mặt

trời từ 0 đến 0,1 và độ phát xạ trung bình nằm trong khoảng từ 0,6 đến 1,0 trên cửa sổ trong suốt của khí quyển. Theo các phương án, thì polyme này được chọn từ nhóm bao gồm: 4-metyl-1-penten polyme, 4-metyl-1-penten copolyme, polyvinyl florua, polyetylen terephtalat và TPXTM. Theo một ví dụ bổ sung, thì các hạt nêu trên là các vi cầu hoặc các vi que silic đioxit. Theo một phương án thì, ví dụ, các hạt điện môi nêu trên là được chọn từ nhóm bao gồm: silic đioxit (SiO₂), canxi cacbonat (CaCO₃), silic cacbua (SiC), kẽm oxit (ZnO), titan đioxit (TiO₂) và nhôm oxit (Al₂O₃).

Theo một phương án, ví dụ, sáng chế đề xuất cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn, cơ cấu này bao gồm: lớp phát xạ có lựa chọn bao gồm polyme và các hạt điện môi được phân tán trong polyme này, phần trăm thể tích của các hạt điện môi này trong lớp phát xạ có lựa chọn này nằm trong khoảng từ 5% đến 10%, và các hạt này là khác biệt bởi kích thước trung bình nằm trong khoảng từ 3 μm đến 30 μm ; trong đó cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này là khác biệt bởi độ phát xạ trung bình nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,0 trên dải bước sóng từ 7 μm đến 14 μm , trong đó polyme này là polyetylen terephtalat và các hạt điện môi này bao gồm SiO₂.

Theo một phương án, sáng chế đề xuất cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn, cơ cấu này bao gồm

lớp phát xạ có lựa chọn bao gồm polyme và các hạt điện môi được phân tán trong polyme này, phần trăm thể tích của các hạt điện môi trong lớp phát xạ có lựa chọn này nằm trong khoảng từ 1 % đến 25 % hoặc 2 % đến 25 % hoặc 1 % đến 15 %, và các hạt này là khác biệt bởi kích thước trung bình nằm trong khoảng từ 1 μm đến 20 μm hoặc từ 3 μm đến 30 μm

trong đó cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này là khác biệt bởi độ phát xạ trung bình nằm trong khoảng từ 0,6 đến 1,0 trên dải bước sóng từ 7 μm đến 13 μm . Theo các phương án nữa, thì cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này là khác biệt bởi độ hấp thụ trung bình từ 0 đến 0,1 hoặc từ 0 đến 0,2 trên dải bước sóng từ 0,3 μm đến 3 μm . Theo các phương án bổ sung, thì cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này là có dạng tấm hoặc dạng màng. Ví dụ, tấm này có thể có chiều rộng hoặc chiều dài với thang là xenti mét hoặc mét. Sẽ có lợi nếu các tấm hoặc màng này có thể được

sản xuất bằng tiên trình xử lý đa trục lẫn. Theo các phương án khác, cơ cấu làm mát bức xạ này được phủ lên bề mặt, ví dụ, dưới dạng lớp sơn hoặc lớp phun.

Theo các phương án bổ sung, thì một hoặc nhiều tấm hoặc lớp vật liệu bổ sung là được ghép nối với tấm làm mát bức xạ dựa trên polyme này. Theo các phương án, thì (các) lớp bổ sung này có khả năng chống phản xạ, chống nước, chống chịu thời tiết, bảo vệ ánh sáng UV (Ultra Violet - cực tím), chống mòn hoặc các thuộc tính tương tự. Các vật liệu mà có thể cấu thành hoặc được bao gồm trong các tấm này bao gồm các vật liệu hoặc các polyme mà trong suốt với mặt trời và chống chịu thời tiết, chẳng hạn PET, hoặc chất điện môi, chẳng hạn MgF_2 , và các tổ hợp của chúng. Theo một số ví dụ, thì ít nhất một trong số các lớp bổ sung này là hấp thụ hồng ngoại, còn theo các ví dụ khác thì ít nhất một trong số các lớp bổ sung này là trong suốt đối với ánh sáng hồng ngoại. Các tổ hợp bao gồm các kết cấu đa lớp của polyme và các chất điện môi mà trong suốt đối với ánh sáng hồng ngoại. Theo một số phương án, thì chiều dày của lớp để bảo vệ khỏi sự tiếp xúc với ánh sáng UV và/hoặc thời tiết là từ 10 nm đến 10 μm , 100 nm đến 10 μm , từ 10 nm đến 1 μm , từ 100 nm đến 1 μm hoặc từ 500 nm đến 10 μm .

Theo các khía cạnh nữa, sáng chế đề xuất các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn để phản xạ bức xạ mặt trời và phát xạ bức xạ hồng ngoại, và bao gồm lớp phát xạ có lựa chọn. Theo các phương án, thì cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn bước sóng này còn bao gồm lớp phản xạ tiếp xúc với lớp phát xạ có lựa chọn. Theo các phương án nữa, thì lớp phản xạ này là có tính phản xạ đối với bức xạ mặt trời. Như đã mô tả trên đây, lớp phát xạ có lựa chọn bao gồm polyme, và theo một số ví dụ, nó còn bao gồm các hạt độn.

Theo các phương án, sáng chế đề xuất cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn, cơ cấu này bao gồm lớp phát xạ có lựa chọn và lớp phản xạ năng lượng mặt trời tiếp xúc với lớp phát xạ có lựa chọn này, trong đó cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này là khác biệt bởi độ phản xạ năng lượng mặt trời nằm trong khoảng từ 0,9 đến 1. Ví dụ, độ phản xạ năng lượng mặt trời này được đo trên dải bước sóng từ 0,3 μm đến 3 μm . Theo các phương án, thì lớp phản xạ năng lượng mặt trời này bao gồm màng kim loại hoặc đế kim loại. Ví dụ, lớp phát xạ có lựa chọn này được đặt lên đế kim loại phản xạ năng lượng mặt trời mà là phần tử kết cấu của vật thể cần được làm mát.

Theo các ví dụ, thì màng kim loại này là khác biệt bởi chiều dày trung bình từ 30 nano mét đến 1000 nano mét và để kim loại này là khác biệt bởi chiều dày trung bình từ 1000 nano mét đến 10 cm. Theo các phương án, thì lớp phát xạ có lựa chọn này là khác biệt bởi độ truyền năng lượng mặt trời nằm trong khoảng từ 0,7 đến 1. Như đã mô tả trên đây, cơ cấu có lựa chọn bước sóng này bao gồm polyme, và theo một số ví dụ, nó còn bao gồm các hạt độn.

Fig.4A là hình vẽ thể hiện sơ đồ lớp phản xạ đơn 40 tiếp xúc với lớp phát xạ có lựa chọn 5 mà bao gồm các hạt không phải polyme 30 trong chất nền của polyme 20. Ví dụ, lớp phản xạ này là bằng kim loại hoặc được làm từ vật liệu phản xạ năng lượng mặt trời bất kỳ khác. Theo các phương án, lớp phản xạ bằng kim loại này bao gồm bạc, nhôm, vàng, hoặc đồng. Theo các phương án, lớp này dày từ 20 nm đến 300 nm hoặc từ 100 nm đến 1 μ m. Các phương án này có thể đặc biệt phù hợp cho các ứng dụng bất kỳ mà trong đó vật thể cần làm mát là được lợi từ việc giảm độ hấp thụ bức xạ mặt trời tới.

Các phương án bổ sung của sáng chế bao gồm một hoặc nhiều lớp vật liệu bổ sung được ghép nối với lớp phát xạ có lựa chọn và/hoặc lớp phản xạ. Theo các ví dụ, thì lớp chống phản xạ, lớp bảo vệ hoặc tổ hợp của chúng, là được ghép nối với một mặt của lớp phát xạ, còn lớp phản xạ hoặc tổ hợp của lớp hàng rào và lớp phản xạ là được ghép nối với mặt còn lại của lớp phát xạ. Các phương án được nêu làm ví dụ được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.4B đến Fig.4E. Fig.4B là hình vẽ thể hiện lớp chống phản xạ 50 tiếp xúc với lớp phát xạ có lựa chọn 5, với lớp bảo vệ 60 tiếp xúc với lớp chống phản xạ. Như được thể hiện trên Fig.4C, lớp hàng rào, tức lớp giữa lớp phát xạ có lựa chọn 5 và lớp phản xạ 40, là được bao gồm theo một số phương án; phương án trên Fig.4C cũng bao gồm lớp bảo vệ 60 tiếp xúc với lớp phát xạ có lựa chọn 5. Các vật liệu phù hợp cho lớp hàng rào bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các chất điện môi hoặc chất trong suốt đối với năng lượng mặt trời. Các chất điện môi phù hợp bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, kim loại hoặc các chất oxit bán dẫn chẳng hạn như TiO_2 , SiO_2 và Al_2O_3 . Ví dụ, lớp hàng rào này dày từ 5 nm đến 100 nm. Theo các phương án, thì lớp hàng rào này bảo vệ cho lớp phản xạ khỏi sự ăn mòn do sự xâm nhập của phân tử chất khí hoặc nước (ví dụ, từ các lớp polyme trên đầu) và/hoặc cải thiện độ bám dính kim loại. Fig.4D là hình vẽ thể hiện một phương

án bổ sung, trong đó lớp đồng hoặc lớp vật liệu dẫn nhiệt tiếp xúc với lớp phản xạ; lớp vật liệu dẫn nhiệt này được bao gồm để tăng cường sự cấp nhiệt với vật thể cần được làm mát. Lớp phản xạ này có thể là chất dẫn bất kỳ bao gồm các kim loại, các lớp kim loại được xếp chồng, chất điện môi, v.v.. Fig.4E là hình vẽ thể hiện một phương án với lớp bảo vệ 60 và lớp hàng rào 70 tiếp xúc với lớp phát xạ có lựa chọn 5. Lớp chống phản xạ 50 tiếp xúc với lớp bảo vệ 60, và lớp phản xạ kim loại 40 tiếp xúc với lớp hàng rào 70.

Các phương án này có thể đặc biệt phù hợp cho các ứng dụng bất kỳ mà trong đó vật thể cần làm mát là được lợi từ việc giảm độ hấp thụ bức xạ mặt trời tới. Theo các phương án, thì (các) lớp bổ sung này có khả năng chống phản xạ, chống nước, chống chịu thời tiết, bảo vệ ánh sáng UV (Ultra Violet - cực tím), chống mòn hoặc các thuộc tính tương tự. Các vật liệu mà có thể cấu thành hoặc được bao gồm trong các tấm này bao gồm các vật liệu trong suốt đối với năng lượng mặt trời và chống chịu thời tiết, chẳng hạn PET, hoặc chất điện môi, chẳng hạn MgF_2 , và tổ hợp của chúng. Các tổ hợp bao gồm các kết cấu đa lớp của polyme và các chất điện môi.

Các lớp này có thể có mặt, ngoài lớp phản xạ ra (xem, ví dụ, các hình vẽ Fig.4B, Fig.4C, Fig.4D và Fig.4E). Theo các phương án có lớp phản xạ, thì lớp hoặc các lớp bổ sung có thể nằm trên mặt đối diện của lớp polyme từ lớp phản xạ. Các vật liệu mà có thể cấu thành hoặc được bao gồm trong các tấm này bao gồm các vật liệu bất kỳ mà trong suốt đối với năng lượng mặt trời và chống chịu thời tiết, chẳng hạn PET, hoặc chất điện môi, chẳng hạn MgF_2 , hoặc kết cấu nhiều lớp của polyme và các chất điện môi này.

Sáng chế còn đề cập đến các phương pháp để loại bỏ nhiệt khỏi vật thể bởi sự bức xạ nhiệt có lựa chọn nhờ sử dụng các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn dựa trên polyme. Theo một số phương án, thì cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn dựa trên polyme này không bao gồm lớp phản xạ, và lớp phát xạ có lựa chọn là thông nhiệt với vật thể cần được làm mát. Theo các ví dụ, thì lớp phát xạ có lựa chọn này được đặt tiếp xúc trực tiếp với vật thể hoặc có thể được dính bằng chất dính.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất các phương pháp để loại bỏ nhiệt khỏi vật thể bởi sự bức xạ nhiệt có lựa chọn, các phương pháp này bao gồm các bước:

- a) đặt cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn thông nhiệt với bề mặt của vật thể, cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này bao gồm lớp phát xạ có lựa chọn bao gồm polyme, trong đó lớp phát xạ có lựa chọn này là thông nhiệt với vật thể này, và cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này là khác biệt bởi độ phát xạ trung bình nằm trong khoảng từ 0,6 đến 1,0 trên dải bước sóng từ 7 μm đến 14 μm ;
- b) truyền nhiệt từ vật thể sang cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này; và
- c) bức xạ nhiệt từ lớp phát xạ có lựa chọn của cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này.

Theo một ví dụ, thì cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này là khác biệt bởi độ hấp thụ năng lượng mặt trời từ 0 đến 0,2 trên bước sóng từ 0,3 μm đến 3 μm . Theo một số phương án, thì lớp phát xạ có lựa chọn còn bao gồm các hạt điện môi được phân tán trong polyme, như đã mô tả ở đây. Ví dụ, phần trăm thể tích của các hạt điện môi trong lớp phát xạ có lựa chọn là nằm trong khoảng từ 2% đến 25%, và các hạt này là khác biệt bởi kích thước trung bình nằm trong khoảng từ 3 μm đến 30 μm . Theo các ví dụ, thì vật thể nêu trên là tấm pin năng lượng mặt trời, mái hoặc cửa sổ ô tô, mái hoặc cửa sổ của toà nhà, hoặc công trình chứa lạnh dành cho năng lượng, thực phẩm, dầu hoặc các hàng hoá khác.

Theo các phương án bổ sung, sáng chế đề xuất các phương pháp để loại bỏ nhiệt khỏi vật thể bởi sự bức xạ nhiệt có lựa chọn, các phương pháp này bao gồm các bước:

- a) đặt cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn thông nhiệt với bề mặt của vật thể, cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này bao gồm lớp phát xạ có lựa chọn bao gồm polyme và lớp phát xạ có lựa chọn, trong đó cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này là khác biệt bởi độ hấp thụ năng lượng mặt trời từ 0 đến 0,2 trên bước sóng từ 0,3 μm đến 3 μm và độ phát xạ trung bình nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,0 trên dải bước sóng từ 7 μm đến 14 μm ;
- b) truyền nhiệt từ vật thể sang cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này; và

- c) bức xạ nhiệt từ lớp phát xạ có lựa chọn của cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này.

Theo các ví dụ, thì lớp phát xạ có lựa chọn này là thông nhiệt với vật thể bằng cách tiếp xúc trực tiếp với vật thể hoặc bằng cách được đánh vào vật thể bằng lớp đánh. Theo một số phương án, thì lớp phát xạ có lựa chọn còn bao gồm các hạt điện môi được phân tán trong polyme, như đã mô tả ở đây.

Theo một số phương án, thì bộ làm mát bức xạ có lựa chọn mà trong suốt đối với năng lượng mặt trời và phát xạ hồng ngoại có thể được dùng để làm mát tế bào năng lượng mặt trời. Tấm làm mát bức xạ dựa trên polyme này được đánh trực tiếp vào đỉnh của tế bào năng lượng mặt trời, như được thể hiện trên Fig.5. Nó không ảnh hưởng đến hiệu suất tế bào năng lượng mặt trời vì nó là trong suốt đối với ánh sáng tới của mặt trời. Tuy nhiên, nhiệt độ của tế bào năng lượng mặt trời thì được giảm do hiệu ứng phát xạ hồng ngoại của tấm polyme vào bầu trời nhiệt độ thấp, điều này làm tăng hiệu quả và độ tin cậy của các tế bào năng lượng mặt trời. Trên Fig.5, các số chỉ dẫn là như sau: 100 tế bào năng lượng mặt trời; 1 tấm làm mát bức xạ; 3 bức xạ tới của mặt trời; 4 thông lượng làm mát bức xạ từ tấm làm mát bức xạ phát xạ hồng ngoại lên trời.

Theo các phương án khác, thì bộ làm mát bức xạ có lựa chọn mà trong suốt đối với năng lượng mặt trời và phát xạ hồng ngoại có thể được đánh vào bề mặt panen trần bức xạ. Lượng nhiệt năng được truyền từ phòng nhờ sự bức xạ nhiệt là phụ thuộc vào độ phát xạ của bề mặt panen trần bức xạ. Bề mặt panen trần bức xạ thông thường thì thường có độ phát xạ là 0,9 đến 0,95. Khi cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn mà có độ phát xạ lớn hơn hoặc bằng 0,95 được đánh vào bề mặt panen trần bức xạ thông thường (xem Fig.6), thì nó có thể cung cấp hiệu quả làm mát bức xạ cao hơn giữa panen trần bức xạ và phòng. Fig.6: 150 nhà; 320 thùng chứa lạnh; 1 tấm làm mát bức xạ được đánh vào trần bức xạ; 6 nguồn tăng nhiệt trong nhà; 7 thông lượng bức xạ từ phòng đến trần bức xạ; 8 sự truyền nhiệt đối lưu từ không khí trong phòng đến trần bức xạ.

Sáng chế còn đề cập đến các phương pháp để loại bỏ nhiệt khỏi vật thể bởi sự bức xạ nhiệt có lựa chọn nhờ sử dụng các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn bước

sóng dựa trên polyme bao gồm lớp phản xạ. Theo các ví dụ, thì lớp phản xạ này được đánh vào vật thể bằng chất dính hoặc được đánh vào lớp dẫn nhiệt mà sau đó được đánh vào vật thể.

Theo các phương án bổ sung, sáng chế đề xuất các phương pháp để loại bỏ nhiệt khỏi vật thể bởi sự bức xạ nhiệt có lựa chọn, các phương pháp này bao gồm các bước:

- a) đặt cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn thông nhiệt với bề mặt của vật thể, cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn bước sóng này bao gồm lớp phát xạ có lựa chọn bao gồm polyme và lớp phản xạ năng lượng mặt trời tiếp xúc với lớp phát xạ có lựa chọn bước sóng này, trong đó lớp phát xạ có lựa chọn này là thông nhiệt với vật thể, và cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này là khác biệt bởi độ phát xạ trung bình nằm trong khoảng từ 0,6 đến 1,0 trên dải bước sóng từ 7 μm đến 13 μm ;
- b) truyền nhiệt từ vật thể sang cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này; và
- c) bức xạ nhiệt từ lớp phát xạ có lựa chọn của cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này.

Như đã mô tả trên đây, lớp phản xạ năng lượng mặt trời theo các ví dụ nêu trên là màng kim loại hoặc đế kim loại. Ngoài ra, theo một số phương án, thì lớp phát xạ có lựa chọn còn bao gồm các hạt điện môi được phân tán trong polyme, như đã mô tả ở đây. Ví dụ, phần trăm thể tích của các hạt điện môi trong lớp phát xạ có lựa chọn là nằm trong khoảng từ 2% đến 25%, và các hạt này là khác biệt bởi kích thước trung bình nằm trong khoảng từ 3 μm đến 30 μm . Theo các ví dụ, thì vật thể nêu trên là một phần của toà nhà hoặc là mái của công trình. Theo các ví dụ bổ sung, thì vật thể này là thiết bị thu gom lạnh chẳng hạn như xi phong nhiệt thụ động hoặc mảng kênh chủ động, và trong đó chất lỏng truyền nhiệt lưu thông bên trong vật thể này.

Theo một phương án, sáng chế đề xuất phương pháp để loại bỏ nhiệt khỏi vật thể bởi sự bức xạ nhiệt có lựa chọn, phương pháp này bao gồm các bước:

- a) đặt cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn thông nhiệt với bề mặt của vật thể, cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này bao gồm lớp phát xạ có lựa

chọn và lớp phản xạ năng lượng mặt trời tiếp xúc với lớp phát xạ có lựa chọn này, trong đó lớp phát xạ có lựa chọn này bao gồm polyme và lớp phản xạ phổ mặt trời này bao gồm màng kim loại, lớp phản xạ phổ mặt trời này là thông nhiệt với vật thể này, và cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này là khác biệt bởi độ hấp thụ năng lượng mặt trời từ 0% đến 15% trên bước sóng nằm trong khoảng từ 0,3 μm đến 3 μm và độ phát xạ trung bình nằm trong khoảng từ 0,6 đến 1,0 trên bước sóng nằm trong khoảng từ 7 μm đến 13 μm ;

- b) truyền nhiệt từ vật thể sang cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này; và
- c) bức xạ nhiệt từ lớp phát xạ có lựa chọn của cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này.

Như đã mô tả trên đây, lớp phản xạ năng lượng mặt trời theo các ví dụ nêu trên là màng kim loại hoặc đế kim loại. Ngoài ra, theo một số phương án, thì lớp phát xạ có lựa chọn còn bao gồm các hạt điện môi được phân tán trong polyme, như đã mô tả ở đây.

Tấm làm mát bức xạ dựa trên polyme phản xạ năng lượng mặt trời và phát xạ hồng ngoại có thể được dùng để tạo ra hiệu ứng làm mát thụ động cho các toà nhà (xem Fig.7A) và xe ô tô (xem Fig.7B). Tấm làm mát bức xạ này được dính trực tiếp vào toà nhà hoặc nóc xe để làm mát, với lớp phản xạ tiếp xúc với toà nhà hoặc nóc xe. Hiệu ứng làm mát đến từ hai khía cạnh: 1) một lượng lớn (ví dụ, $\geq 90\%$) của bức xạ tới từ mặt trời có thể được phản xạ bởi lớp phản xạ kim loại của tấm làm mát bức xạ, điều này giảm mạnh độ tăng nhiệt của bức xạ mặt trời; 2) sự phát xạ bức xạ hồng ngoại (ví dụ, $\geq 100 \text{ W/m}^2$) từ tấm làm mát bức xạ lên trời. Ứng dụng này là đặc biệt phù hợp để làm mát thụ động cho các toà nhà cỡ nhỏ ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới. Fig.7A: 150 toà nhà; 3 bức xạ tới của mặt trời; 4 thông lượng làm mát bức xạ từ tấm làm mát bức xạ lên trời; 1 tấm làm mát bức xạ được dính vào mái nhà; 6 nguồn tăng nhiệt trong nhà; 9 bức xạ mặt trời được phản xạ. Fig.7B: 180 xe ô tô; 1 tấm làm mát bức xạ được dính vào nóc xe.

Các tấm làm mát bức xạ dựa trên polyme được bộc lộ ở đây cũng có thể được sử dụng kết hợp với hệ thống chứa lạnh. Ví dụ, tấm làm mát bức xạ này được kết

hợp vào thiết bị thu gom lạnh (tức bộ thu gom lạnh) mà trong đó độ lạnh từ tấm làm mát bức xạ này được truyền sang chất lỏng truyền nhiệt chạy bên trong bộ thu gom lạnh này.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống thu gom lạnh bao gồm

- a) các thiết bị thu gom lạnh, mỗi thiết bị thu gom lạnh được tạo kết cấu để thông nhiệt với chất lỏng làm mát;
- b) các cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn, mỗi cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn đều thông nhiệt với bề mặt của một trong số các thiết bị thu gom lạnh này, và mỗi cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này đều bao gồm lớp phát xạ có lựa chọn bao gồm polyme, trong đó lớp phát xạ có lựa chọn của mỗi thiết bị làm mát bức xạ có lựa chọn này đều thông nhiệt với một trong số các thiết bị thu gom lạnh này, và mỗi cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này là khác biệt bởi độ phát xạ trung bình nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,0 trên dải bước sóng từ 7 μm đến 14 μm .

Theo một phương án, hệ thống thu gom lạnh này còn bao gồm bộ trao đổi nhiệt. Ví dụ, thiết bị thu gom lạnh được tạo kết cấu để thông chất lỏng với bộ trao đổi nhiệt khi ống dẫn dòng chảy nối thiết bị thu gom lạnh với bộ trao đổi nhiệt. Ống dẫn dòng chảy đó cho phép chất lỏng trao đổi nhiệt (ví dụ, chất lỏng) truyền lạnh từ thiết bị thu gom lạnh sang bộ trao đổi nhiệt. Theo các ví dụ, thì thiết bị thu gom lạnh này là xi phong nhiệt thụ động hoặc mảng kênh dẫn chất lỏng chủ động. Theo các phương án, thì mỗi thiết bị thu gom lạnh đều tiếp xúc với ít nhất một cơ cấu làm mát bức xạ.

Theo các phương án, thì thiết bị thu gom lạnh bao gồm cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn như được mô tả ở đây và được tạo kết cấu để thông nhiệt với phần tử cấp nhiệt mà cũng được tạo kết cấu để thông nhiệt với các ống dẫn để cho phép dòng chảy của chất lỏng truyền nhiệt. Fig.8A là hình vẽ thể hiện cụm thiết bị thu gom lạnh 200, còn Fig.8B là hình vẽ thể hiện mặt cắt ngang theo đường A-A. Như được thể hiện trên các hình vẽ Fig.8A và Fig.8B, bộ thu gom lạnh 200 này bao gồm tấm làm mát bức xạ 1 được phủ lên tấm kim loại để tạo ra công suất làm mát bức xạ. Theo phương án này thì tấm làm mát bức xạ này là có tính phản xạ năng lượng mặt trời và

phát xạ hồng ngoại. Sau đó, năng lượng lạnh được truyền từ tấm làm mát bức xạ sang chất lỏng truyền nhiệt lưu thông qua các ống 220. Các ống này được đính (ví dụ, được hàn) vào tấm kim loại này với độ tiếp xúc nhiệt tốt. Sau khi đi qua bộ thu gom lạnh thì chất lỏng truyền nhiệt được làm lạnh. Bộ thu gom lạnh này được cách ly bằng chất cách nhiệt 240 ở đáy và các sườn. Trên đỉnh của bộ thu gom lạnh này, thì nắp che 230 được dùng để ngăn chặn sự tổn thất nhiệt năng đối lưu ra không khí môi trường. Các hình vẽ Fig.8A và Fig.8B: 1 tấm làm mát bức xạ (được phủ lên tấm kim loại trên hình vẽ này); 220 ống; 230 nắp che; 240 chất cách nhiệt; 250 chất lỏng truyền nhiệt. Thiết bị thu gom lạnh được thể hiện trên các hình vẽ Fig.8A và Fig.8B là thiết bị thu gom lạnh chủ động mà sử dụng máy bơm để lưu thông nước qua nó. Các thiết bị thu gom lạnh chủ động cũng bao gồm các mảng kênh.

