

## مواد تغییر فاز دهنده جدید استفاده شده برای تبدیل مستقیم فتوگرمایی و ذخیره‌سازی

### حرارتی کارآمد

#### چکیده

تبدیل ذاتی تابش خورشیدی به طور جدی بر پایداری انتقال انرژی مواد تبدیل فتوگرمایی معمولی تأثیر می‌گذارد. مواد تغییر فاز دهنده تبدیل فتوگرمایی می‌توانند مکانیسم‌های تبدیل فتوگرمایی و تبدیل فاز را برای تحقق ذخیره یا آزادسازی انرژی خورشیدی در دمای ثابت با انتقال فاز ترکیب نمایند که می‌تواند به طور موثر بر ناپایداری تابش خورشیدی در زمان و مکان غلبه نماید. در این مقاله، پارافین به عنوان ماتریس تغییر فاز انتخاب شد و در عین حال تقویت‌کننده رسانایی حرارتی (گرافیت منبسط شده) و تقویت‌کننده تبدیل فتوگرمایی (نانوذرات دوده صنعتی) با نفوذ خلاء ثانویه برای تهیه مواد تغییر فاز دهنده پارافین/گرافیت منبسط شده/دوده صنعتی برای تبدیل مستقیم فتوگرمایی اضافه شدند. در نتیجه، هدایت حرارتی بسیار کم و ظرفیت جذب طیف ضعیف پارافین به ترتیب با گرافیت منبسط شده و نانوذرات دوده صنعتی بر اساس حفظ خواص تبدیل فاز عالی پارافین تا حد زیادی بهبود می‌یابند. هنگامی که محتوای نانوذرات دوده صنعتی 10 درصد وزنی باشد هدایت حرارتی ایزوتروپیک ماده تهیه شده در فاز جامد و تبدیل فاز به ترتیب به  $10/54 \text{ W/mK}$  و  $