Các thiết bị thu gom lạnh thụ động cũng có thể được sử dụng. Thiết bị thu gom lạnh kiểu xi phong nhiệt thụ động được thể hiện trên các hình vẽ Fig.8C và Fig.8D, và có thể tự động thu gom năng lượng nhiệt lạnh. Các hình vẽ Fig.8C và Fig.8D lần lượt thể hiện hình quan sát 3D (3 Dimension - 3 chiều) và hình nhìn từ bên sườn của xi phong nhiệt này. Nó bao gồm kênh phẳng 260 để tạo ra tấm nền (ví dụ, bằng polycacbonat) mà tấm làm mát bức xạ phản xạ năng lượng mặt trời và phát xạ hồng ngoại có thể được dán lên đó, ống thu gom nước 270, ống hồi lưu 280 và bình chứa lạnh cục bộ 290 mà có thể tạm thời chứa năng lượng nhiệt lạnh. Xi phong nhiệt này được đổ chất lỏng truyền nhiệt (ví dụ, nước). Khi tấm làm mát bức xạ này đang hoạt động, thì nó làm mát chất lỏng truyền nhiệt bên trong kênh phẳng này. Việc nhiệt độ chất lỏng giảm xuống làm cho chất lỏng di chuyển xuống dưới bởi sự đối lưu tự nhiên. Sau đó, chất lỏng truyền nhiệt này chảy vào ống thu gom nước, ống hồi lưu, và cuối cùng là bình chứa lạnh cục bộ. Chất lỏng truyền nhiệt lưu thông bên trong xi phong nhiệt này do tấm làm mát bức xạ. Năng lượng lạnh được chứa vào bình chứa lạnh cục bộ một cách tự động mà không cần sự trợ giúp của thiết bị ngoài. Đây là tiến trình nạp lạnh. Đối với tiến trình xả lạnh, thì máy bơm ngoài sẽ mang năng lượng lạnh bên trong bình chứa lạnh cục bộ đến những nơi mà ở đó năng lượng lạnh được chứa đó có thể được sử dụng.

Thiết bị thu gom lạnh có thể được dùng để làm mát cho các toà nhà, các trung tâm dữ liệu, và các hệ thống bất kỳ khác mà cần được điều hoà nhiệt. Nói chung,

nguồn tăng nhiệt trong nhà bao gồm đèn, thiết bị, và sự toả nhiệt từ cơ thể người. Fig.9 là hình vẽ thể hiện hệ thống làm mát nhà chủ động có bộ thu gom lạnh được tích hợp trên mái. Năng lượng nhiệt lạnh được thu gom và được chứa vào thùng chứa lạnh 320 có bộ trao đổi nhiệt bên trong. Chất lỏng công tác chảy giữa bộ thu gom lạnh và thùng chứa lạnh là được dẫn động bởi máy bơm. Sau đó, nước đã được làm mát bên trong thùng chứa lạnh được làm lưu thông qua trần bức xạ nhờ máy bơm khác. Trần bức xạ sẽ làm mát nhiệt độ phòng qua cả cơ chế bức xạ lẫn cơ chế đối lưu. Hệ thống làm mát được thể hiện trên Fig.9 có thể hoạt động độc lập hoặc kết hợp với hệ thống điều hoà không khí thông thường, để giảm mức tiêu thụ điện năng. Hệ thống làm mát này phù hợp cho cả nhà ở lẫn nhà thương mại. Thiết bị thu gom lạnh được sử dụng theo sáng chế có thể là loại chủ động hoặc loại thụ động. Fig.9: 150 nhà; 200 thiết bị thu gom lạnh được tích hợp trên mái, bao gồm tấm làm mát bức xạ; 4 thông lượng làm mát bức xạ từ thiết bị thu gom lạnh lên trời; 320 thùng chứa lạnh; 350 máy bơm; 360 bộ trao đổi nhiệt; 160 trần bức xạ; 6 nguồn tăng nhiệt trong nhà; 7 thông lượng bức xạ từ phòng lên trần bức xạ; 8 sự truyền nhiệt đối lưu từ không khí trong phòng sang trần bức xạ.

Thiết bị thu gom lạnh cũng có thể được dùng để làm mát bổ sung cho dàn ngưng của máy phát điện (xem Fig.10A). Theo một phương án, thì nước làm mát mà ra khỏi máy phát điện sẽ đi vào dàn ngưng được làm mát bằng không khí, để được làm mát nhờ không khí môi trường. Tuy nhiên, hiệu suất của dàn ngưng được làm mát bằng không khí là bị chi phối bởi nhiệt độ bầu khô trong môi trường vốn có thể bị sai khoảng nhiệt độ chỉ định ở mức độ lớn. Hiệu quả của máy phát điện là phụ thuộc vào nhiệt độ nước làm mát đi vào dàn ngưng của máy phát điện. Nhiệt độ nước làm mát càng thấp thì hiệu quả càng cao. Trong các trường hợp này, nếu nhiệt độ nước làm mát ở cửa ra từ dàn ngưng được làm mát bằng không khí thoả mãn yêu cầu về hiệu quả năng lượng của máy phát điện, thì nó quay trực tiếp về dàn ngưng của máy phát điện qua đường đi vòng. Tuy nhiên, nếu không phải vậy, thì nước làm mát có thể được làm mát thêm bởi thùng chứa lạnh mà có nhiệt độ thấp hơn môi trường, và được làm mát nhờ sử dụng cơ cấu làm mát bức xạ. Như được thể hiện, sự truyền nhiệt giữa nước làm mát và thùng chứa lạnh là thông qua bộ trao đổi nhiệt. Nhiều thùng chứa lạnh được nối song song nhau và được dùng nối tiếp. Thùng chứa

lạnh có hai chế độ làm việc, là nạp lạnh và xả lạnh. Khi thùng chứa lạnh đã được xả hết (tức là không thể được dùng để làm mát nước làm mát được nữa), thì nó chuyển sang chế độ nạp lạnh. Chế độ nạp lạnh này được điều khiển bởi máy bơm mà nối một thùng chứa lạnh với nhiều thiết bị thu gom lạnh. Các bộ thu gom lạnh này, mà phát xạ thông lượng bức xạ lên trời, là được nối song song nhau. Theo một phương án, thì thiết bị thu gom lạnh được sử dụng là bộ thu gom lạnh chủ động, được thể hiện trên Fig.8A. Máy bơm (số chỉ dẫn 350) làm việc liên tục trong ứng dụng này. Fig.10A: 200 thiết bị thu gom lạnh; 4 thông lượng bức xạ lên trời; 350 máy bơm; 320 thùng chứa lạnh; 360 bộ trao đổi nhiệt; 406 van; 407 máy bơm; 408 không khí môi trường; 409 dàn ngưng được làm mát bằng không khí (Air Cooled Condenser - ACC); 410 dàn ngưng của máy phát điện; 411 chất lỏng công tác của máy phát điện từ tua bin; 412 đường đi vòng

Đối với hệ thống làm mát bức xạ được thể hiện trên Fig.10A, thì xi phong nhiệt được thể hiện trên Fig.8C cũng có thể được dùng làm thiết bị thu gom lạnh. Trong trường hợp này, vì xi phong nhiệt có thể tự động thu gom năng lượng nhiệt lạnh, nên máy bơm (số chỉ dẫn 350) sẽ làm việc ngắt quãng. Lịch vận hành là cần thiết cho hệ thống, một ví dụ về lịch vận hành đó được thể hiện trên Fig.10B. Fig.10B là hình vẽ thể hiện lịch vận hành 12 giờ cho một thùng chứa lạnh đơn. Thùng chứa lạnh này có một chu trình nạp-xả, và xi phong nhiệt có 10 chu trình nạp-xả trong chu kỳ 12 giờ này. Xi phong nhiệt này làm mát chất lỏng truyền nhiệt bên trong bình chứa lạnh cục bộ. Khi bình chứa lạnh cục bộ đã lạnh, thì máy bơm (số chỉ dẫn 350) sẽ khởi động trong một khoảng thời gian ngắn (ví dụ, 3-5 phút) và chuyển năng lượng lạnh đó đến thùng chứa lạnh. Thùng chứa lạnh trở nên lạnh sau 10 lần tiến trình nạp. Một thùng chứa lạnh có thể có hàng trăm xi phong nhiệt được nối với nó.

Theo các phương án nữa, sáng chế đề xuất các phương pháp để tạo ra cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn, các phương pháp này bao gồm các bước:

- a) ép đùn nguyên liệu đầu vào bao gồm polyme thông qua khuôn để tạo ra màng hoặc tấm, trong đó polyme này khác biệt bởi độ hấp thụ từ 0,6 đến 1 trong dải 5 μm đến 50 μm ; và
- b) làm nguội màng hoặc tấm này.

Theo một ví dụ, thì phần polyme của nguyên liệu đầu vào này được nung chảy khi nó đi qua khuôn, và phần polyme của màng hoặc tấm này được hoá rắn ở bước b. Theo các phương án bổ sung, thì nguyên liệu đầu vào này còn bao gồm các hạt điện môi, phần trăm thể tích của các hạt điện môi này nằm trong khoảng từ 2% đến 25%, và các hạt này khác biệt bởi kích thước trung bình nằm trong khoảng từ 3 μm đến 30 μm , và màng hoặc tấm này là màng composít. Theo một phương án, các hạt này là khác biệt bởi đường kính hiệu dụng trung bình được chọn từ khoảng 3 μm đến 30 μm . Các polyme và các hạt được nêu làm ví dụ cho các cơ cấu làm mát bức xạ đã được mô tả ở phần khác trong bản mô tả này. Theo các phương án, thì tấm dựa trên polyme của cơ cấu làm mát bức xạ này có thể có chiều dày từ 10 μm đến 3 milimét, từ 10 μm đến 1 mm, từ 10 μm đến 500 μm , từ 10 μm đến 100 μm , từ 100 μm đến 750 μm , từ 200 μm đến 1000 μm , từ 200 μm đến 750 μm , từ 250 μm đến 500 μm hoặc từ 500 μm đến 1000 μm .

Fig.11 là hình vẽ thể hiện sơ đồ hệ thống đúc ép đùn hoặc đúc khuôn có các con lăn. Theo phương án này, polyme nạp 505 được nạp vào máy đùn 510 và (các) nguyên liệu nóng chảy được đùn và được đúc qua khuôn 520 lên trên con lăn tiếp nhận 530. Con lăn tiếp nhận này có thể được làm lạnh để tăng tốc độ hoá cứng tấm polyme 540. Con lăn bổ sung 550 có thể được ghép nối với con lăn tiếp nhận, để trợ giúp thêm trong quá trình hoá cứng tấm, và tuỳ ý, bổ sung khả năng kiểm soát chiều dày bằng cách ép. Các màng dựa trên polyme 540 sản xuất được có thể được lấy nguyên vẹn ra từ dây chuyền ép đùn này, hoặc được quấn lên các con lăn bổ sung để cất giữ và sử dụng về sau. Các tấm rộng từ 1 đến 3 mét và dài đến hàng kilômét có thể được sản xuất theo cách này.

Theo một số phương án, khi tấm polyme đã được sản xuất, thì tấm hoặc các tấm vật liệu bổ sung, chẳng hạn các tấm đã được mô tả, có thể được tráng phủ hoặc được lắng với lớp vật liệu bổ sung, ví dụ, các tấm bảo vệ hoặc các tấm hàng rào và/hoặc tấm phản xạ. Các ví dụ về các lớp vật liệu bổ sung hữu ích ở các thiết bị làm mát bức xạ đã được mô tả trên đây. Theo một phương án, tấm phản xạ kim loại được tạo ra bằng cách lắng đọng hơi vật lý, chẳng hạn phún xạ, bay hơi nhiệt hoặc chùm electron, hoặc phương pháp phun; hoặc các phương pháp lắng đọng hoá học, chẳng

hạn phương pháp tổng hợp dung dịch, mạ kim điện-hoá, hoặc lắng đọng lớp nguyên tử. Fig.12 là hình vẽ thể hiện sơ đồ của hệ thống phủ lưới để lắng đọng hơi vật lý, bao gồm màng 540 và hai con lăn 560a và 560b. Màng polyme có thể được tiền xử lý bằng plasma hoặc các chùm ion để tăng độ bám dính bề mặt của polyme trước khi nó đi vào vùng lắng đọng, mà ở đó lớp hàng rào, lớp phản xạ, và/hoặc lớp cặp nhiệt có thể được lắng đọng. Các lớp này có thể được lắng đọng bằng phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp đã mô tả trên đây ở vùng lắng đọng của máy phủ lưới. Thiết bị lắng đọng được biểu thị bằng số chỉ dẫn 570. Các lớp thay thế và các lớp tùy ý, như đã nêu trên mà bao gồm các lớp phủ chống phản xạ, các lớp hàng rào, các lớp cặp nhiệt, và các lớp bảo vệ UV, có thể được chuẩn bị theo những giải pháp tương tự. Theo các phương án thay thế thì (các) lớp phản xạ hoặc (các) lớp hàng rào có thể được tạo ra trước, và tấm polyme hoặc tấm dựa trên polyme được phủ lên lớp hoặc các lớp này.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ thể hiện bức xạ phổ AM 1.5 trên bề mặt Trái Đất và phổ bức xạ của bề mặt vật đen tại 15°C thông qua cửa sổ truyền của khí quyển;

Fig.2 là hình vẽ thể hiện sơ đồ của lớp phát xạ 5 của polyme 20.

Fig.3A là hình vẽ thể hiện sơ đồ của lớp phát xạ 5 bao gồm polyme 20 bao gồm các hạt được phân tán trong chất nền polyme 30.

Fig.3B là hình vẽ thể hiện độ hấp thụ/độ phát xạ dưới dạng hàm theo bước sóng đối với màng polymethylpenten dày 50 μm với 5% là các vi cầu silic đioxit đặc có đường kính 8 μm .

Fig.4A là hình vẽ thể hiện sơ đồ của lớp phát xạ 5 bao gồm polyme 20 và các hạt 30 tiếp xúc với lớp phản xạ kim loại 40.

Fig.4B là hình vẽ thể hiện sơ đồ của lớp phát xạ 5 bao gồm polyme 20 và các hạt 30; một mặt của lớp phát xạ này tiếp xúc với lớp phản xạ kim loại 40 và mặt còn lại của lớp phát xạ này tiếp xúc với lớp chống phản xạ 50, mà về phần mình, nó tiếp xúc với lớp bảo vệ 60.

Fig.4C là hình vẽ thể hiện sơ đồ của lớp phát xạ 5 bao gồm polyme 20 và các hạt 30; một mặt của lớp phát xạ này tiếp xúc với lớp hàng rào 70, mà về phần mình,

nó tiếp xúc với lớp phản xạ kim loại 40, và mặt còn lại của lớp phát xạ này tiếp xúc với lớp bảo vệ 60.

Fig.4D là hình vẽ thể hiện sơ đồ của lớp phát xạ 5 bao gồm polyme 20 và các hạt 30; một mặt của lớp phát xạ này tiếp xúc với lớp hàng rào 70, mà về phần mình, nó tiếp xúc với lớp phản xạ kim loại 40, mà về phần mình, nó tiếp xúc với lớp dẫn nhiệt, và mặt còn lại của lớp phát xạ này tiếp xúc với lớp chống phản xạ 50, mà về phần mình, nó tiếp xúc với lớp bảo vệ 60.

Fig.4E là hình vẽ thể hiện sơ đồ của lớp phát xạ 5 bao gồm polyme 20 và các hạt 30; một mặt của lớp phát xạ này tiếp xúc với lớp hàng rào 70, mà về phần mình, nó tiếp xúc với lớp phản xạ kim loại 40, và mặt còn lại của lớp phát xạ này tiếp xúc với lớp chống phản xạ 50, mà về phần mình, nó tiếp xúc với lớp bảo vệ 60.

Fig.5 là hình vẽ thể hiện sơ đồ của tấm làm mát bức xạ được dính trực tiếp lên đỉnh của tế bào năng lượng mặt trời.

Fig.6 là hình vẽ thể hiện sơ đồ của tấm làm mát bức xạ được dính trực tiếp vào panen trần bức xạ.

Fig.7A là hình vẽ thể hiện sơ đồ của tấm làm mát bức xạ với lớp phản xạ được dính trực tiếp vào mái của công trình xây dựng.

Fig.7B là hình vẽ thể hiện sơ đồ của tấm làm mát bức xạ với lớp phản xạ được dính trực tiếp vào nóc của xe ô tô.

Các hình vẽ Fig.8A và Fig.8B: Fig.8A là hình vẽ thể hiện sơ đồ của cơ cấu làm mát bức xạ tiếp xúc với nhiều thiết bị thu gom lạnh, và Fig.8B là hình vẽ thể hiện mặt cắt ngang theo đường A-A trên Fig.8A.

Các hình vẽ Fig.8C và Fig.8D: Fig.8C là hình vẽ thể hiện sơ đồ của xi phong nhiệt mà có thể được sử dụng tiếp xúc với cơ cấu làm mát bức xạ để thu gom độ lạnh mà được tạo ra bởi cơ cấu làm mát bức xạ này, và Fig.8D là hình vẽ thể hiện hình nhìn từ bên sườn của xi phong nhiệt này.

Fig.9 là hình vẽ thể hiện sơ đồ của hệ thống làm mát chủ động cho các toà nhà mà ở đó các cơ cấu làm mát bức xạ được dùng để cho phép làm lạnh hệ thống chứa lạnh.

Fig.10A là hình vẽ thể hiện sơ đồ các thiết bị thu gom lạnh để làm mát bổ sung cho dàn ngưng của máy phát điện.

Fig.10B: là hình vẽ thể hiện lịch vận hành 12 giờ được nêu làm ví dụ để cho phép thu gom và chứa lạnh nhờ sử dụng xi phong nhiệt thụ động để thu gom độ lạnh đạt được nhờ sử dụng cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn.

Fig.11 là hình vẽ thể hiện sơ đồ của thiết bị để ép đùn màng dựa trên polyme.

Fig.12 là hình vẽ thể hiện sơ đồ của thiết bị để phủ các oxit và các kim loại lên màng.

Fig.13A là hình vẽ thể hiện độ phát xạ/độ hấp thụ dưới dạng hàm theo bước sóng đối với các màng polymethylpenten (TPX™) trần dày 50 μm và màng dày 50 μm với 5% phần thể tích là các vi cầu silic đioxit đặc có đường kính 8 μm .

Fig.13B là hình vẽ thể hiện độ phát xạ/độ hấp thụ dưới dạng hàm theo bước sóng đối với các màng polymethylpenten có chiều dày khác nhau, với 5% phần thể tích là các vi cầu silic đioxit đặc có đường kính 8 μm .

Fig.13C là hình vẽ thể hiện độ hấp thụ/độ phát xạ dưới dạng hàm theo bước sóng đối với màng polymethylpenten dày 55 μm với 5% phần thể tích là các vi cầu silic đioxit đặc có đường kính 8 μm .

Fig.14 là hình vẽ thể hiện độ phát xạ dưới dạng hàm theo nồng độ (phần thể tích) hạt thủy tinh đối với các hạt có kích thước khác nhau.

Fig.15 là hình vẽ thể hiện siêu vật liệu thể lai thủy tinh-polyme. Fig.15A là hình vẽ thể hiện sơ đồ của siêu vật liệu lai dựa trên polyme có vùi vi cầu SiO_2 được phân tán ngẫu nhiên, để làm mát bức xạ quy mô lớn. Các vi cầu có thể phân cực được này tương tác mạnh mẽ với ánh sáng hồng ngoại, làm cho siêu vật liệu này trở nên cực kỳ phát xạ trên toàn bộ cửa sổ truyền của khí quyển, trong khi vẫn trong suốt đối với phổ mặt trời. Fig.15B là hình vẽ thể hiện các mặt cắt ngang hấp thụ (màu xanh lam), tán xạ (màu đỏ), và dập tắt (màu đen) được chuẩn hóa của các vi cầu riêng lẻ dưới dạng hàm của thông số kích thước (k_0a). Khả năng dập tắt, tức tổng của độ tán xạ và độ hấp thụ, là đạt đỉnh tại thông số kích thước là 2,5, tương ứng với bán kính vi cầu là 4 μm . Đồ thị lồng này thể hiện những sự phân bố điện trường của hai vi cầu với đường kính là 1 μm và 8 μm , được chiếu sáng tại bước sóng 10 μm . Khung tỷ lệ là 4 μm . Vi cầu nhỏ hơn thì cộng hưởng với sự cộng hưởng lưỡng cực điện, còn các chế độ điện và từ bậc cao hơn thì được kích thích ở vi cầu lớn hơn. Fig.15C là hình vẽ thể hiện sơ đồ góc đối với sự bức xạ trường xa tán xạ của vi cầu

có đường kính 8 μm với sự chiếu sáng bằng bước sóng 10 μm . Trường tới này được phân cực theo chiều y và lan truyền theo chiều z .

Fig.16 là hình vẽ thể hiện sự cộng hưởng Fröhlich và sự hấp thụ hồng ngoại dải rộng của siêu vật liệu lai. Fig.16A là hình vẽ thể hiện phần thực và Fig.16B là hình vẽ thể hiện phần ảo của chỉ số khúc xạ hiệu dụng đối với các siêu vật liệu lai thuỷ tinh-polyme. Siêu vật liệu có các vi cầu SiO_2 với đường kính 1 μm (các đường cong màu đen) thể hiện sự cộng hưởng Fröhlich mạnh mẽ tại tần số phonon-polariton của nó là 9,7 μm , còn siêu vật liệu có các vi cầu với đường kính 8 μm (các đường cong màu đỏ) thì thể hiện độ hấp thụ dải rộng hơn đáng kể trên các bước sóng hồng ngoại. Sự cộng hưởng Fröhlich mạnh không chỉ giới hạn chiều rộng dải của sự phát xạ mạnh mà còn gây ra sự phản xạ mạnh đối với bức xạ hồng ngoại tới. Trong cả hai trường hợp đó, thì siêu vật liệu này đều chứa 6 % SiO_2 về thể tích. Fig.16C là hình vẽ thể hiện các chiều dài suy hao của hai siêu vật liệu lai, với trường hợp vi cầu SiO_2 có đường kính 8 μm thể hiện chiều dài suy hao trung bình là $\sim 50 \mu\text{m}$ từ $\lambda = 7 \mu\text{m}$ đến 13 μm .

Fig.17 là hình vẽ thể hiện đáp ứng quang phổ của siêu vật liệu lai. Fig.17A là hình vẽ thể hiện sơ đồ của siêu vật liệu lai có mặt đáy là màng bạc mỏng. Màng bạc này phản xạ kiểu khuếch tán phần lớn bức xạ mặt trời tới, còn vật liệu lai thì hấp thụ tất cả bức xạ hồng ngoại tới và có tính phát xạ hồng ngoại cao. Fig.17B là hình vẽ thể hiện hình ảnh ba chiều bằng kính hiển vi đồng tiêu của siêu vật liệu lai này. Các vi cầu là có thể nhìn thấy được do sự tự phát huỳnh quang của SiO_2 . Fig.17C là hình vẽ thể hiện mật độ công suất của bức xạ phổ mặt trời (AM 1.5) và sự bức xạ nhiệt của vật đen ở nhiệt độ phòng. Các dấu hiệu biến thiên rõ rệt trong cả hai phổ là do sự hấp thụ của môi trường (các phân tử chất khí). Quá trình làm mát bức xạ là phụ thuộc vào sự phát xạ mạnh giữa 8 μm và 13 μm , tức cửa sổ truyền của khí quyển. Fig.17D là hình vẽ thể hiện độ phát xạ/độ hấp thụ đo được (đường cong màu đen) của siêu vật liệu lai dày 50 μm từ 300 nm đến 25 μm . Những quả cầu tích phân được dùng để đo cả phổ mặt trời (300 nm đến 2,5 μm) lẫn phổ hồng ngoại (2,5 μm đến 25 μm). Các kết quả lý thuyết đối với cùng một cấu trúc siêu vật liệu lai (các đường cong màu đỏ) được vẽ thành đồ thị để so sánh. Hai kỹ thuật số học khác nhau, là phương pháp RCWA (Rigorous Coupled Wave Analysis - phân tích dẫn sóng cộng

hưởng) và phương pháp ma trận truyền đạt không nhất quán, lần lượt được sử dụng cho dải phổ mặt trời và dải phổ hồng ngoại.

Fig.18 là hình vẽ thể hiện hiệu suất của siêu vật liệu lai được sản xuất với kích thước khả biến để làm mát bức xạ hiệu quả. Fig.18A là hình ảnh thể hiện màng siêu vật liệu lai mỏng rộng 300 mm mà được sản xuất theo phương pháp đa con lăn, với tốc độ là 5 mét trên mỗi phút. Màng này có chiều dày 50 μm và chưa được phủ bạc. Fig.18B là hình vẽ thể hiện phép đo liên tục 72 giờ đối với nhiệt độ môi trường (màu đen) và nhiệt độ bề mặt (màu đỏ) của siêu vật liệu lai có đường kính 8 inch (khoảng 20 cm) trong bài thử nhiệt trực tiếp. Bộ nung điện được điều khiển hồi tiếp sẽ giữ cho lượng chênh lệch giữa nhiệt độ môi trường và nhiệt độ bề mặt siêu vật liệu nhỏ hơn 0,2 $^{\circ}\text{C}$ trong ba ngày liên tiếp. Công suất gia nhiệt được tạo ra bởi bộ nung điện này làm xê dịch công suất làm mát bức xạ từ siêu vật liệu lai này. Khi siêu vật liệu có nhiệt độ bằng không khí môi trường, thì công suất gia nhiệt bằng điện sẽ đo chính xác công suất làm mát bức xạ của siêu vật liệu. Các vùng được tô bóng biểu thị các giờ ban đêm. Fig.18C là hình vẽ thể hiện phép đo liên tục đối với công suất làm mát bức xạ trong ba ngày, hình vẽ này thể hiện công suất làm mát trung bình $> 110 \text{ W/m}^2$ và công suất làm mát buổi trưa là 93 W/m^2 từ 11 giờ sáng đến 2 giờ chiều. Công suất làm mát trung bình ban đêm là cao hơn công suất làm mát trung bình ban ngày, và công suất làm mát này đạt đỉnh sau lúc mặt trời mọc và trước lúc mặt trời lặn. Sai số phép đo của công suất làm mát bức xạ là khoảng 10 W/m^2 (32).

Fig.19A là hình vẽ thể hiện sự phân bố nồng độ từ mép này đến mép kia của các vi cầu silic đioxit trong siêu vật liệu rộng 300 mm. Sự biến thiên nồng độ là nhỏ hơn 0,4 %. Đồ thị lồng này thể hiện ảnh quang học của màng siêu vật liệu mỏng này. Khung tỷ lệ: 40 μm . Fig.19B là hình vẽ thể hiện sự phân bố độ phát xạ được lấy trung bình của tất cả các mẫu tương ứng với sự phân bố trên Fig.19A.

Fig.20A là ảnh thể hiện hiệu ứng tán xạ ánh sáng của siêu vật liệu lai trong mờ. Chùm laze có đường kính 2 mm tại bước sóng 532 nm bị phân tán mạnh khi được truyền qua màng này. Fig.20B là hình vẽ thể hiện sự phân tích sắc của siêu vật liệu này. Màu của siêu vật liệu lai này được đặt tại tâm trong không gian màu (được cân bằng trắng) do hiệu ứng tán xạ mạnh của ánh sáng nhìn thấy bởi các vi cầu.

Fig.21A là hình vẽ thể hiện sơ đồ của thiết bị đo nhiệt trực tiếp có bộ nung điện được điều khiển hồi tiếp. Các thiết bị điện tử vòng lặp kín này theo dõi nhiệt độ bề mặt của siêu vật liệu để cho bằng với nhiệt độ của môi trường xung quanh, để giảm thiểu những sự tổn thất nhiệt do đối lưu và truyền dẫn. Thiết bị đo được điều khiển hồi tiếp này cho phép tháo dỡ màng bảo vệ HDPE (High Density PolyEthylene - polyetylen mật độ cao) và để cho siêu vật liệu lai này lộ trực tiếp ra không khí liên tục 24/7, với việc đo chính xác công suất làm mát bức xạ. Fig.21B là hình ảnh thể hiện sự thiết đặt thực nghiệm trong quá trình hoạt động.

Fig.22A là hình vẽ thể hiện nhiệt độ môi trường và nhiệt độ bề mặt của siêu vật liệu lai đo được trong khoảng thời gian 18 giờ vào ngày 8 Tháng Mười năm 2016 ở Boulder, Colorado. Vùng được tô bóng biểu thị các giờ ban đêm. Nhờ bộ nung điện được điều khiển hồi tiếp nên nhiệt độ bề mặt theo sát với nhiệt độ môi trường. Đồ thị lồng này thể hiện các động học ban đầu khi vòng lặp điều khiển được khởi động. Fig.22B là hình vẽ thể hiện sự chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ môi trường và nhiệt độ bề mặt siêu vật liệu lai đo được. Các biểu đồ sự chênh lệch nhiệt độ giữa ban ngày (Fig.22C) và ban đêm (Fig.22D) thể hiện các độ lệch nhỏ lần lượt là 0,2 °C và 0,1 °C.

Fig.23A là hình vẽ thể hiện phép đo liên tục đối với nhiệt độ bề mặt (màu đỏ) và nhiệt độ môi trường (màu đen) nhờ sử dụng kỹ thuật điều khiển hồi tiếp điện tử. Fig.23B là hình vẽ thể hiện sự phân bố chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ bề mặt và nhiệt độ môi trường trong 24 giờ. Fig.23C là hình vẽ thể hiện công suất làm mát được đo liên tục (được lấy mẫu tại 1 giây) và giá trị trung bình trong thời gian chạy của nó (được lấy trung bình trên 5 phút). Có những dao động nhất thời, được thể hiện bằng màu xám, đối với dữ liệu thời gian thực, do mạch điều khiển hồi tiếp. Fig.23D là hình vẽ thể hiện sự phân bố chênh lệch giữa công suất làm mát đo được tức thời và giá trị trung bình trong thời gian chạy của nó. Sai số phép đo là nhỏ hơn 10 oát và sự dao động nhất thời nêu trên đã rõ ràng ước tính quá cao sai số trong phép đo công suất thời gian thực.

Fig.24 là hình vẽ thể hiện quá trình làm mát bức xạ trực tiếp đối với khối nước. Fig.24A là hình vẽ thể hiện sơ đồ để thiết đặt. Fig.24B là hình vẽ thể hiện nhiệt độ môi trường (màu đen), nhiệt độ bề mặt thùng nước (màu xanh lam), nhiệt độ

nước (màu xanh lục), và nhiệt độ bề mặt siêu vật liệu (màu đỏ) dưới dạng các hàm theo thời gian. Vào lúc 3 giờ 10 phút sáng ngày 15 Tháng Chín năm 2016, siêu vật liệu này được để lộ ra ngoài trời. Fig.24C là hình vẽ thể hiện kết quả phân tích nhất thời đối với năng lượng lạnh được chứa trong nước (màu xanh lam), thùng nước bằng nhựa (màu xanh lục), kết cấu xếp chồng, bao gồm siêu vật liệu, lát được phủ bạc, và tấm đồng (màu xanh lục-lam), và tổng của ba phần này (màu đỏ). Tổng lượng tổn thất nhiệt do đối lưu và truyền dẫn (màu đỏ tía) qua hộp bọt polystyren là tăng lên nếu tăng lượng chênh lệch nhiệt độ giữa khoang và không khí môi trường. Tổng nhiệt dung là khoảng $33 \text{ KJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Tổng công suất làm mát bức xạ của siêu vật liệu (màu đen) là tổng của tổn thất nhiệt và độ lạnh được chứa trong tất cả các vật liệu, vào khoảng $120 \text{ W}/\text{m}^2$. Sự tăng vọt về công suất làm mát bức xạ đo được ở đầu phép đo là do các dòng nhiệt bất ổn định giữa các thành phần của hệ thống đo.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Trên các hình vẽ, thì các số chỉ dẫn giống nhau được dùng để chỉ các phần tử giống nhau.

Phổ điện từ có thể được phân loại vào vài vùng. Các vùng được đề cập ở đây là vùng hồng ngoại (bước sóng khoảng 1 mm đến 750 nm), vùng nhìn thấy được (bước sóng khoảng 750 nm đến 400 nm) và vùng cực tím (bước sóng khoảng 400 nm đến 40 nm). Vùng hồng ngoại còn được phân loại thành các vùng con nhờ sử dụng các sơ đồ phân loại khác nhau; theo sơ đồ phân loại ISO (International Standards Organization - tổ chức tiêu chuẩn hoá quốc tế) thì hồng ngoại giữa là khoảng 3 μm đến 50 μm . Như được sử dụng ở đây, thông lượng bức xạ là năng lượng bức xạ trên mỗi đơn vị thời gian (ví dụ, W), sự bức xạ là thông lượng bức xạ mà một bề mặt nhận được trên mỗi đơn vị diện tích (ví dụ, Wm^{-2}), và sự bức xạ phổ là sự bức xạ của một bề mặt trên mỗi đơn vị bước sóng (ví dụ, $\text{Wm}^{-2}\text{nm}^{-1}$).

Bức xạ điện từ được phát xạ từ vật chất tại nhiệt độ trên nhiệt độ không tuyệt đối Kelvin có thể được gọi là bức xạ nhiệt. Phổ mặt trời là sự phân bố bức xạ điện từ được phát xạ bởi Mặt Trời, dưới dạng hàm theo các bước sóng điện từ. Phần lớn năng lượng mặt trời là nằm trên bước sóng từ khoảng 0,3 μm đến khoảng 3 μm , như có thể thấy trên Fig.1.

Độ phát xạ cho biết việc bề mặt thực bức xạ năng lượng điện từ mạnh thế nào so với vật đen, và có thể nằm trong khoảng từ 0 đến 1. Độ phát xạ phổ có định hướng là tỷ số giữa khả năng phát xạ của bề mặt thực đó so với khả năng phát xạ của vật đen. Độ phát xạ tổng được lấy trung bình đối với tất cả các bước sóng; độ phát xạ bán cầu được lấy trung bình đối với tất cả các chiều. Như được sử dụng ở đây, lớp phát xạ có lựa chọn được tạo kết cấu để phát xạ bức xạ điện từ trên dải bước sóng với độ phát xạ mong muốn từ 0 đến 1 tại nhiệt độ trên độ không tuyệt đối.

Như được sử dụng ở đây, lớp phát xạ có lựa chọn có độ phát xạ có tính lựa chọn bước sóng. Lớp phát xạ có lựa chọn được tạo kết cấu để tạo ra những sự phát xạ điện từ bằng nhiệt tại các nhiệt độ khác độ không tuyệt đối Kelvin và không phải là vật đen. Vì độ phát xạ là tương quan với độ hấp thụ, nên lớp phát xạ có lựa chọn cũng là lớp hấp thụ có lựa chọn. Theo các phương án, thì lớp phát xạ có lựa chọn này có độ phát xạ cao ở ít nhất một số phần của phần hồng ngoại của phổ, nhưng có sự phát xạ bị giới hạn ở ít nhất một số phần của phổ mặt trời. Lớp phát xạ có lựa chọn đó cũng có tính hấp thụ có lựa chọn, có độ hấp thụ cao ở ít nhất một số phần của phần hồng ngoại của phổ, nhưng có độ hấp thụ bị giới hạn ở ít nhất một số phần của phổ mặt trời.

Như được sử dụng ở đây, kích thước trung bình là trung bình số học hoặc trung bình cộng của đường kính hiệu dụng. Theo một phương án thì, ví dụ, kích thước trung bình là tổng các đường kính hiệu dụng của tất cả các hạt chia cho số lượng hạt. Vì kích thước trung bình là đường kính hiệu dụng, nên các hạt có thể có các hình dạng khác nhau chứ không chỉ giới hạn ở các hạt hình cầu hoặc dạng cầu. Những sự phân bố của các hạt cũng có thể biến thiên, ví dụ, các hạt có thể có những sự phân bố hẹp hoặc rộng và có thể là đơn phân tán hoặc đa phân tán.

Như được sử dụng ở đây, độ hấp thụ được xác định là phần năng lượng bức xạ tới bề mặt của vật thể mà được hấp thụ bởi vật thể đó. Bức xạ tới này phụ thuộc vào các điều kiện bức xạ tại nguồn của năng lượng tới. Theo một phương án, thì độ hấp thụ trung bình là độ hấp thụ bán cầu được lấy trung bình trên dải bước sóng quan tâm.

Như được sử dụng ở đây, độ truyền được xác định là phần năng lượng bức xạ tới bề mặt của vật thể mà được truyền bởi vật thể đó. Như được sử dụng ở đây, vật

liệu có tính truyền có độ truyền trung bình là lớn hơn không đối với bức xạ trong dải bước sóng được chỉ định. y. Theo một phương án, thì độ truyền trung bình là độ truyền bán cầu được lấy trung bình trên dải bước sóng quan tâm. Theo một số phương án, thì vật liệu trong suốt có độ truyền lớn hơn 0,9 đối với dải bước sóng được chỉ định.

Như được sử dụng ở đây, độ phản xạ được xác định là phần năng lượng bức xạ tới vật thể mà được phản xạ bởi vật thể đó. Độ phản xạ năng lượng mặt trời được xác định là phần năng lượng bức xạ tới vật thể mà được phản xạ bởi vật thể đó trong vùng được chỉ định của phổ mặt trời (ví dụ, từ 0,3 μm đến 3 μm). Theo một phương án, thì độ phản xạ năng lượng mặt trời được lấy trung bình trên vùng được chỉ định của phổ này. Theo một phương án, thì độ phản xạ trung bình là độ phản xạ bán cầu được lấy trung bình trên dải bước sóng quan tâm.

Như được sử dụng ở đây, nhiệt độ phòng là khoảng 20°C đến 30°C.

Các phương án của sáng chế cũng đề cập đến các phương pháp sản xuất các cơ cấu làm mát bức xạ với các quy mô kích thước hữu ích cho các ứng dụng làm mát thích hợp. Theo một số phương án của sáng chế, các polyme hoặc các vật liệu dựa trên polyme được nạp vào máy đùn, tùy ý là máy đùn công nghiệp hoặc máy đúc khuôn, và được làm nóng chảy và được đùn thành các tấm mỏng. Theo các ví dụ, thì polyme mà được nạp vào máy đùn là ở dạng viên, dạng bột, hoặc dạng khô bất kỳ khác. Theo các phương án để sản xuất các lớp phát xạ composit, thì các vật liệu không phải polyme, ví dụ, các hạt điện môi hoặc các hạt thủy tinh nêu trên, là được trộn lẫn vào polyme trước khi, trong khi, hoặc sau khi nung chảy polyme, và trước khi ép đùn. Các vật liệu không phải polyme này có thể được trộn theo cách bất kỳ, và có thể được trộn thành hỗn hợp đồng nhất hoặc gần đồng nhất của polyme và các vật liệu không phải polyme. Như đã mô tả trên đây, các tấm dựa trên polyme đó có thể có chiều dày từ 3 μm đến vài mili mét. Các tấm đùn được có thể được đúc lên các đế rắn, hoặc theo một phương án, là được tạo dạng lên các con lăn được làm lạnh, để tạo ra các màng mỏng độc lập.

Theo các phương án khác, thì tấm polyme hoặc tấm dựa trên polyme có thể được sản xuất bằng phương pháp bất kỳ hoặc tổ hợp phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp sản xuất polyme khác nhau, bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở,

phương pháp đúc chất lỏng hoặc đúc dung dịch, phương pháp thổi hoặc đúc thổi, đúc quay, đúc nén, phương pháp đúc phun, và đúc áp lực. Ví dụ, vật liệu polyme ban đầu có thể được trộn với các hạt không phải polyme, được nung chảy, và hỗn hợp được nung chảy này được thổi, được nén, hoặc là được đúc thành các tấm có chiều dày bất kỳ. Theo các phương án khác, thì polyme có thể được cung cấp ở dạng lỏng để polyme có thể được đưa trực tiếp lên bề mặt, ví dụ, bằng cách sơn, quét, phủ hoặc phun. Theo một số phương án, thì polyme lỏng có thể có các hạt được phân tán khắp trong đó. Polyme có thể cần quá trình lưu hoá khi phủ, hoặc có thể khô để tạo thành lớp polyme mong muốn.

Tất cả các patent và các tài liệu công bố được đề cập trong bản mô tả này cho biết trình độ của những người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực mà sáng chế liên quan đến. Tất cả các tài liệu tham khảo được trích dẫn ở đây là được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn ở chừng mực mà không gây ra sự không thống nhất với sáng chế. Tất cả các tài liệu tham khảo trong đơn này, ví dụ, các tài liệu patent bao gồm các patent đã được ban hành hoặc được cấp, hoặc các tài liệu tương đương; các công bố đơn patent; và các tài liệu phi patent hoặc tài liệu nguồn khác; là được kết hợp nguyên vẹn vào đây bằng cách viện dẫn, dù là được kết hợp riêng lẻ bằng cách viện dẫn, ở chừng mực mà mỗi tài liệu tham khảo đều ít nhất một phần không phải là không thống nhất với sáng chế (ví dụ, tài liệu tham khảo mà không thống nhất một phần thì sẽ được kết hợp bằng cách viện dẫn ngoại trừ phần không thống nhất một phần đó của tài liệu tham khảo đó).

Tất cả các patent và các tài liệu công bố được đề cập trong bản mô tả này cho biết trình độ của những người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực mà sáng chế liên quan đến. Các tài liệu tham khảo mà được trích dẫn ở đây là được kết hợp nguyên vẹn vào đây bằng cách viện dẫn, để thể hiện giải pháp đã biết, trong một số trường hợp là dưới dạng ngày nộp đơn của chúng, và dự tính rằng thông tin này có thể được sử dụng ở đây, nếu cần, để loại trừ (ví dụ, để không yêu cầu bảo hộ) các phương án cụ thể mà thuộc về giải pháp kỹ thuật đã biết. Ví dụ, khi một hợp chất được yêu cầu bảo hộ, thì cần hiểu rằng các hợp chất đã biết theo giải pháp kỹ thuật đã biết, bao gồm các hợp chất nhất định mà được bộc lộ trong các tài liệu tham khảo

được bộc lộ ở đây (đặc biệt là ở các tài liệu patent được viện dẫn), là không được dự định bao gồm trong yêu cầu bảo hộ đó.

Khi một nhóm thể được bộc lộ ở đây, thì cần hiểu rằng tất cả các thành viên riêng lẻ của các nhóm đó và tất cả các nhóm con, bao gồm các chất đồng phân và các chất đồng phân đối ảnh bất kỳ của các thành viên nhóm đó, và các lớp hợp chất mà có thể được tạo ra nhờ sử dụng các phần tử thể đó, là được bộc lộ một cách riêng biệt. Khi một hợp chất được yêu cầu bảo hộ, thì cần hiểu rằng các hợp chất đã biết trong lĩnh vực, bao gồm các hợp chất được bộc lộ trong các tài liệu tham khảo được bộc lộ ở đây, là không được dự định bao gồm. Khi nhóm Markush hoặc kiểu xếp nhóm khác được sử dụng ở đây, thì tất cả những thành viên riêng lẻ của nhóm đó và tất cả các tổ hợp và các tổ hợp con khả thi của nhóm đó là được dự định bao gồm một cách riêng lẻ trong bản mô tả này.

Mỗi chế phẩm hoặc tổ hợp của các thành phần được mô tả hoặc được nêu làm ví dụ đều có thể được dùng để thực hiện sáng chế, trừ khi được nói khác đi. Các tên gọi cụ thể của các hợp chất là chỉ nhằm làm ví dụ, vì đã biết rằng người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực có thể gọi tên vẫn các hợp chất đó theo cách khác đi. Khi một hợp chất được mô tả ở đây theo cách mà chất đồng phân hoặc chất đồng phân đối ảnh cụ thể của hợp chất đó là không được chỉ định, ví dụ, trong công thức hoặc trong tên hoá học, thì phần mô tả đó là được dự định bao gồm mỗi chất đồng phân và chất đồng phân đối ảnh của hợp chất đó, được mô tả riêng lẻ hoặc theo cách kết hợp bất kỳ. Người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực cần thấy rằng các phương pháp, các phần tử thiết bị, các nguyên liệu ban đầu và các phương pháp tổng hợp mà khác với những thứ được nêu làm ví dụ cụ thể ở đây là có thể được sử dụng khi thực hiện sáng chế mà không cần dùng đến sự thử nghiệm không phù hợp. Tất cả những sự tương đương về chức năng đã biết trong lĩnh vực, của các phương pháp, các phần tử thiết bị, các nguyên liệu ban đầu và các phương pháp tổng hợp bất kỳ đó, là được dự định bao gồm theo sáng chế. Khi một khoảng được cho trong bản mô tả này, ví dụ, khoảng nhiệt độ, khoảng thời gian, hoặc khoảng thành phần, thì tất cả các khoảng và các khoảng con trung gian, cũng như tất cả các giá trị riêng lẻ được bao gồm trong các khoảng được cho đó, là được dự định bao gồm theo sáng chế.

Như được sử dụng ở đây, từ ngữ “bao gồm” là đồng nghĩa với “gồm có”, “chứa” hoặc “khác biệt bởi”, và có tính gồm cả hoặc kết thúc mở, chứ không loại trừ các phần tử hoặc các bước phương pháp bổ sung không được nêu. Như được sử dụng ở đây, từ ngữ “được cấu thành từ” là loại trừ bất kỳ phần tử, bước, hoặc thành phần nào mà không được chỉ định trong dấu hiệu yêu cầu bảo hộ. Như được sử dụng ở đây, từ ngữ “về cơ bản được cấu thành từ” là không loại trừ các chất hoặc các bước vốn không ảnh hưởng cụ thể đến các đặc điểm cơ bản và có tính mới của yêu cầu bảo hộ. Ở đây, việc đề cập bất kỳ đến thuật ngữ “bao gồm”, đặc biệt là khi mô tả các thành phần của một hợp phần hoặc khi mô tả các phần tử của một thiết bị, là được hiểu là bao trùm các hợp phần đó và các phương pháp mà về cơ bản được cấu thành từ và được cấu thành từ các thành phần hoặc các phần tử được nêu. Sáng chế có thể được thực hiện mà không có phần tử hoặc các phần tử, sự giới hạn hoặc những sự giới hạn bất kỳ mà không được bộc lộ cụ thể ở đây.

Các thuật ngữ và các câu mà được sử dụng là được sử dụng làm các thuật ngữ mô tả chứ không nhằm giới hạn, và việc sử dụng các thuật ngữ và các câu đó là không nhằm loại trừ phương án tương đương nào của các dấu hiệu được thể hiện và được mô tả hoặc các phần của chúng, và các phương án cải biến khác nhau là khả thi trong phạm vi của sáng chế được yêu cầu bảo hộ. Do đó, cần hiểu rằng tuy sáng chế được bộc lộ cụ thể bởi các phương án ưu tiên và các dấu hiệu tùy ý, nhưng các phương án cải biến và biến thể của các khái niệm được bộc lộ ở đây là có thể được tạo ra bởi những người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực, và rằng những phương án cải biến và biến thể đó đều được coi là nằm trong phạm vi của sáng chế, như được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Nói chung, các thuật ngữ và các câu được sử dụng ở đây là đều có ý nghĩa đã biết trong lĩnh vực của chúng, mà có thể được tìm thấy ở các văn bản tiêu chuẩn, báo chí tham khảo và các hoàn cảnh mà những người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực đã biết. Các định nghĩa nêu trên được cung cấp để làm rõ tình huống sử dụng cụ thể của chúng trong ngữ cảnh của sáng chế.

Tuy phần mô tả ở đây có chứa nhiều nét riêng biệt, nhưng các nét riêng biệt này không được hiểu là nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế, mà chỉ nhằm thể hiện một số trong số các phương án ưu tiên của sáng chế. Do đó, phạm vi của sáng chế là

được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo và các phương án tương đương của chúng, thay vì bởi các ví dụ được nêu.

Sáng chế có thể được hiểu thêm dựa vào các ví dụ không nhằm mục đích giới hạn sau đây.

Ví dụ 1: Các màng làm mát bức xạ dựa trên polymethylpenten

Fig.13A là hình vẽ thể hiện độ phát xạ/độ hấp thụ dưới dạng hàm theo bước sóng điện từ đối với các màng polymethylpenten (TPXTM) trần dày 50 μm và màng dày 50 μm với 5% là các vi cầu silic đioxit đặc có đường kính 8 μm . Vết tô đối với màng TPXTM có màu xám nhạt hơn so với vết tô đối với màng composit. Polymethylpenten được làm khớp chỉ số với silic đioxit ở phổ mặt trời, chứ không phải ở phổ hồng ngoại. Màng polymethylpenten được trộn với các vi cầu silic đioxit gây ra độ phát xạ cao tại các bước sóng IR (InfraRed - hồng ngoại) từ 7 μm đến 13 μm . Không muốn bị giới hạn bởi bất kỳ niềm tin cụ thể nào, các hạt cầu silic đioxit được tin là hoạt động như các chất tán xạ hồng ngoại và tương tác theo cách cộng hưởng với bức xạ hồng ngoại, góp phần cải thiện độ phát xạ hồng ngoại của các màng.

Fig.13B là hình vẽ thể hiện độ phát xạ/độ hấp thụ dưới dạng hàm theo bước sóng đối với các màng polymethylpenten có chiều dày khác nhau, với 5% phần thể tích là các vi cầu silic đioxit đặc có đường kính 8 μm . (giải thích: màng 50 μm là đường liền nét màu xám sẫm hơn, màng 80 μm là đường nét đứt, màng 120 μm là đường liền nét màu xám nhạt hơn). Màng polymethylpenten dày hơn với các vi cầu silic đioxit sẽ làm tăng độ phát xạ tại bước sóng IR là từ 7 μm đến 13 μm mà không có hiệu ứng hấp thụ đáng kể ở phổ mặt trời.

Fig.13C là hình vẽ thể hiện độ hấp thụ/độ phát xạ dưới dạng hàm theo bước sóng đối với màng polymethylpenten dày 55 μm với 5% phần thể tích là các vi cầu silic đioxit đặc có đường kính 8 μm . Công suất làm mát thực ban ngày là 113 W/m² với độ hấp thụ năng lượng mặt trời được lấy trung bình là < 4% và độ phát xạ IR trung bình là > 0,8. Các tỷ lệ phần trăm của các chất độn được cho trên các hình vẽ từ Fig.13A đến Fig.13C là tính theo thể tích.

Fig.14 là hình vẽ thể hiện công suất làm mát bức xạ được lập kế hoạch của lớp phát xạ với lớp phản xạ. Lớp phát xạ này bao gồm tám polyme có các hạt cầu

điện môi được nhúng theo các tỷ lệ thể tích khác nhau của các hạt cầu được nhúng và các chiều dày màng khác nhau.

Ví dụ 2: Siêu vật liệu lai thủy tinh-polyme được ngẫu nhiên hoá và được sản xuất với kích thước khả biến để làm mát bức xạ ban ngày

Cách làm mát bức xạ thụ động sẽ hút nhiệt từ các bề mặt và bức xạ nó vào không gian dưới dạng bức xạ hồng ngoại, mà đối với bức xạ hồng ngoại thì môi trường là trong suốt. Tuy nhiên, sự chênh lệch mật độ năng lượng giữa bức xạ mặt trời và thông lượng bức xạ hồng ngoại thấp từ bề mặt có nhiệt độ gần nhiệt độ môi trường sẽ yêu cầu đến các vật liệu mà phát xạ mạnh nhiệt năng và gần như không hấp thụ ánh sáng mặt trời. Các vi cầu điện môi phân cực cộng hưởng được nhúng ngẫu nhiên vào chất nền polyme, để tạo ra siêu vật liệu hoàn toàn trong suốt đối với phổ mặt trời trong khi vẫn có độ phát xạ hồng ngoại lớn hơn 0,93 trên cửa sổ khí quyển. Khi có mặt đáy là lớp phủ bạc, thì siêu vật liệu này thể hiện công suất làm mát bức xạ buổi trưa là 93 W/m^2 dưới ánh nắng trực tiếp. Quan trọng hơn, người nộp đơn đã thể hiện phương pháp đa con lăn có hiệu suất cao và kinh tế để sản xuất siêu vật liệu, vốn là quan trọng để xúc tiến công nghệ làm mát bức xạ dưới dạng công nghệ năng lượng có thể đạt được.

Làm mát bức xạ - tức là việc chuyển bức xạ vật đen từ vật thể nóng qua cửa sổ trong suốt đối với hồng ngoại của môi trường đến nơi tản nhiệt lạnh là không gian bên ngoài - là khái niệm lõi cuốn cho thế kỷ 21, trong đó phần lớn các nhu cầu hàng ngày, từ hoạt động phát điện cho đến các trung tâm dữ liệu, đều sinh nhiều nhiệt. Ngược lại so với phần lớn các phương pháp làm mát được sử dụng hiện nay, vốn cần đến năng lượng và các tài nguyên để mang nhiệt đi, thì làm mát bức xạ là phương pháp tự nhiên thụ động tăng cường của Trái Đất để làm mát chính nó. Các hệ thống làm mát bức xạ ban đêm hiệu quả đã được khảo sát sâu rộng trước đây, với độ phát xạ hồng ngoại hứa hẹn ở cả vật liệu hữu cơ lẫn vật liệu vô cơ mà bao gồm các sơn có màu (1–5). Tuy nhiên, việc làm mát bức xạ ban ngày lại có mối thách thức khác, bởi vì độ hấp thụ năng lượng mặt trời chỉ vài phần trăm cũng đã lớn hơn công suất làm mát và thực sự làm nóng bề mặt. Các thiết bị quang tử nano được đề xuất có thể thải loại bức xạ mặt trời một cách hiệu quả và phát xạ mạnh hồng ngoại (6–7), điều này có hứa hẹn cho việc làm mát bức xạ ban ngày. Tuy nhiên, giải pháp quang tử nano

yêu cầu việc chế tạo nghiêm ngặt và chính xác đến nano mét nên khó có hiệu quả chi phí để thoả mãn các yêu cầu diện tích lớn cho các ứng dụng gia đình và thương mại vốn có thể được lợi nhất từ quá trình làm mát bức xạ.

Quang tử polyme là một lĩnh vực đang phát triển và hấp dẫn cho tính kinh tế và khả năng thay đổi quy mô (8-11). Việc lai các siêu vật liệu quang học ngẫu nhiên với các quang tử polyme có thể là giải pháp hứa hẹn cho việc làm mát bức xạ ban ngày hiệu quả - cho đến nay, việc khai thác sự ngẫu nhiên ở các hệ thống quang tử đã tạo ra sự phát xạ tự phát được khuếch đại (12,13), các điểm nóng điện từ cực kỳ cục bộ (14-16), cải thiện hiệu quả bẫy ánh sáng của các tế bào quang điện (17,18), và độ thấm thấu âm và các thiết bị chuyển mạch đa vũng (19,20). Khi các chất cộng hưởng điện từ trong siêu vật liệu ngẫu nhiên được kích thích chung, thì khả năng dập tắt và chiều dài quang trình trong vật liệu đều được tăng cường, tạo ra độ hấp thụ gần như hoàn hảo lúc cộng hưởng (21,22). Đây là tiềm năng lớn để tận dụng các siêu vật liệu có các chất cộng hưởng quang học được phân tán ngẫu nhiên để làm mát bức xạ hiệu quả, nếu có thể đạt được độ hấp thụ (độ phát xạ) hoàn hảo trên toàn bộ cửa sổ truyền của khí quyển.

Sáng chế đề xuất các phương pháp và các thiết bị làm mát bức xạ ban ngày và ban đêm hiệu quả có siêu vật liệu lai thủy tinh-polyme được ngẫu nhiên hoá. Theo một phương án, siêu vật liệu này được cấu thành từ polyme trong suốt nhìn thấy được bao bọc lấy các vi cầu silic đioxit (SiO_2) được phân tán ngẫu nhiên. Đáp ứng quang phổ trải ra trên hai bậc độ lớn về bước sóng (0,3 μm đến 25 μm). Siêu vật liệu lai này có tính cực kỳ phát xạ trên toàn bộ cửa sổ truyền của khí quyển (8 μm đến 13 μm) do sự cộng hưởng Fröhlich được tăng cường bởi phonon của các vi cầu. Màng siêu vật liệu dày 50 μm chứa 6 % thể tích là các vi cầu thì có độ phát xạ hồng ngoại trung bình là $> 0,93$ và phản xạ khoảng 96 % bức xạ mặt trời khi có mặt đáy là lớp phủ bạc dày 200 nm. Người nộp đơn thể hiện, bằng thực nghiệm, công suất làm mát bức xạ buổi trưa (từ 11 giờ sáng đến 2 giờ chiều) trung bình là 93 W/m^2 dưới ánh nắng trực tiếp trong bài thử nghiệm thực địa ba ngày, và công suất làm mát trung bình $> 110 \text{ W/m}^2$ trong bài thử nghiệm ngày đêm 72 giờ liên tục. Siêu vật liệu này được chế tạo thành các tấm rộng 300 mm với tốc độ 5 mét/phút, để trong quá trình thực nghiệm thì người nộp đơn tạo ra hàng trăm mét vuông vật liệu.

Cấu trúc của siêu vật liệu lai thủy tinh-polyme được ngẫu nhiên hoá được mô tả theo ví dụ này có chứa các hạt cầu SiO_2 cỡ micro mét được phân tán ngẫu nhiên trong chất nền là polymethylpenten (TPX) (Fig.15A). TPX được sử dụng do độ truyền năng lượng mặt trời xuất sắc của nó. Các polyme trong suốt nhìn thấy được khác, chẳng hạn poly(metyl metacrylat) và polyetylen, có thể được sử dụng. Vì cả chất nền polyme lẫn các vi cầu SiO_2 được bao bọc đều không bị mất mát trong phổ mặt trời, nên độ hấp thụ là gần như không có và sự bức xạ mặt trời trực tiếp không làm nóng siêu vật liệu này.

Ở các bước sóng hồng ngoại thì các vi cầu SiO_2 được bao bọc có các thuộc tính quang học khác nhiều so với của chất nền bao quanh do sự tồn tại của những sự cộng hưởng phonon-polariton mạnh tại $9,7 \mu\text{m}$ (23). Người nộp đơn đã tính toán các mặt cắt ngang của độ hấp thụ chuẩn hoá (σ_{abs}/a^2), độ tán xạ (σ_{sca}/a^2), và độ dập tắt (σ_{ext}/a^2) của một vi cầu riêng lẻ được bao bọc trong TPX, dưới dạng hàm theo thông số kích thước, k_0a , của nó đối với bước sóng tới là $10 \mu\text{m}$ (Fig.15B). Ở đây, k_0 là vectơ sóng trong không gian tự do và a là bán kính của vi cầu. Độ dập tắt đạt đỉnh tại thông số kích thước là $\sim 2,5$, tương ứng với bán kính vi cầu là $\sim 4 \mu\text{m}$. Thông số kích thước của vi cầu đóng vai trò then chốt trong việc thiết kế siêu vật liệu lai dành cho việc làm mát bức xạ. Tại giới hạn hạt nhỏ (tựa tĩnh), thì sự cộng hưởng có bản chất là lưỡng cực điện thuần (đồ thị lồng Fig.15B). Tại đỉnh dập, thì những sự cộng hưởng Fröhlich bậc cao, mà bao gồm cả chế độ điện lẫn chế độ từ tính, là cũng được kích thích mạnh, bằng chứng là sự tán xạ thuận mạnh được thể hiện trên Fig.15C, hàm tán xạ công suất ba chiều (mẫu tán xạ trường xa) (24).

Chiều rộng vạch thực chất hẹp của các phonon-polariton, thường là ưu điểm vượt trội ở các ứng dụng chẳng hạn như cảm biến hồng ngoại (25,26), có thể giới hạn chiều rộng dải của vùng hồng ngoại phát xạ cao ở đây. Người nộp đơn thu được độ phát xạ dải rộng trên toàn bộ cửa sổ khí quyển bằng cách tiếp cận những sự cộng hưởng Fröhlich bậc cao của các vi cầu điện môi phân cực (27). Phần thực và phần ảo của chỉ số khúc xạ hiệu dụng, $n + i\kappa = \sqrt{\epsilon_{\text{eff}} \cdot \mu_{\text{eff}}}$, được trích xuất là các hàm theo bước sóng và kích thước vi cầu, như được thể hiện trên Fig.16 đối với các vi cầu có đường kính $1 \mu\text{m}$ và $8 \mu\text{m}$. Tính đến nồng độ thấp (6 % về thể tích) và giả sử rằng các vi cầu có kích thước và sự phân bố đồng đều, thì người nộp đơn thu được

hằng số điện môi hiệu dụng và khả năng thấm của siêu vật liệu lai lần lượt từ $\varepsilon_{eff} = \varepsilon_P \cdot [1 + i\gamma(S_0 + S_1)]$, và $\mu_{eff} = 1 + i\gamma(S_0 - S_1)$, (28), trong đó S_0 và S_1 là hệ số tán xạ thuận và hệ số tán xạ ngược của vi cầu riêng lẻ trong môi trường bao bọc, và hệ số γ bao gồm phần thể tích, f , và thông số kích thước, k_0a ($\gamma = \frac{3f}{2(k_0a)^3}$). Trong trường hợp các vi cầu cỡ lớn, thì sự can nhiễu phương thức giữa các chế độ bậc cao hơn sẽ làm cho siêu vật liệu lai này hấp thụ mạnh hồng ngoại. Quan trọng là nó trở nên gần như không tán sắc ở dải hồng ngoại. Sự phân tán của cả phần thực lẫn phần ảo của chỉ số khúc xạ hiệu dụng là nhỏ hơn $9 \times 10^{-5}/\text{nm}$ trên toàn bộ dải bước sóng hồng ngoại (Fig.16), hoàn toàn trái ngược với sự phân tán mạnh của khối điện môi phân cực SiO_2 , là $\sim 5 \times 10^{-3}/\text{nm}$ trong cùng dải này. Sự phân tán thấp này tạo ra sự so khớp trở kháng dải rộng xuất sắc của siêu vật liệu này với không gian tự do, tạo ra độ phản xạ cực kỳ thấp đối với cả bức xạ năng lượng mặt trời lẫn bức xạ hồng ngoại. Siêu vật liệu lai mỏng $50 \mu\text{m}$ có thể tạo ra sự hấp thụ đồng đều và đủ mạnh trên toàn bộ cửa sổ khí quyển, tạo ra sự phát xạ hồng ngoại dải rộng hoàn hảo cho việc làm mát bức xạ (Fig.16C). Ngược lại, khi các vi cầu là nhỏ ($k_0a \ll 1$), thì xảy ra sự cộng hưởng rõ rệt (Fig.16B), điều này giới hạn độ phát xạ hồng ngoại cao vào duy nhất là bước sóng cộng hưởng polariton. Ngoài ra, sự cộng hưởng này gây ra sự phản xạ mạnh, tiếp tục giảm thêm độ phát xạ tổng thể.

Siêu vật liệu lai này phản xạ mạnh bức xạ mặt trời khi có mặt đáy là màng bạc mỏng dày 200 nm (Fig.17A) mà được tạo ra bằng cách bay hơi chùm electron. Người nộp đơn xác định đặc điểm hiệu suất quang phổ của màng siêu vật liệu mỏng ở cả vùng năng lượng mặt trời ($0,3 \mu\text{m}$ đến $2,5 \mu\text{m}$) lẫn vùng hồng ngoại ($2,5 \mu\text{m}$ đến $25 \mu\text{m}$) lần lượt bằng máy đo quang phổ UV (Ultra Violet - cực tím) - VIS (VISible - nhìn thấy được) - NIR (Near InfraRed - cận hồng ngoại) và phổ kế hồng ngoại biến đổi Fourier (Fourier Transform InfraRed - FTIR), (Fig.17C và Fig.17D). Người nộp đơn sử dụng những quả cầu tích phân để tính đến ánh sáng tán xạ từ góc khối hoàn toàn ở cả hai vùng phổ. Độ hấp thụ (độ phát xạ) phổ đo được của mẫu (Fig.17D) cho biết rằng màng dày $50 \mu\text{m}$ sẽ phản xạ $\sim 96 \%$ bức xạ mặt trời trong khi vẫn có độ phát xạ gần như bão hoà $> 0,93$ trong dải từ $8 \mu\text{m}$ đến $13 \mu\text{m}$ - tạo ra công suất làm mát bức xạ lớn hơn 100 W/m^2 dưới ánh sáng mặt trời trực tiếp ở nhiệt

độ phòng. Các kết quả thực nghiệm là rất giống với lý thuyết, trong đó những sự khác biệt quang phổ gần các bước sóng 3 μm và 16 μm chủ yếu là do sự hấp thụ của nước và không khí trong phép đo FTIR trong các điều kiện môi trường. Người nộp đơn phải sử dụng những cách tiếp cận lý thuyết khác nhau để tính toán độ phát xạ ở các dải bước sóng năng lượng mặt trời và các dải bước sóng hồng ngoại. Người nộp đơn đã sử dụng phương pháp ma trận truyền đạt không nhất quán tổng quát trong vùng hồng ngoại (29). Ở vùng năng lượng mặt trời, thì thay vào đó, người nộp đơn đã sử dụng phương pháp phân tích dẫn sóng cộng hưởng (Rigorous Coupled Wave Analysis - RCWA) vì các thông số hiệu dụng trích xuất được của siêu vật liệu là không chính xác khi kích thước của vi cầu lớn hơn các bước sóng liên quan (30). Người nộp đơn lưu ý rằng độ phát xạ cao trong cửa sổ khí quyển thứ hai giữa 16 μm và 25 μm là có thể được khai thác để làm mát bức xạ bổ sung (31).

Việc sử dụng polyme làm chất nền để làm mát bức xạ có các ưu điểm là trọng lượng nhẹ và dễ dán lên các bề mặt cong. Nó có thể phù hợp cho những sự biến thiên nhỏ về kích thước và hình dạng vi cầu với tác động không đáng kể về hiệu suất tổng thể. TPX có độ bền cơ học và hoá học xuất sắc, có thể cho tuổi thọ lâu dài để sử dụng ngoài trời. Tuy nhiên, một trong số các ưu điểm hấp dẫn nhất của việc phát triển siêu vật liệu lai thủy tinh-polyme là nằm ở khả năng chế tạo với kích thước khả biến và có hiệu quả về chi phí. Một cuộn màng siêu vật liệu lai rộng 300 mm và dày 50 μm có thể được sản xuất với tốc độ 5 mét/phút (Fig.18A). Việc kiểm soát nồng độ thể tích của các vi cầu SiO_2 có thể được thực hiện bằng các máy nạp phân tích trọng trường. Màng thu được có sự phân bố vi cầu đồng nhất, với những biến động về nồng độ là nhỏ hơn 0,4 % (32) (Fig.19). Các màng siêu vật liệu lai này là trong mờ do sự tán xạ ánh sáng nhìn thấy bởi những vi cầu được vùi (Fig.20). Ngoài ra, khi có mặt đáy là lớp phủ bạc phản xạ dày 200 nm, thì siêu vật liệu lai này có màu trắng được cân bằng (32) (Fig.20). Đáp ứng quang học tán xạ mạnh và không phản xạ của siêu vật liệu này sẽ cho phép tránh tình trạng chói lóa do sự phản xạ ngược, vốn có thể có các hiệu ứng thị giác có hại cho con người và gây nhiễu cho các hoạt động của máy bay (33).

Quá trình làm mát bức xạ thời gian thực và liên tục được thể hiện bằng cách thực hiện các phép đo nhiệt nhờ sử dụng màng siêu vật liệu lai được chế tạo với kích

thước khả biến có đường kính 8 inso (khoảng 20 cm), trong một chuỗi ngày mùa thu quang mây ở Cave Creek, Arizona (toạ độ là 33°49'32" Bắc, 112°1'44" Tây, cao độ là 585 m) (Fig.18B, Fig.18C). Siêu vật liệu này được đặt trong vật chứa bột để ngăn chặn sự tổn thất nhiệt từ bên dưới. Bề mặt đỉnh của siêu vật liệu này được đặt quay mặt lên trời và được để lộ trực tiếp ra không khí (32) (Fig.21). Nhiệt độ bề mặt của siêu vật liệu này được giữ cho bằng nhiệt độ môi trường đo được, nhờ sử dụng bộ nung điện được điều khiển hồi tiếp được đặt tiếp xúc nhiệt với siêu vật liệu này, để giảm thiểu sự ảnh hưởng của tổn thất nhiệt do truyền dẫn và đối lưu. Do đó, tổng công suất làm mát bức xạ là bằng công suất gia nhiệt sinh ra bởi bộ nung điện nếu không có sự chênh lệch nhiệt độ giữa bề mặt này và không khí môi trường. Với sự điều khiển hồi tiếp này, thì nhiệt độ bề mặt sẽ đi theo nhiệt độ môi trường đo được trong khoảng chính xác là $\pm 0,2$ °C vào ngày và nhỏ hơn $\pm 0,1$ °C về đêm (32) (Fig.22). Việc đo liên tục công suất làm mát bức xạ sẽ cho công suất làm mát bức xạ trung bình $> 110 \text{ W/m}^2$ trong phép đo ngày/đêm liên tục 72 giờ (Fig.18C). Công suất làm mát trung bình quanh buổi trưa đạt 93 W/m^2 với sự bức xạ mặt trời tới vuông góc lớn hơn 900 W/m^2 . Người nộp đơn quan sát thấy công suất làm mát bức xạ trung bình ban đêm là cao hơn so với ban ngày. Tuy nhiên, công suất làm mát đạt đỉnh sau lúc mặt trời mọc và trước lúc mặt trời lặn khi nhiệt độ môi trường thay đổi nhanh chóng và bức xạ mặt trời tới tại các góc xiên lớn. Để tiếp tục thể hiện hiệu quả của quá trình làm mát bức xạ, thì người nộp đơn còn dùng nước làm môi chất chứa lạnh, và thể hiện quá trình tạo ra nước lạnh bằng siêu vật liệu lai được chế tạo với kích thước khả biến (32) (Fig.24). Việc áp dụng các hoá chất phụ gia và các lớp phủ hàng rào chất lượng cao có thể tăng cường hiệu suất ngoài trời của chúng, bao gồm tuổi thọ và độ tin cậy. Hiện có nhiều màng polyme mỏng được thiết kế với tuổi thọ ngoài trời được kéo dài (34).

Phần mô tả bổ sung

Sự phân bố của các vi cầu trong chất nền polyme

Độ đồng đều trong sự phân bố vi cầu silic đioxit trong chất nền polyme được định lượng, và đã thấy rằng sự đồng đều từ mép này đến mép kia là đạt được đối với

các màng siêu vật liệu mỏng rộng 300 mm. Như được thể hiện trên Fig.19A, sự biến thiên nồng độ là nhỏ hơn 0,4%, và sự biến thiên độ phát xạ tương ứng thậm chí còn nhỏ hơn (Fig.19B).

Độ khuếch tán quang học của siêu vật liệu lai

Một thuộc tính có lợi vốn có của siêu vật liệu lai thủy tinh-polyme là sự khuếch tán quang học. Người nộp đơn thể hiện đặc tính quang học này bằng cách soi bút laze đơn giản tại bước sóng 532 nm qua màng này cách khỏi tường khoảng 1 m. Sự tán xạ của chùm 2 mm trong mẫu 50 μm này tạo thành đường kính 80 cm trên tường (Fig.20A). Người nộp đơn tiếp tục phân tích hình dáng nhìn thấy được của mẫu này, khi có mặt đáy là màng bạc, bằng cách phân tích sắc, và thấy rằng đó là màu trắng được cân bằng thuần (Fig.20B).

Đo nhiệt trực tiếp đối với công suất làm mát bức xạ bằng bộ nung điện được điều khiển hồi tiếp

Những sự chênh lệch nhiệt độ lớn được quan sát thấy giữa siêu vật liệu này và không khí môi trường có thể gây ra những sự tổn thất nhiệt nghiêm trọng do đối lưu và truyền dẫn trong môi trường mở, đặc biệt là vào ban ngày khi sự biến động nhiệt độ môi trường là lớn. Tính đến sự phức tạp của quá trình trao đổi nhiệt với các điều kiện biên biến thiên và các thông số môi trường ngẫu nhiên, chẳng hạn sự đối lưu cưỡng bức bởi gió, thì người nộp đơn đã thực hiện hệ thống được điều khiển hồi tiếp để giữ cho nhiệt độ bề mặt siêu vật liệu bằng với nhiệt độ môi trường và đánh giá chính xác công suất làm mát bức xạ thực. Do đó, gần như ngăn chặn được sự bất định phép đo do sự trao đổi nhiệt đối lưu và truyền dẫn giữa không khí môi trường và siêu vật liệu. Điều đó cho phép người nộp đơn dỡ bỏ màng bảo vệ HDPE trên đỉnh và thực hiện phép đo nhiệt trực tiếp với siêu vật liệu lai được để lộ hoàn toàn ra không khí (xem thiết bị trên Fig.21) - đây là cấu hình được ưu tiên cho các ứng dụng thực tiễn.

Như được thể hiện trên Fig.22A, nhiệt độ bề mặt của siêu vật liệu này theo sát với nhiệt độ không khí môi trường trong cả ban ngày lẫn ban đêm. Đồ thị lồng này thể hiện động thái động khi vòng lặp hồi tiếp được khởi động. Hằng số thời gian tích

phân là khoảng 5 phút, và lượng chênh lệch nhiệt độ giữa môi trường và bề mặt siêu vật liệu có thể được đưa về và được duy trì ở dưới $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 30 phút. Sự chênh lệch nhiệt độ giữa môi trường và bề mặt của siêu vật liệu trong cùng một khoảng thời gian là 18 giờ được thể hiện trên Fig.22B. Lượng chênh lệch nhiệt độ lớn nhất là dưới $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong toàn bộ quá trình thực nghiệm. Những điểm nhảy đột ngột phụ động về nhiệt độ chủ yếu là do gió bão, nó khiến hệ thống hồi tiếp này mất khoảng 30 phút để thiết lập lại quá trình theo dõi. Các biểu đồ chênh lệch nhiệt độ giữa môi trường và bề mặt siêu vật liệu được thể hiện lần lượt trên các hình vẽ Fig.22C và Fig.22D đối với ban ngày và ban đêm. Tính đến lượng đối lưu tự nhiên là $\sim 5\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ và sự truyền dẫn tại mặt tiếp giáp không khí-siêu vật liệu với sự chênh lệch nhiệt độ nhỏ đó, thì công suất gia nhiệt bằng điện được cấp qua các thiết bị điện tử hồi tiếp sẽ đo chính xác công suất làm mát bức xạ thời gian thực.

Với thiết bị đo nhiệt trực tiếp được điều khiển hồi tiếp này, người nộp đơn đã đo công suất làm mát bức xạ của siêu vật liệu lai trong một chuỗi ngày mùa thu quang mây ở Cave Creek, Arizona (toạ độ là $33^{\circ}49'32''$ Bắc, $112^{\circ}1'44''$ Tây, cao độ là 585 m). Phép đo ba ngày liên tiếp được thể hiện trên Fig.18. Người nộp đơn thể hiện công suất làm mát trung bình 72 giờ là $> 110\text{ W}/\text{m}^2$ và công suất làm mát trung bình buổi trưa (từ 11 giờ sáng đến 2 giờ chiều) là $93\text{ W}/\text{m}^2$.

Sai số phép đo công suất làm mát bức xạ là nhỏ hơn $10\text{ W}/\text{m}^2$ như được xác định bởi chiều rộng biểu đồ phản ánh phép đo liên tục 24 giờ - và trên thực tế, sai số này là bị ước lượng quá mức do bản chất của hệ thống đo được điều khiển hồi tiếp. Như được thể hiện trên Fig.23A và Fig.23B, hệ thống được điều khiển hồi tiếp này làm cho nhiệt độ bề mặt siêu vật liệu đi theo nhiệt độ môi trường. Lượng chênh lệch giữa hai nhiệt độ này là nhỏ hơn nhiều so với $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong khoảng thời gian 24 giờ. Trên Fig.23C, người nộp đơn thể hiện công suất tức thời và công suất được lấy trung bình theo thời gian, và biểu đồ chênh lệch được thể hiện trên Fig.23D. Những sự dao động nhất thời trong vòng lặp điều khiển hồi tiếp làm cho sai số phép đo công suất làm mát bị xuất hiện nhầm là lớn. Vì lý do này, người nộp đơn xác định đặc điểm siêu vật liệu lai nhờ sử dụng giá trị trung bình trong thời gian chạy của nó đối với công suất làm mát.

Làm mát nước trực tiếp

Người nộp đơn tiếp tục thể hiện hiệu quả làm mát bức xạ đối với một lượng nhiệt tương đối lớn bằng cách dùng nước làm môi chất chứa lạnh. Thiết đặt thực nghiệm được phác hoạ trên Fig.24A. Thùng nước bằng nhựa được đặt bên dưới siêu vật liệu lai thuỷ tinh-polyme làm mát bức xạ, để cho nước tiếp xúc kín với tấm đồng dẫn nhiệt. Vì nước là tĩnh trong thực nghiệm này, nên nhiệt dung lớn của nó về cơ bản làm chậm quá trình làm mát. Do đó, người nộp đơn đã sử dụng màng HDPE dày 10 μm trên đỉnh của hộp bọt polystyren trong thiết đặt này để giảm tổn thất nhiệt đối lưu và cải thiện sự cách nhiệt. Fig.24B là hình vẽ thể hiện nhiệt độ môi trường (T_{air}), nhiệt độ bề mặt thùng nước (T_{tank}), nhiệt độ nước (T_{water}), và nhiệt độ bề mặt siêu vật liệu (T_{surface}) dưới dạng các hàm theo thời gian sau khi người nộp đơn để lộ siêu vật liệu lai này ra trời quang lúc 3 giờ 10 phút sáng. Nhiệt độ nước tiếp tục giảm, thấp hơn nhiệt độ môi trường tới hơn 8 °C sau hai giờ đồng hồ để lộ.

Dựa trên sự thay đổi nhiệt độ này, người nộp đơn tính được lượng nhiệt được chứa trong mỗi vật liệu liên quan đến thực nghiệm này, bao gồm nước, thùng nước bằng nhựa, và chõng vật liệu bao gồm siêu vật liệu lai này, lát silic được phủ bạc, và tấm đồng, như được thể hiện trên Fig.24C, dưới dạng các hàm theo thời gian. Fig.24C cũng thể hiện lượng tổn thất nhiệt từ hộp bọt polystyren và tổng công suất làm mát bức xạ, tức là tổng số của lượng tổn thất nhiệt này và tổng lượng nhiệt được chứa trong tất cả các vật liệu. Các kết quả này một lần nữa thể hiện công suất làm mát bức xạ trên 100 W/m^2 về ban đêm, và quan trọng hơn, là hiệu quả của việc làm mát bức xạ nhờ siêu vật liệu lai thuỷ tinh-polyme chi phí thấp và được sản xuất với kích thước khả biến, để tạo ra nước lạnh, mà có thể có các ứng dụng trong việc làm mát các toà nhà, các trung tâm dữ liệu và thậm chí là các nhà máy nhiệt điện.

Viện dẫn chéo đến các đơn liên quan

Đơn này yêu cầu hưởng quyền ưu tiên của đơn patent lâm thời Mỹ số 62/456,540 nộp ngày 8 Tháng Hai năm 2017 và đơn Mỹ số 15/056,680 nộp ngày 29 Tháng Hai năm 2016, mỗi trong số các đơn này đều được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn, ở chừng mực không gây mâu thuẫn nhau.

Tuyên bố về hoạt động nghiên cứu hoặc phát triển được tài trợ bởi chính quyền liên bang

Sáng chế này được tạo ra với sự hỗ trợ của chính phủ theo giấy phép số DE-AR0000580 được cấp bởi cơ quan dự án nghiên cứu tiên tiến về năng lượng (Advanced Research Projects Agency - Energy - ARPA-E) của bộ năng lượng. Chính phủ có những quyền nhất định ở sáng chế này.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn, trong đó cơ cấu này bao gồm

lớp phát xạ có lựa chọn bao gồm polyme và các hạt điện môi được phân tán trong polyme này, trong đó các hạt điện môi này có kích thước trung bình nằm trong khoảng từ 3 μm đến 30 μm , trong đó cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này có độ phát xạ trung bình nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,0 trên dải bước sóng từ 7 μm đến 14 μm ,

khác biệt ở chỗ phần trăm thể tích của các hạt điện môi trong lớp phát xạ có lựa chọn là nằm trong khoảng từ 1% đến 25%, và ở chỗ lớp phát xạ có lựa chọn này là gần như trong suốt hoặc trong mờ đối với năng lượng mặt trời.

2. Cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn theo điểm 1, trong đó cơ cấu này là có dạng tấm.

3. Cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn theo điểm 1, trong đó cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này tạo ra thông lượng nhiệt bức xạ từ 50 W/m^2 đến 150 W/m^2 tại nhiệt độ làm việc nằm trong khoảng từ -100°C đến 500°C .

4. Cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn theo điểm 1, trong đó các hạt điện môi có kích thước trung bình nằm trong khoảng từ 3 μm đến 15 μm .

5. Cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn theo điểm 1, trong đó các hạt điện môi là được chọn từ nhóm bao gồm: silic đioxit (SiO_2), canxi cacbonat (CaCO_3), silic cacbua (SiC), kẽm oxit (ZnO), titan đioxit (TiO_2), và nhôm oxit (Al_2O_3).

6. Cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn theo điểm 1, trong đó polyme là được chọn từ nhóm bao gồm 4-metyl-1-penten polyme, 4-metyl-1-penten copolyme, polyvinyl florua, polyetylen terephtalat và TPX™.

7. Cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn theo điểm 1, trong đó lớp phát xạ có lựa chọn có chiều dày trung bình từ 10 μm đến 3 mm.
8. Cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn theo điểm 1, trong đó cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này còn bao gồm màng bảo vệ trong suốt đối với năng lượng mặt trời và chống chịu thời tiết.
9. Cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn theo điểm 1, trong đó cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này có độ hấp thụ năng lượng mặt trời từ 0 đến 0,2 trên dải bước sóng từ 0,3 μm đến 3 μm .
10. Cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn theo điểm 1, trong đó cơ cấu này còn bao gồm lớp phản xạ năng lượng mặt trời tiếp xúc với lớp phát xạ có lựa chọn, lớp phản xạ năng lượng mặt trời này bao gồm màng kim loại hoặc đế kim loại, trong đó lớp phát xạ có lựa chọn có độ phát xạ nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,0 trên dải bước sóng từ 7 μm đến 14 μm , và cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này có độ phản xạ năng lượng mặt trời nằm trong khoảng từ 0,8 đến 1 trên dải bước sóng từ 0,3 μm đến 3 μm .
11. Cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn theo điểm 10, trong đó màng kim loại có chiều dày trung bình từ 20 nano mét đến 1000 nano mét.
12. Cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn theo điểm 1, trong đó các hạt điện môi có đường kính hiệu dụng trung bình được chọn từ khoảng từ 3 μm đến 30 μm .
13. Phương pháp để loại bỏ nhiệt khỏi vật thể bởi sự bức xạ nhiệt có lựa chọn, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:
- a) đặt cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn theo điểm 1 thông nhiệt với bề mặt của vật thể, trong đó lớp phát xạ có lựa chọn của cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này thông nhiệt với vật thể này;
 - b) truyền nhiệt từ vật thể này sang cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này; và

c) bức xạ nhiệt từ lớp phát xạ có lựa chọn của cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn này.

14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn có độ hấp thụ năng lượng mặt trời từ 0 đến 0,20 trên bước sóng từ 0,3 μm đến 3 μm .

15. Phương pháp theo điểm 13, trong đó phần trăm thể tích của các hạt điện môi trong lớp phát xạ có lựa chọn là nằm trong khoảng từ 2% đến 25%.

16. Phương pháp theo điểm 13, trong đó vật thể là tấm pin năng lượng mặt trời, mái hoặc cửa sổ ô tô, mái hoặc cửa sổ của toà nhà, hoặc công trình chứa lạnh dành cho năng lượng, thực phẩm, dầu hoặc hàng hoá khác.

17. Phương pháp theo điểm 13, trong đó cơ cấu làm mát bức xạ có lựa chọn còn bao gồm lớp phản xạ năng lượng mặt trời bao gồm màng hoặc đế kim loại và có độ hấp thụ năng lượng mặt trời từ 0 đến 0,2 trên bước sóng từ 0,3 μm đến 3 μm .

18. Phương pháp theo điểm 17, trong đó vật thể là một phần của toà nhà hoặc là mái của công trình.

19. Phương pháp theo điểm 17, trong đó vật thể là xi phong nhiệt thụ động hoặc mảng kênh chủ động, và trong đó chất lỏng truyền nhiệt lưu thông bên trong vật thể này.

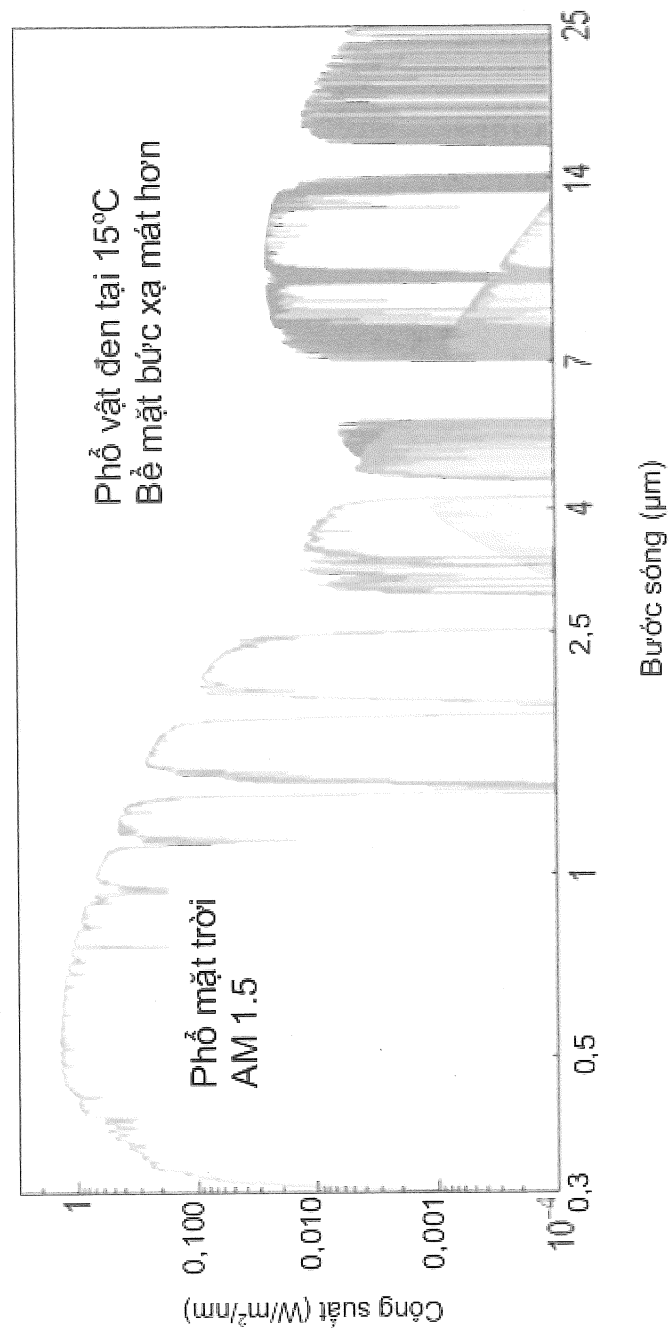


Fig.1

2/30

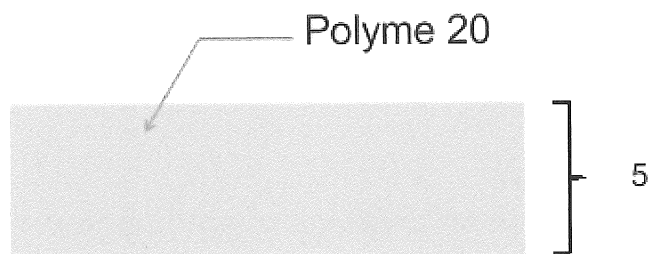


Fig.2

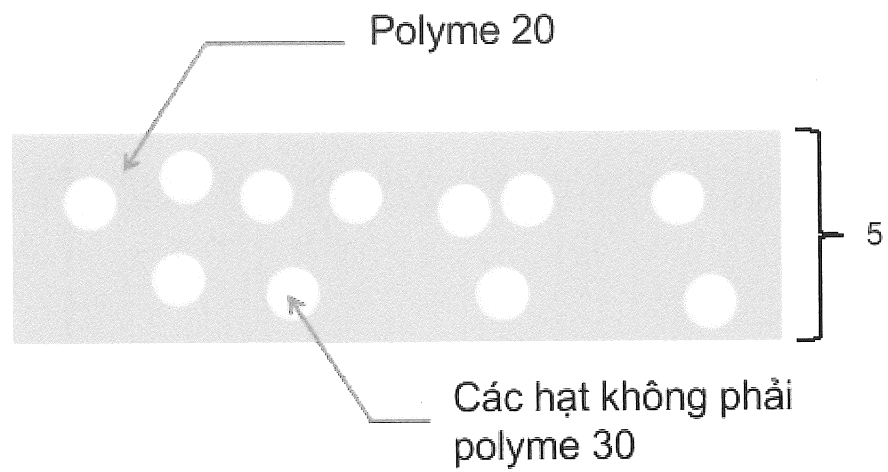


Fig.3A

3/30

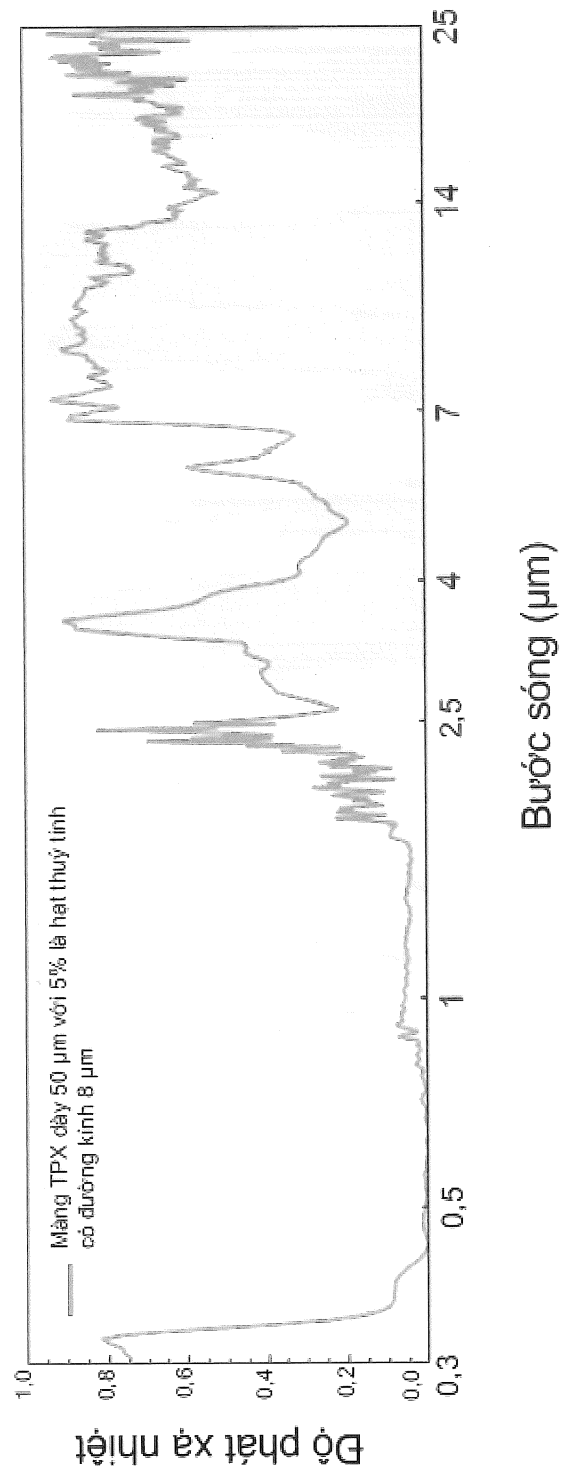


Fig.3B

4/30

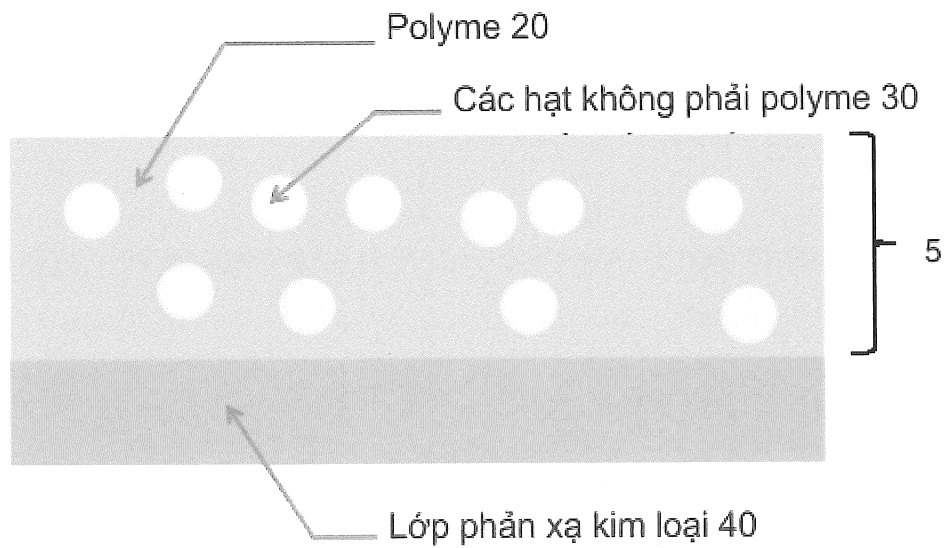


Fig.4A

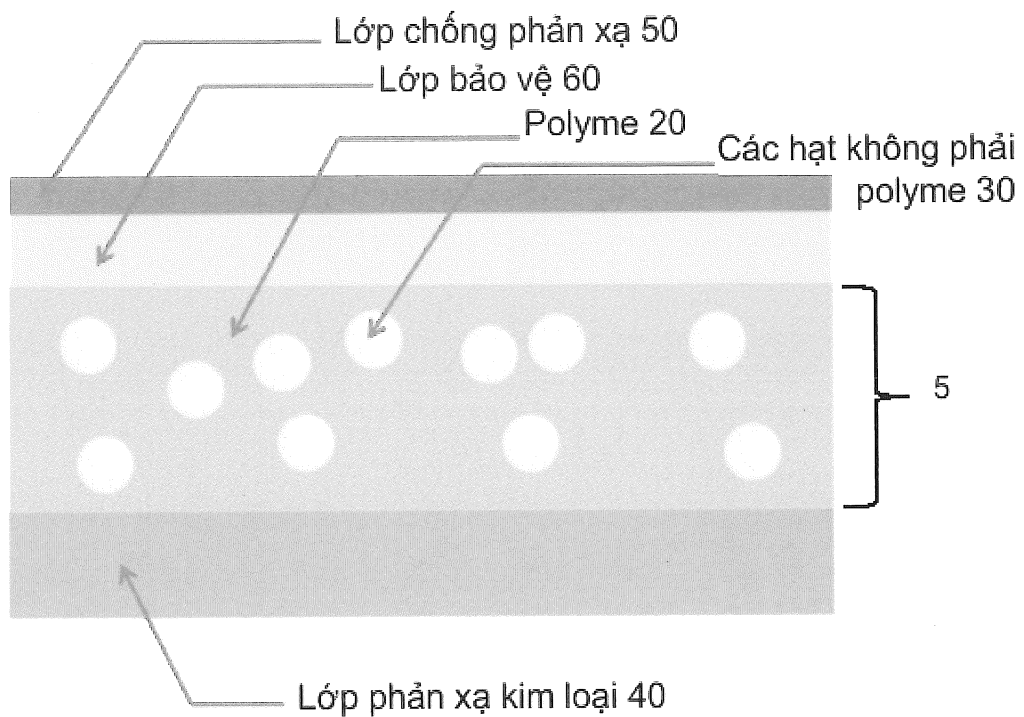


Fig.4B

5/30

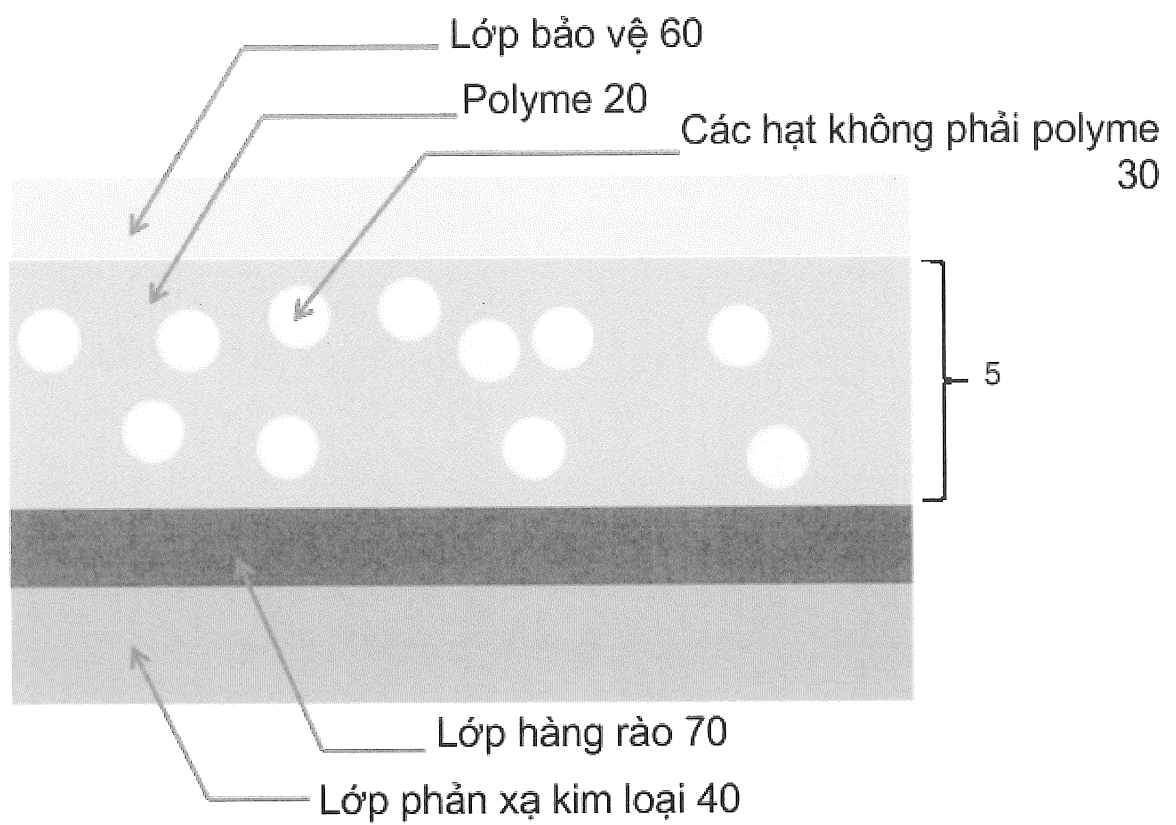


Fig.4C

6/30

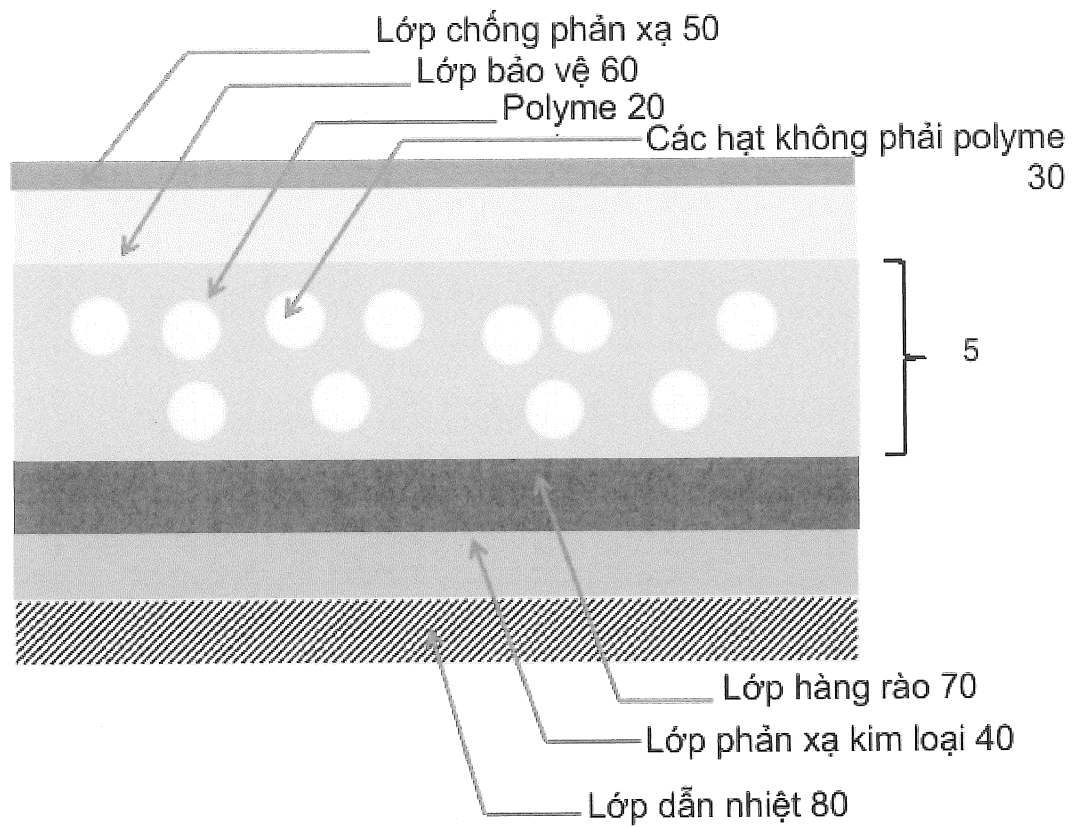


Fig.4D

7/30

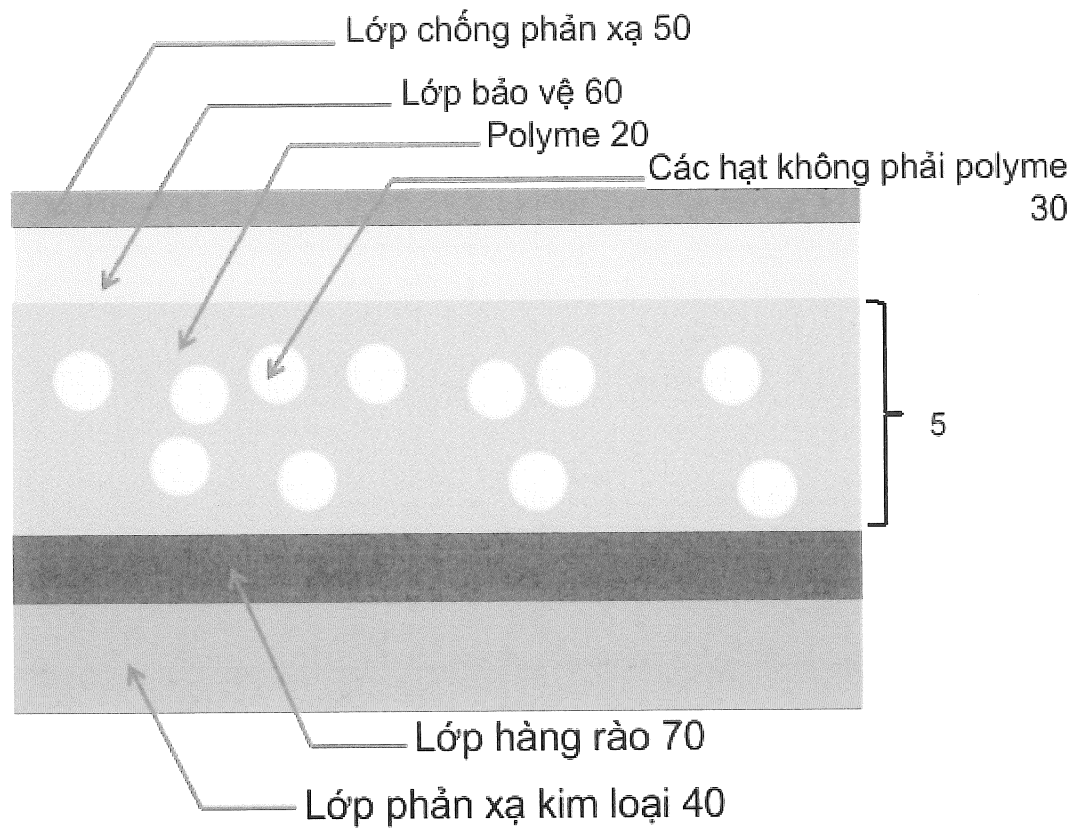


Fig.4E

8/30

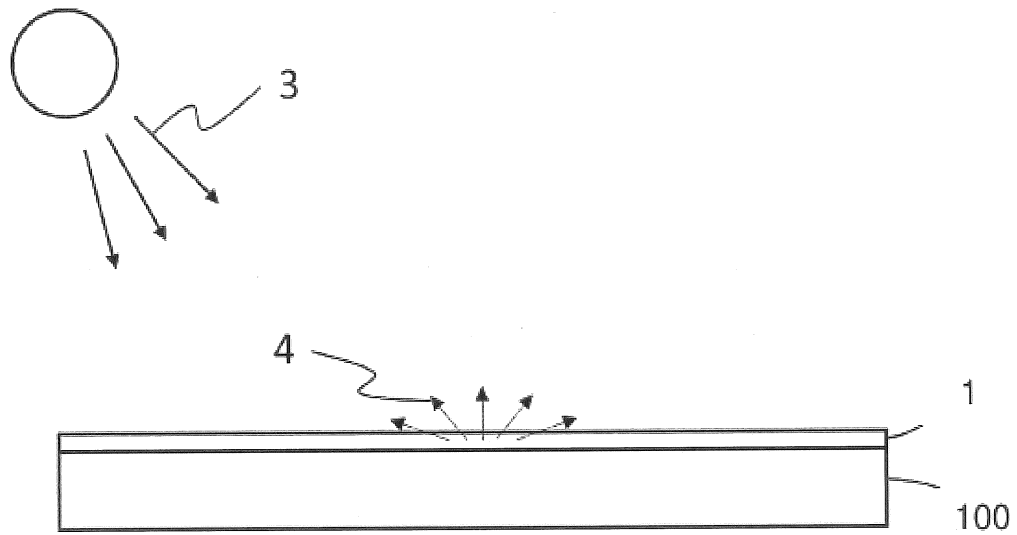


Fig. 5

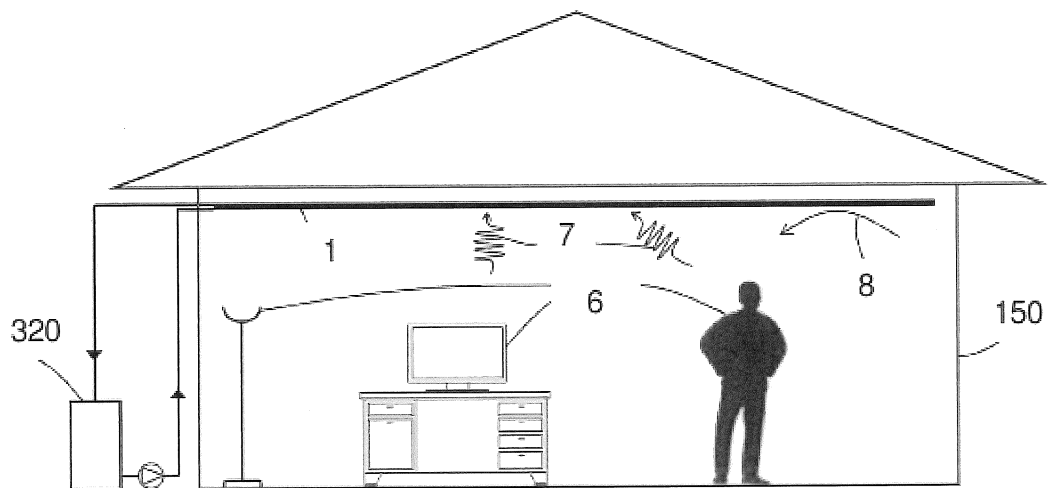


Fig. 6

9/30

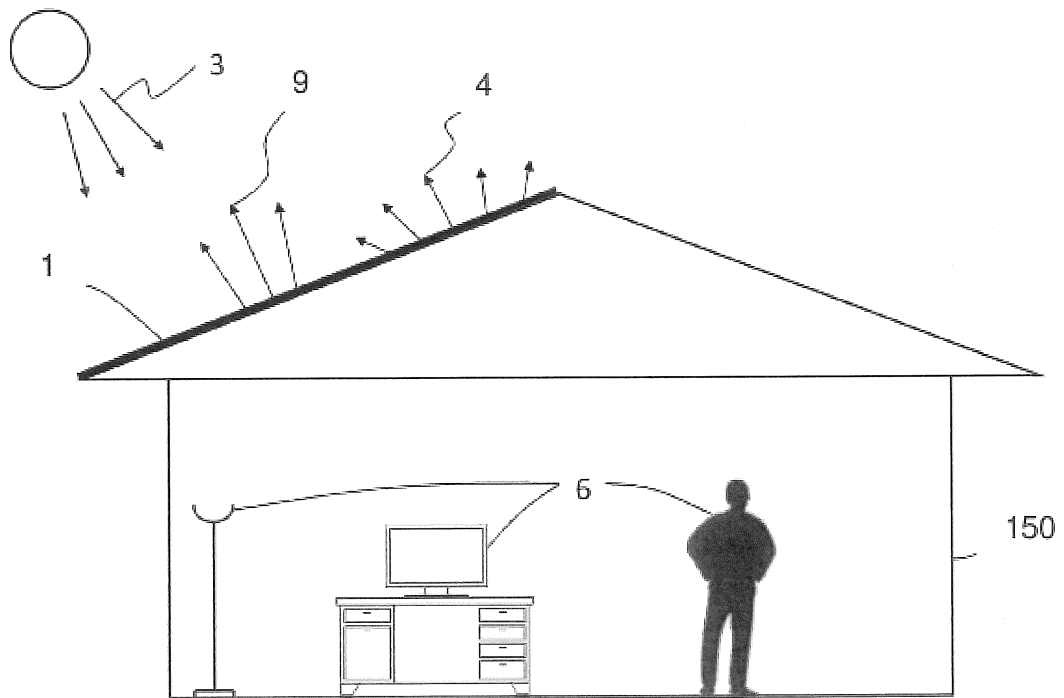


Fig.7A

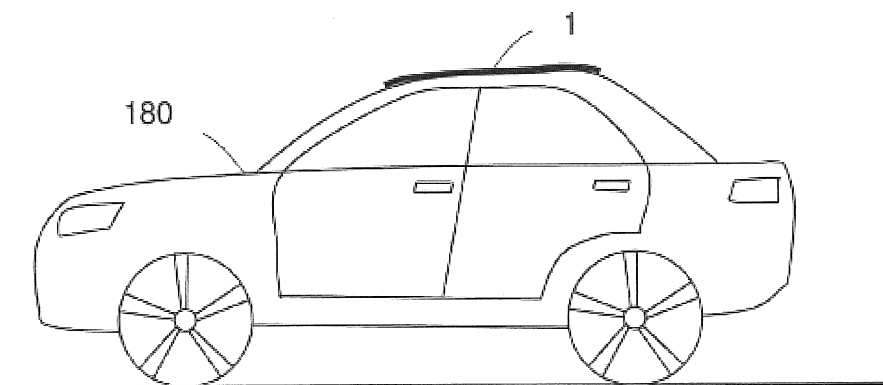


Fig.7B

10/30

Fig.8A

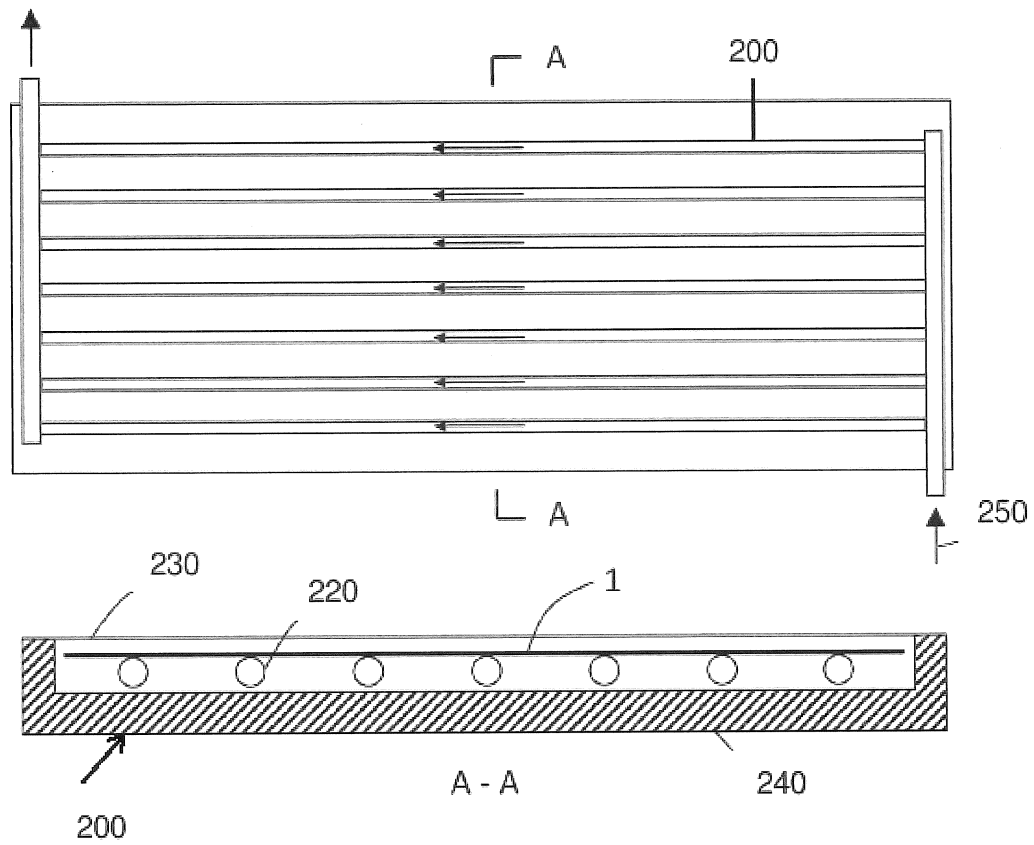
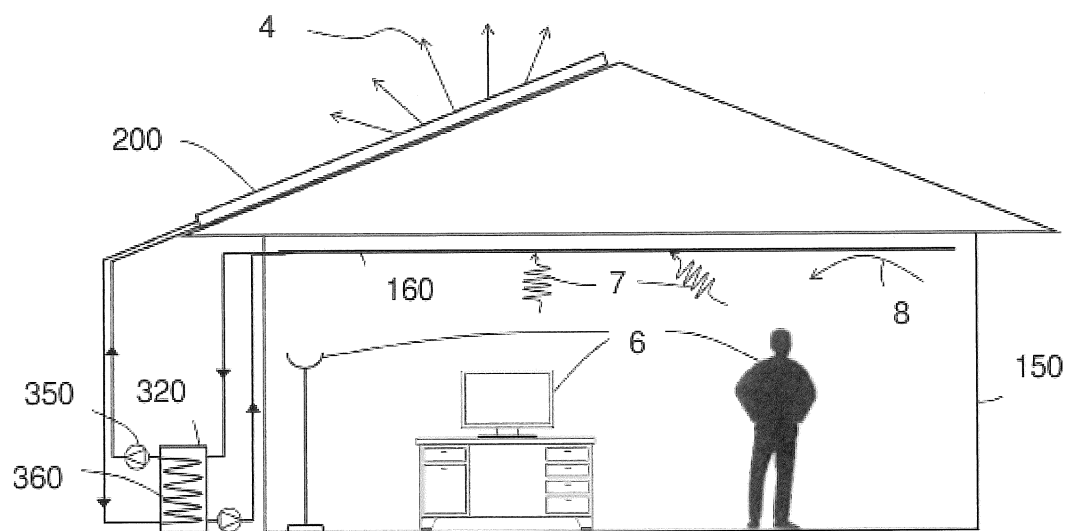
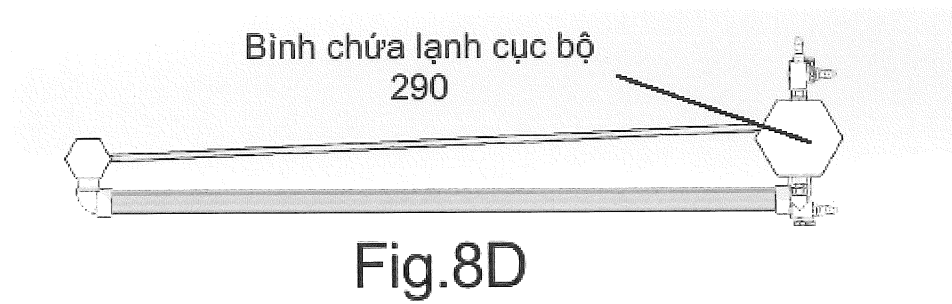
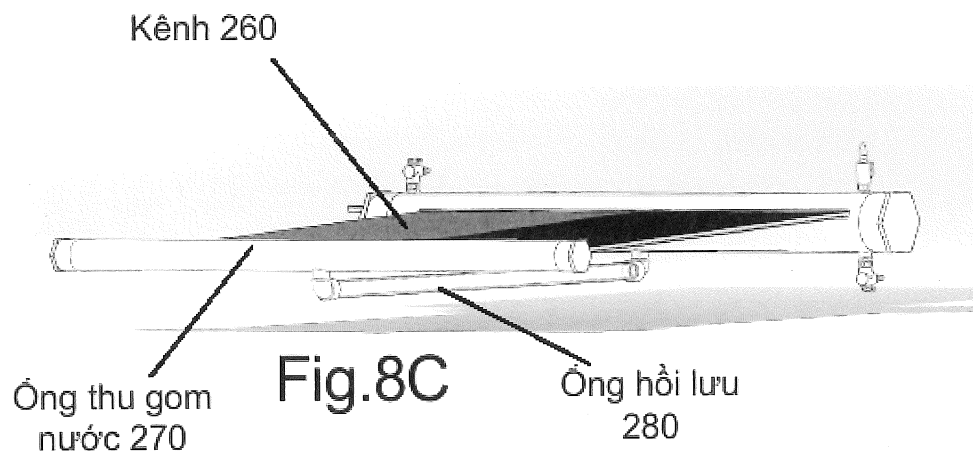


Fig.8B

11/30



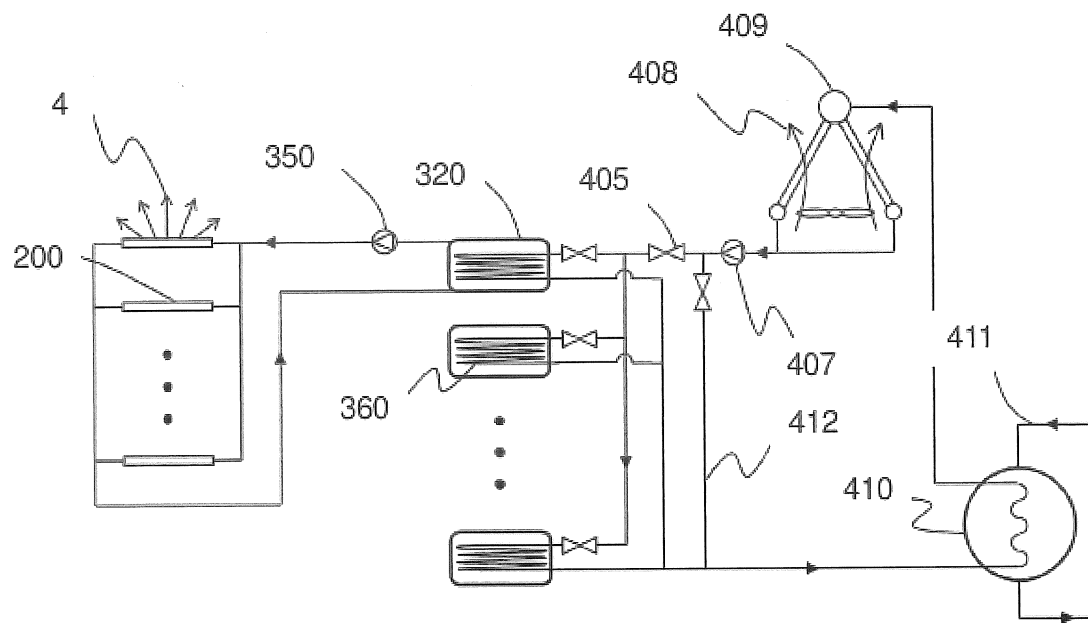


Fig.10A

13/30

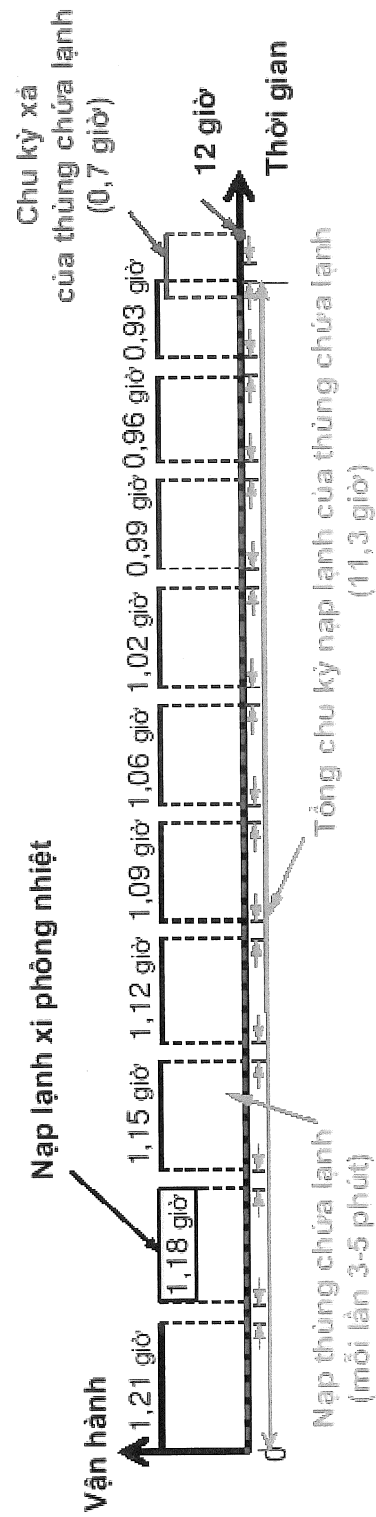


Fig.10B

14/30

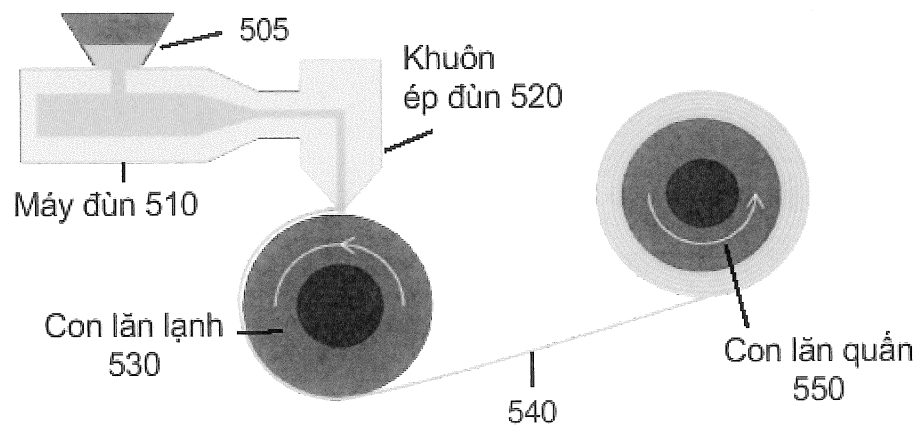


Fig.11

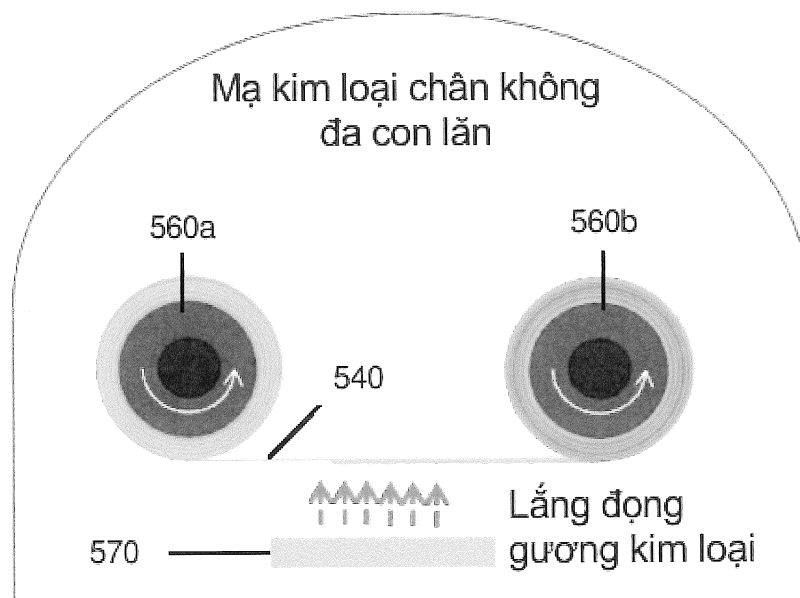


Fig.12

15/30

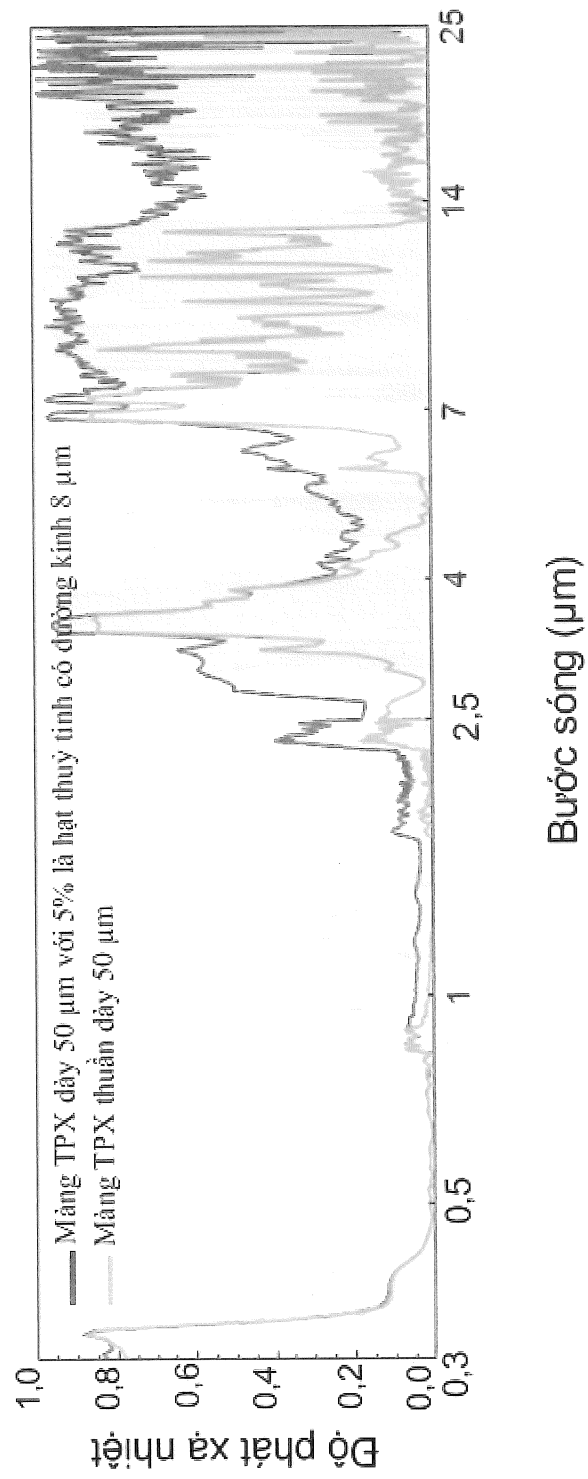


Fig.13A

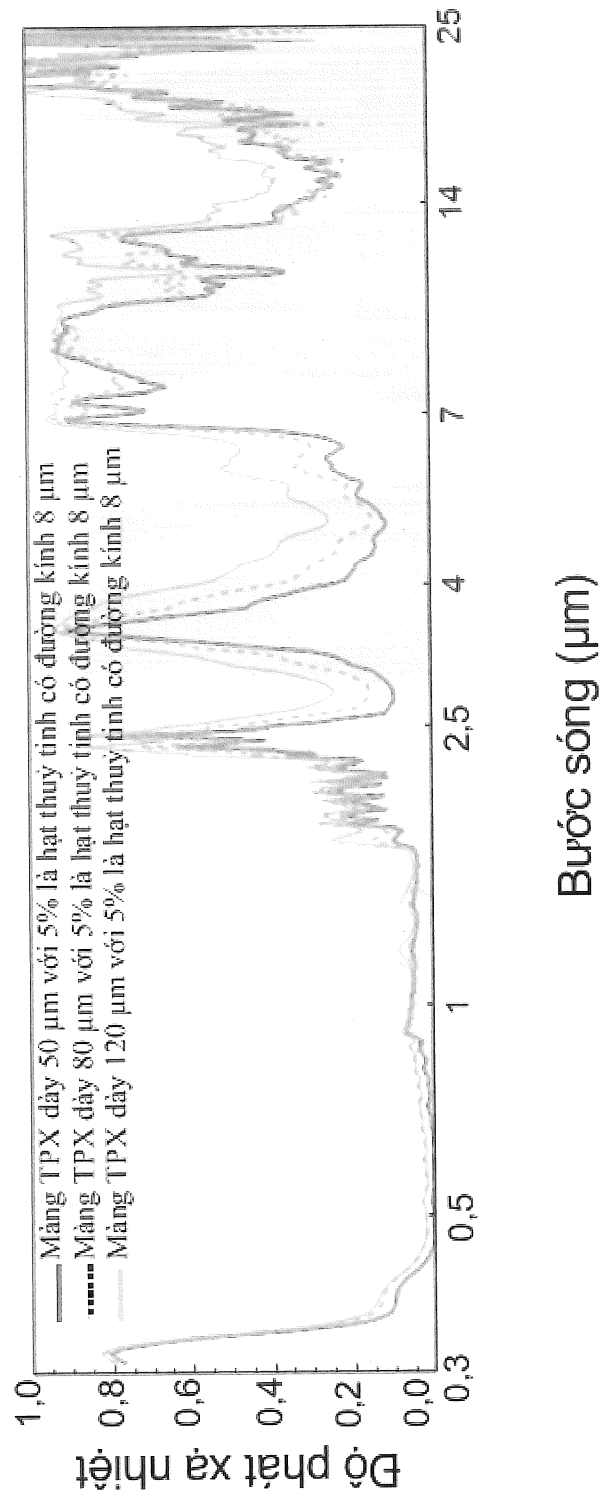


Fig.13B

17/30

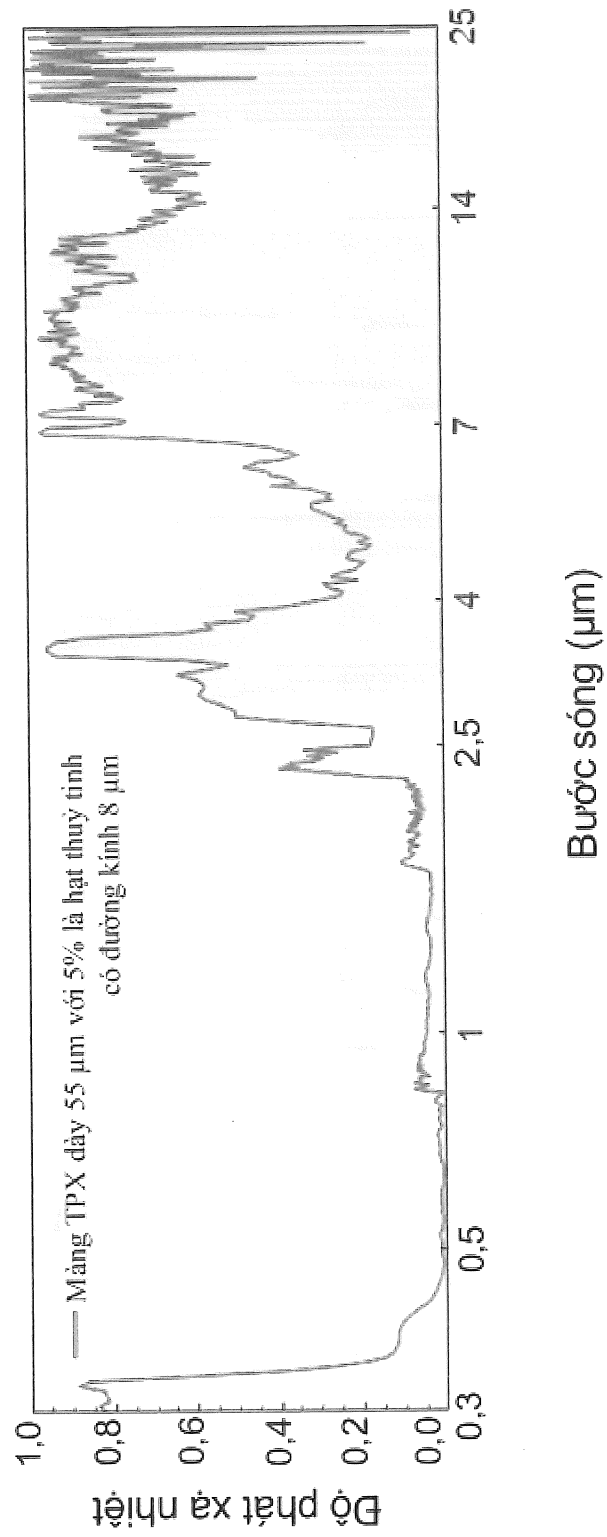


Fig.13C

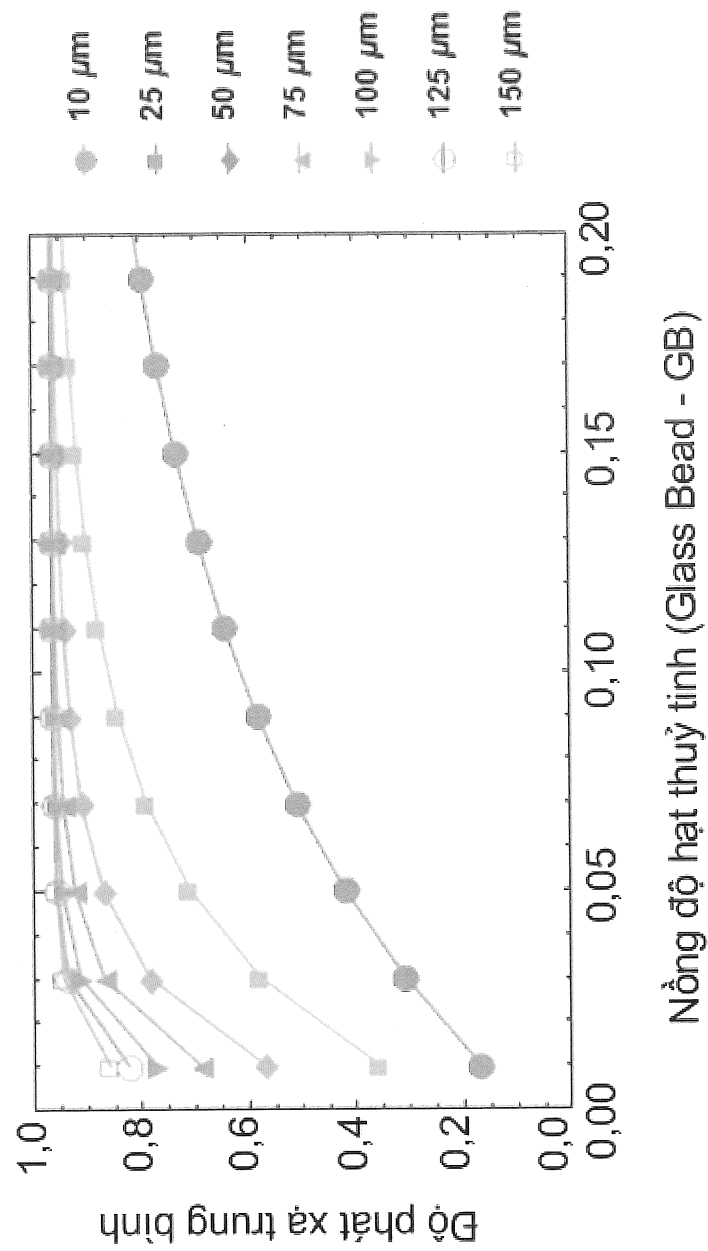


Fig.14

19/30

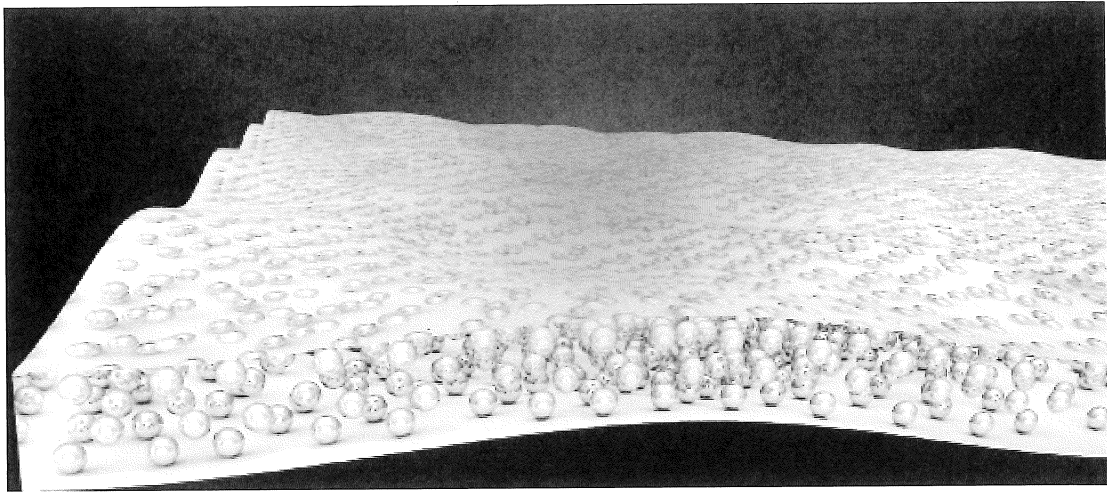


Fig.15A

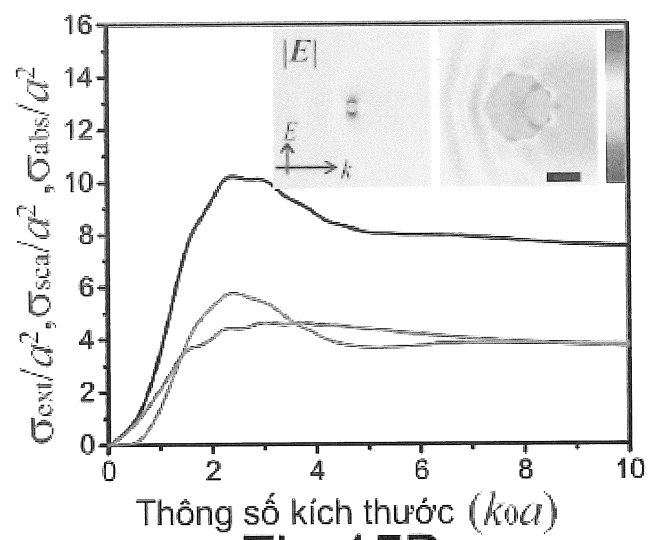


Fig.15B

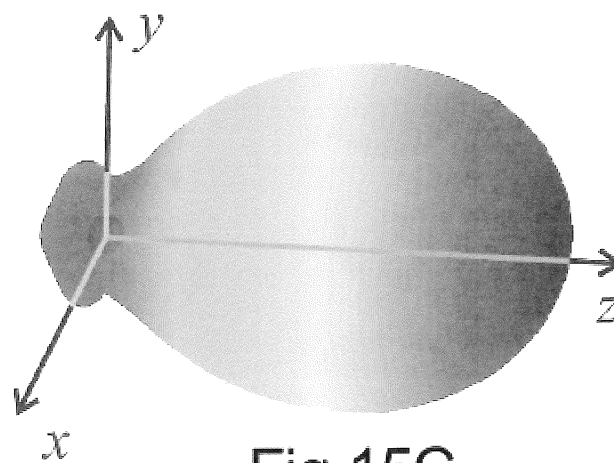
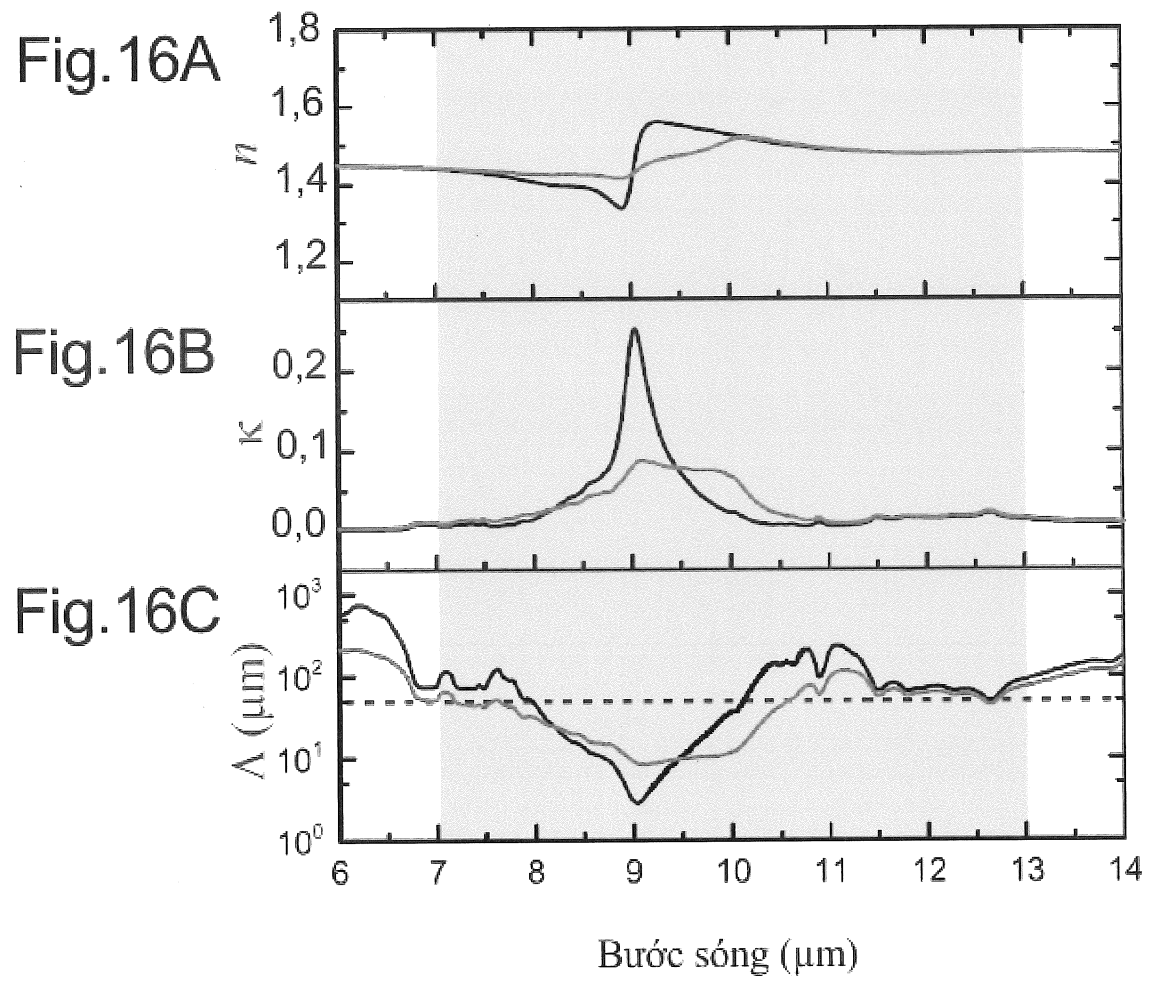


Fig.15C



21/30

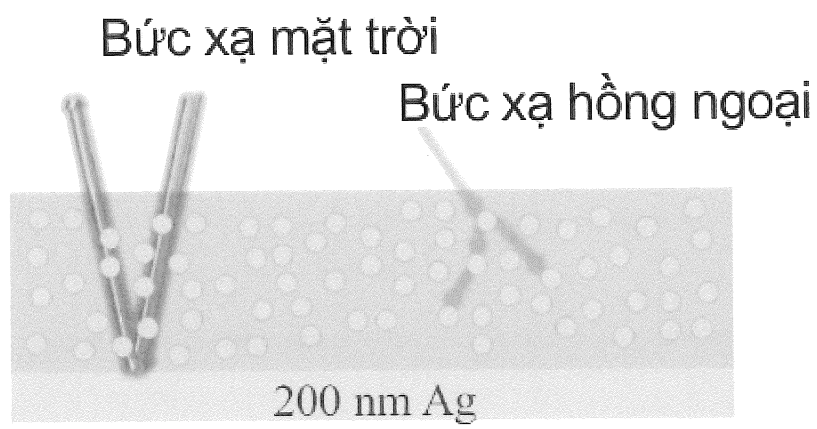


Fig.17A

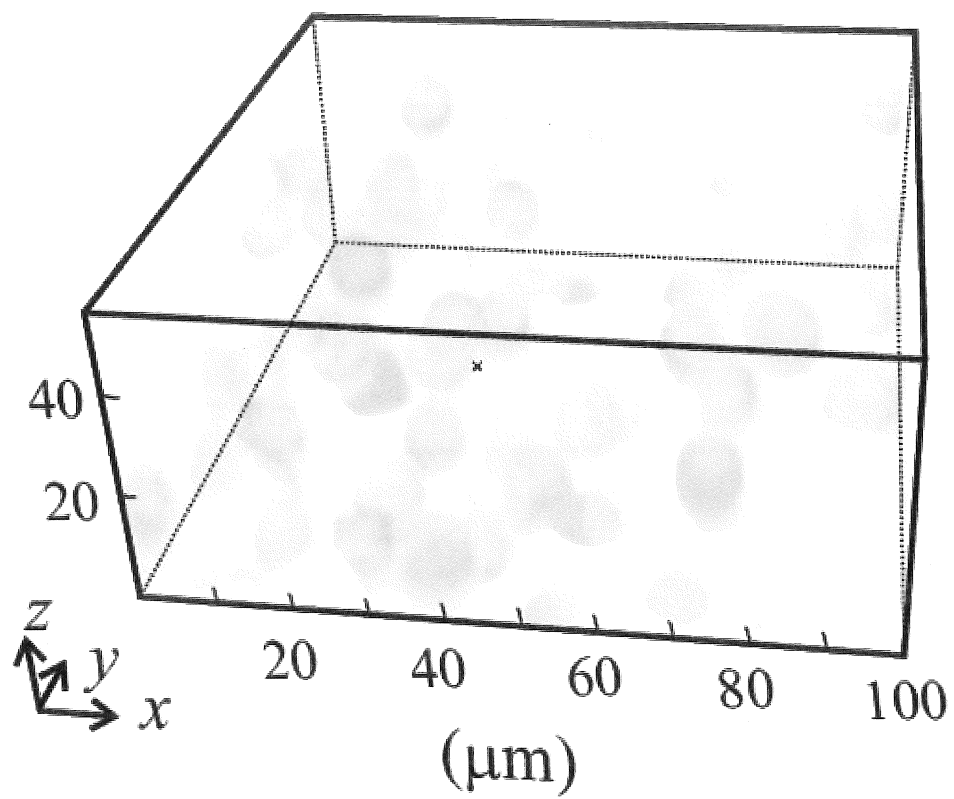


Fig.17B

22/30

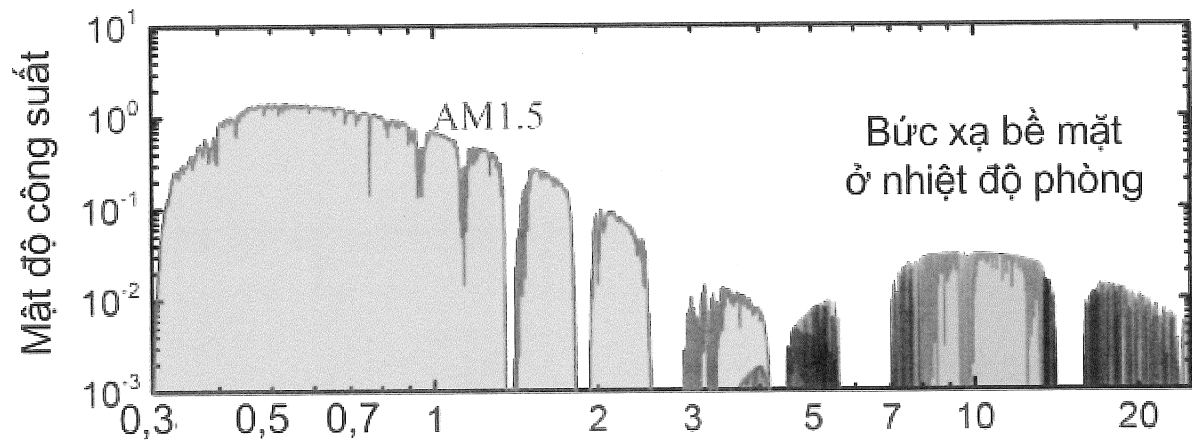


Fig.17C

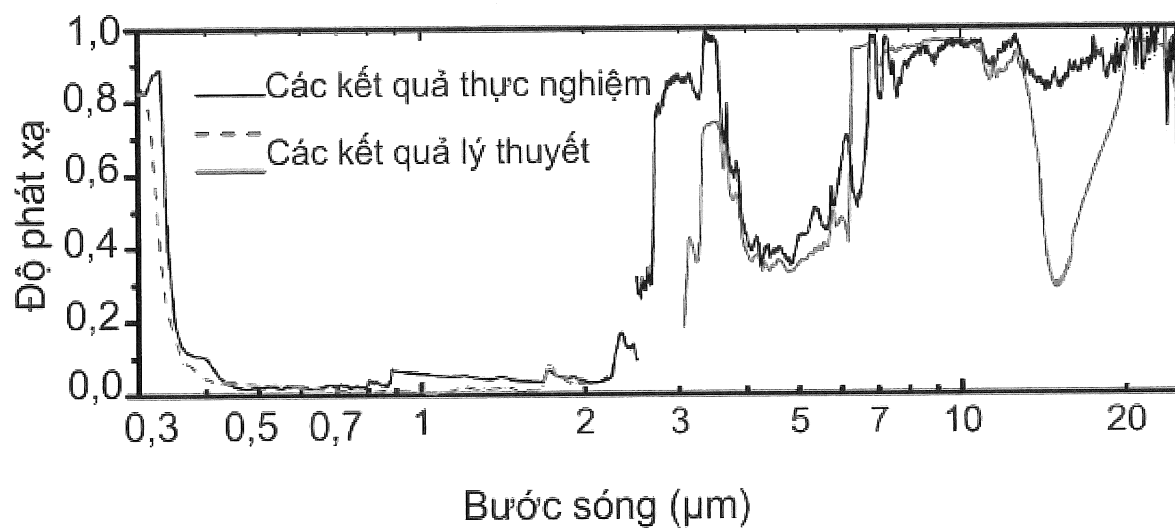


Fig.17D

23/30



Fig.18A

Fig.18B

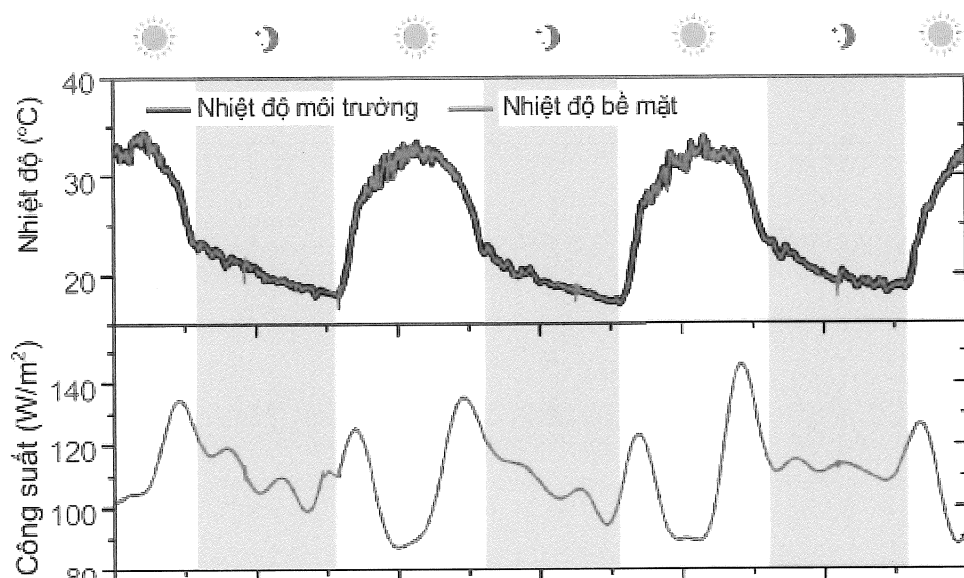
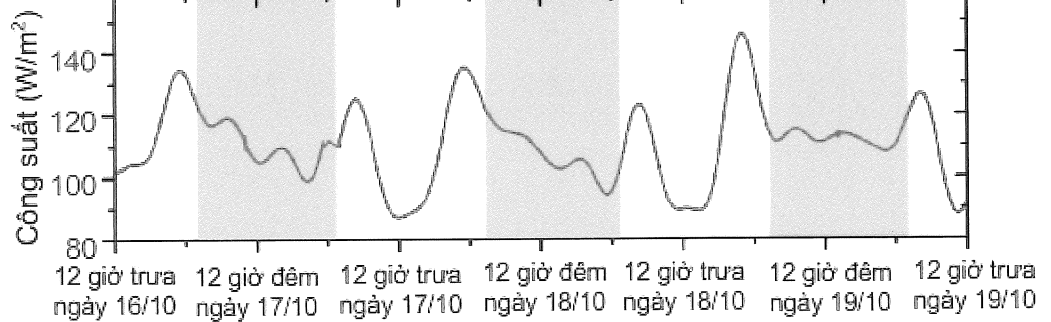
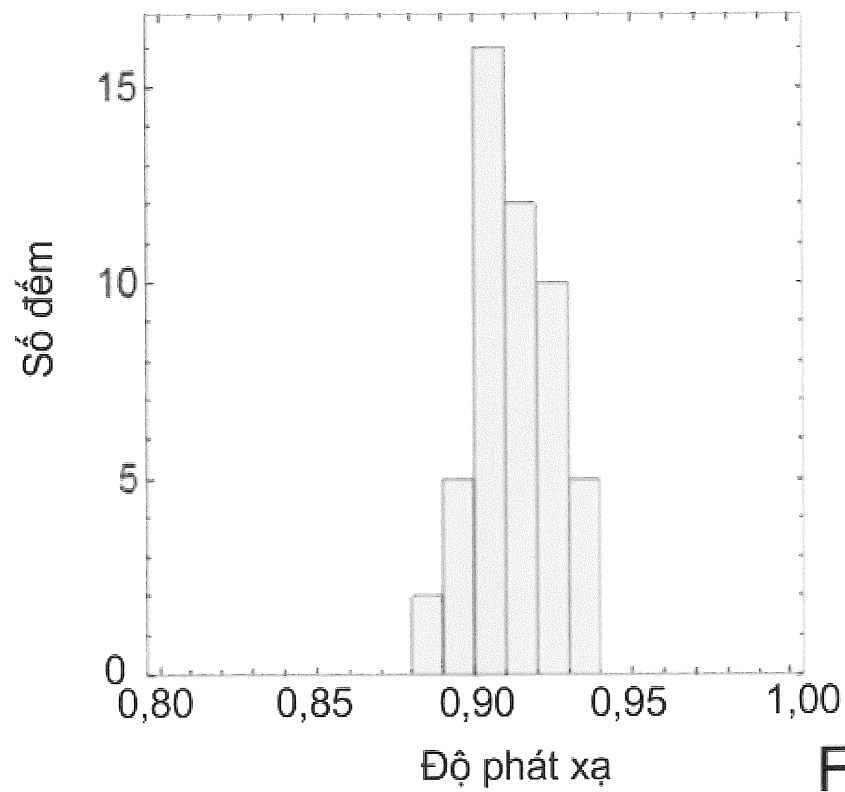
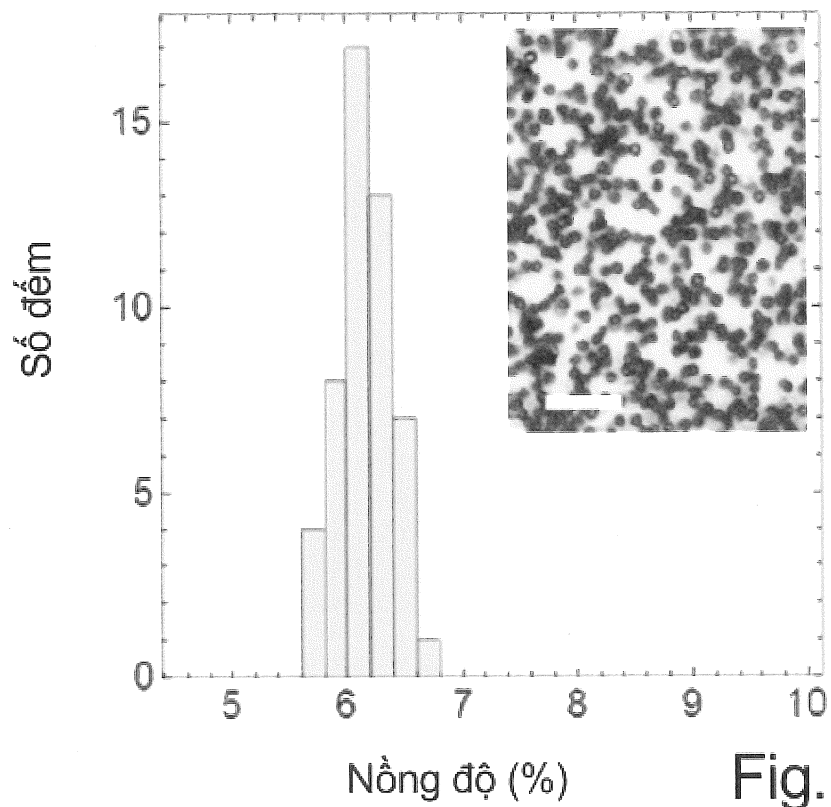


Fig.18C



24/30



25/30

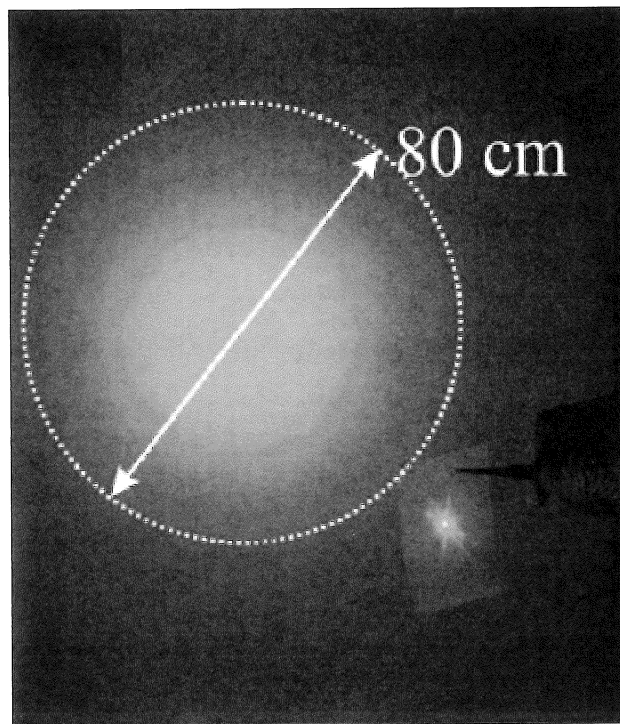


Fig.20A

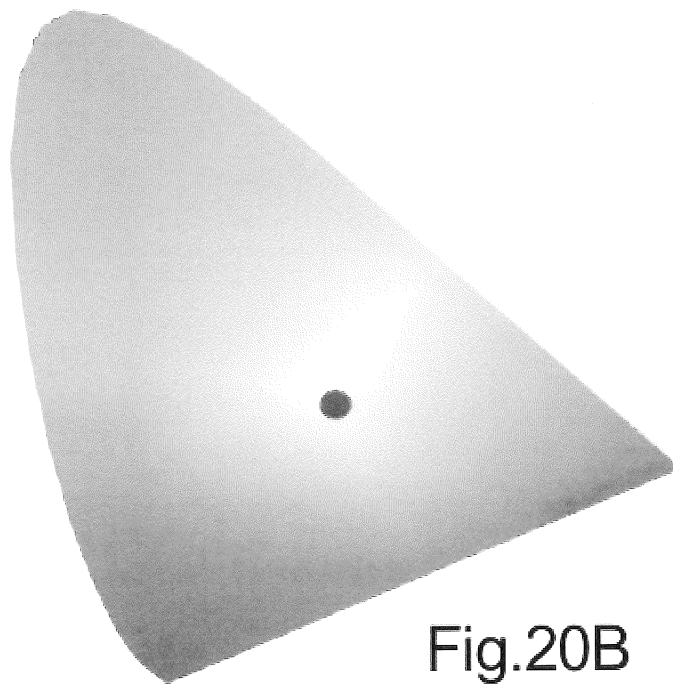


Fig.20B

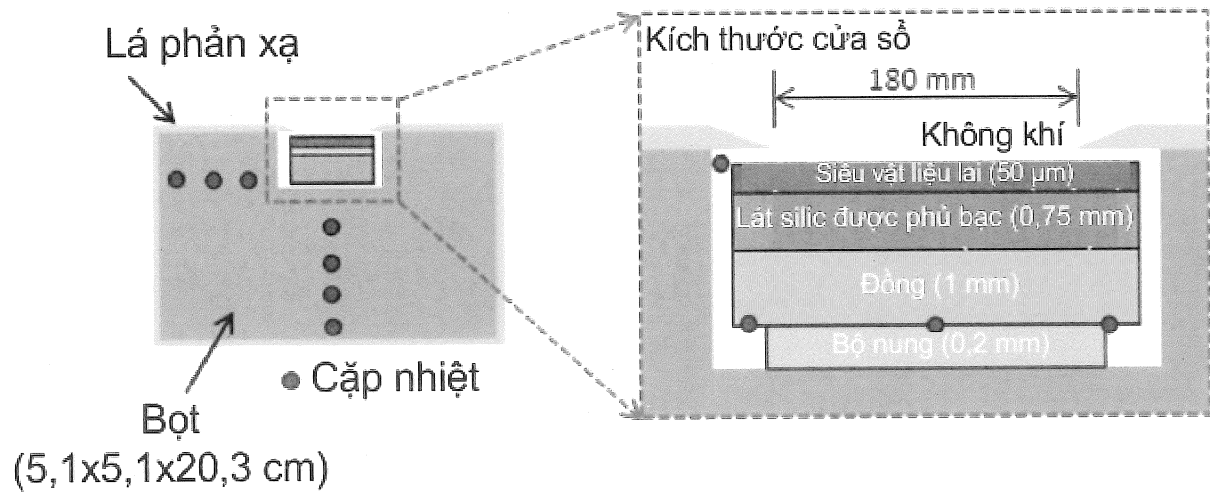


Fig.21A



Fig.21B

27/30

Fig.22C

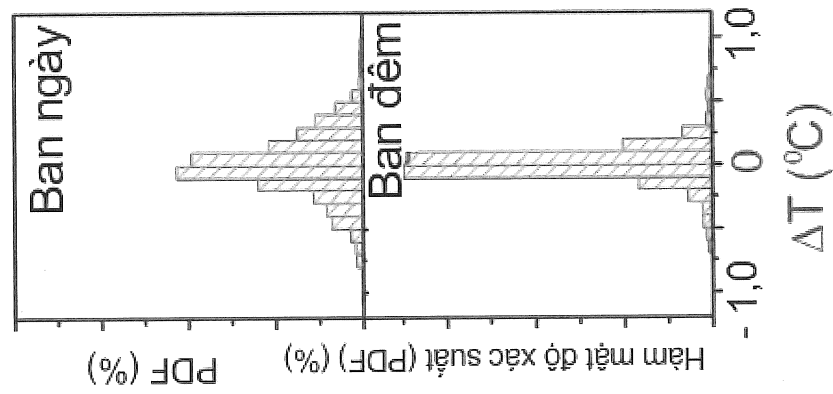
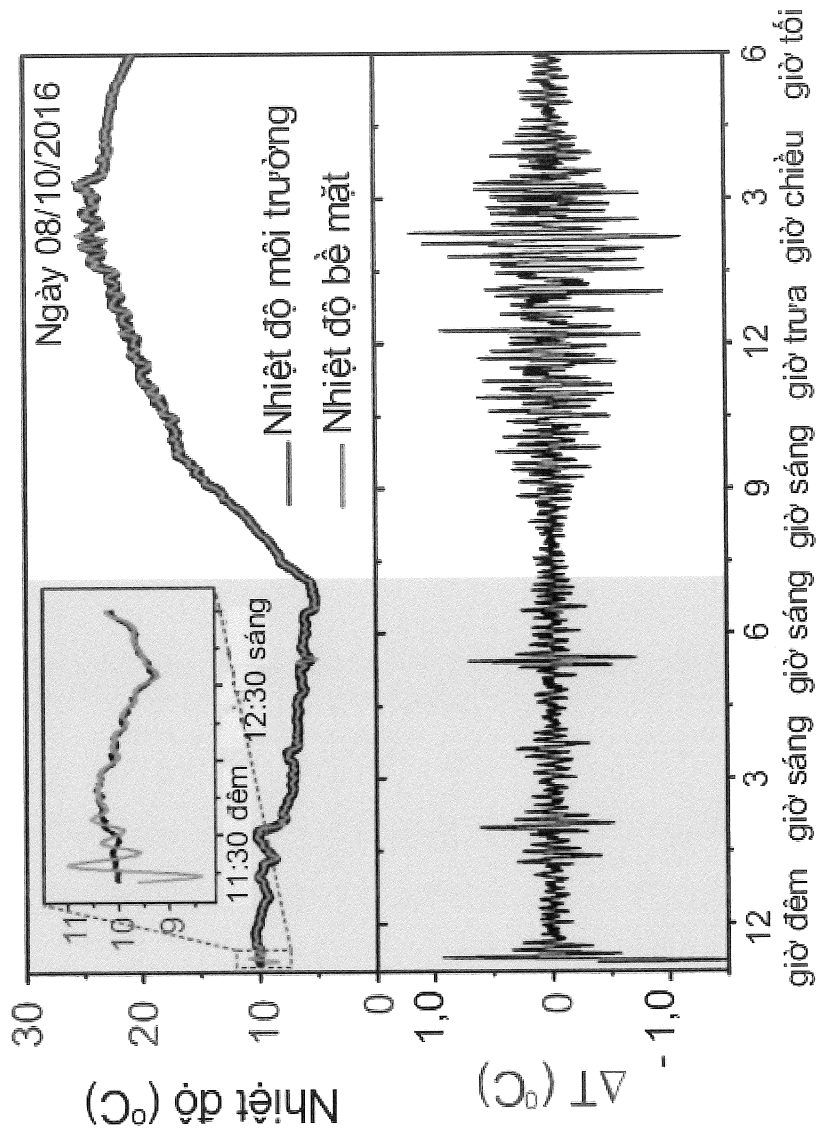


Fig.22A



Thời gian

Fig.22D

Fig.22B

Fig.23A

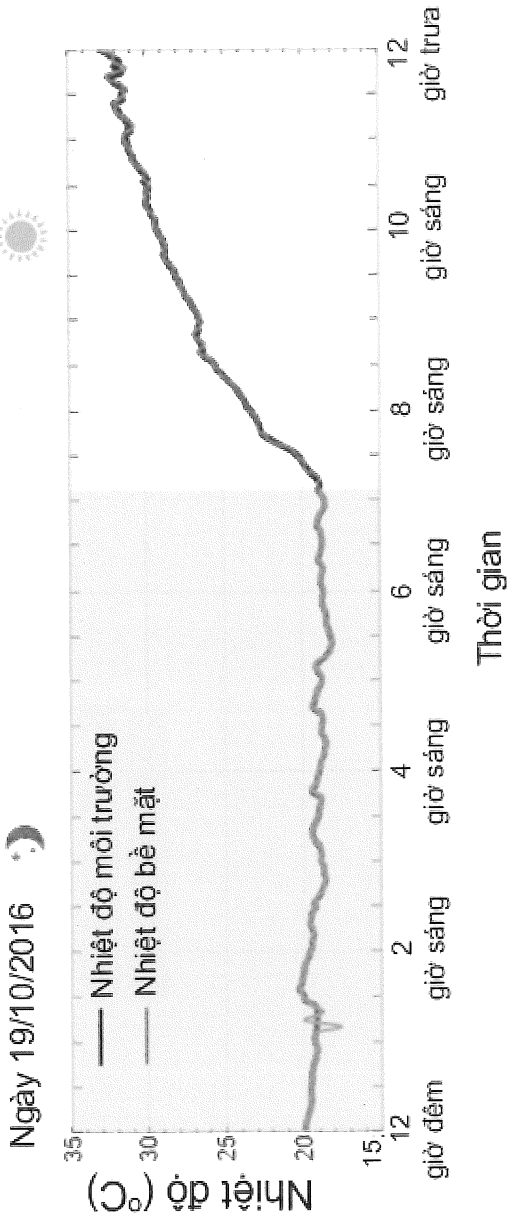
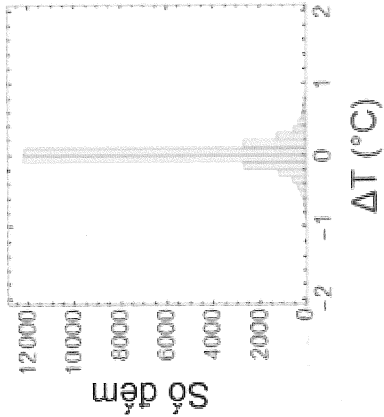


Fig.23B



28/30

37193

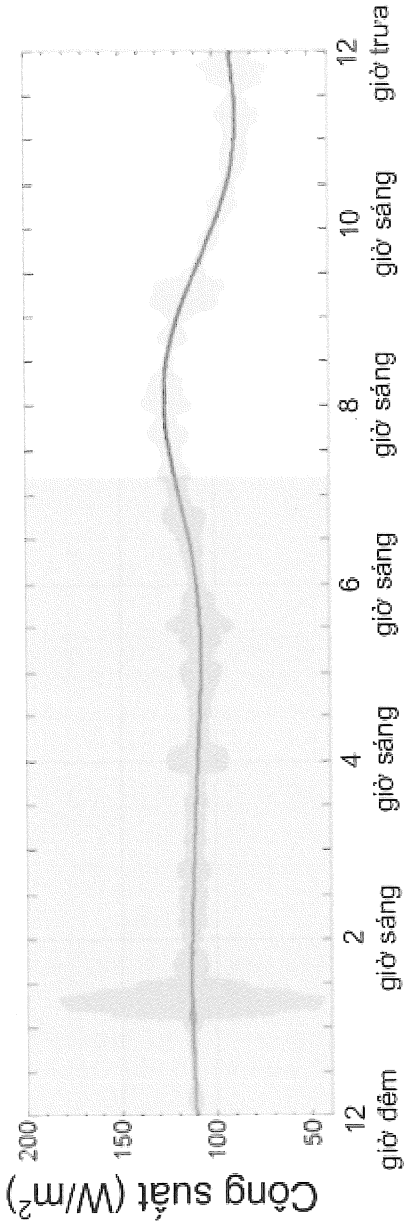


Fig.23C

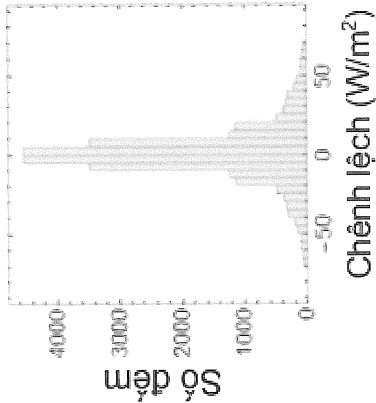


Fig.23D

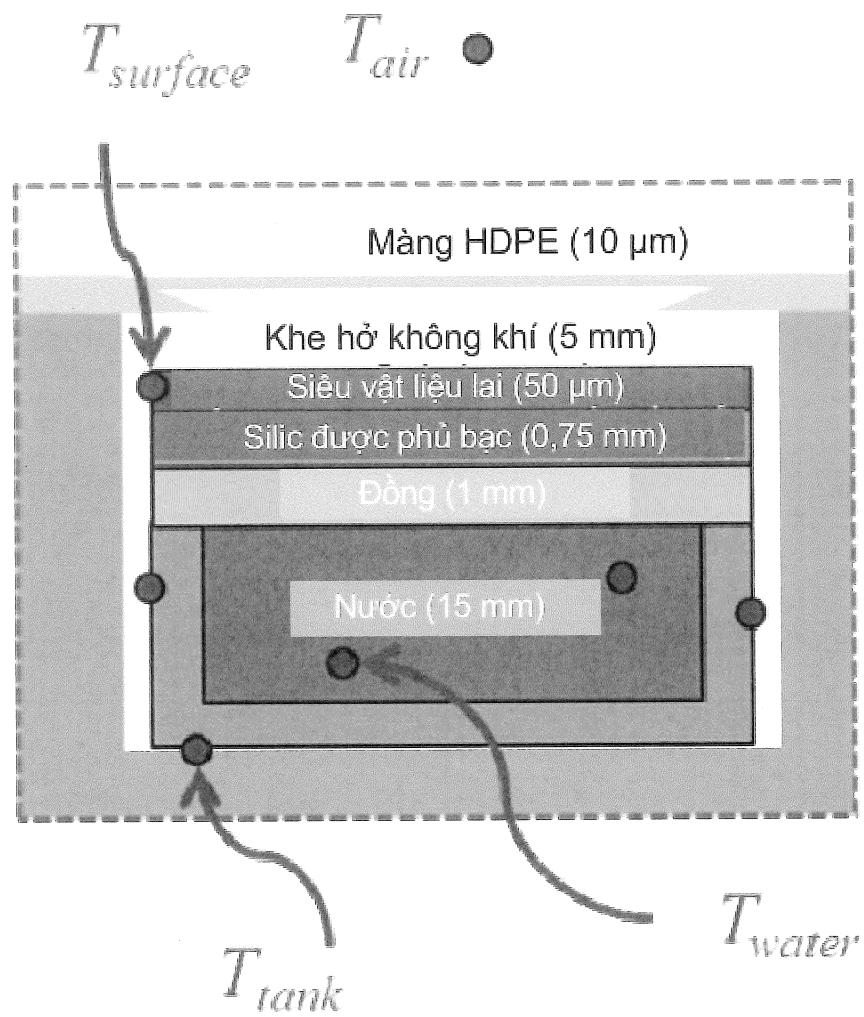
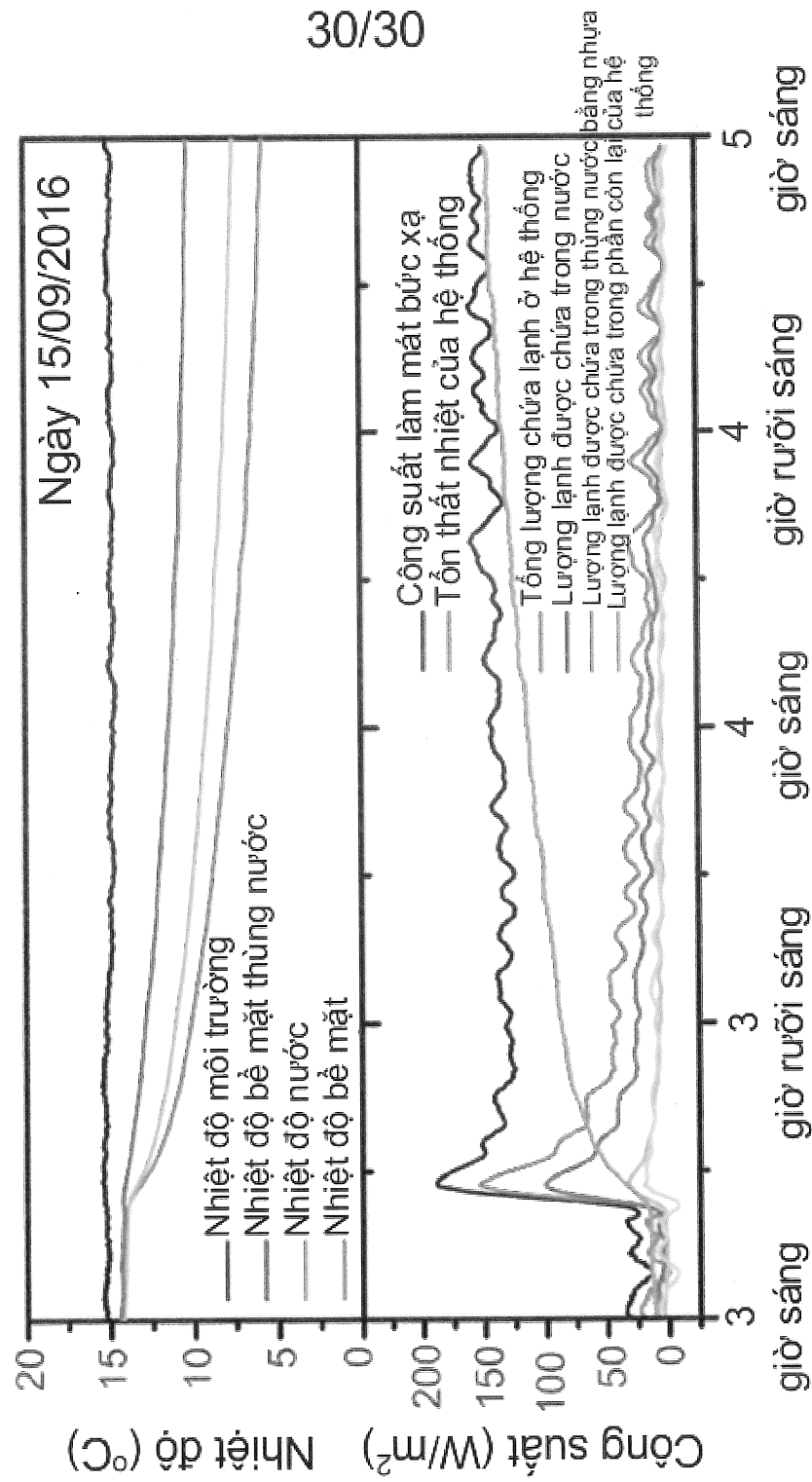


Fig.24A

Fig.24B



Thời gian

Fig.24C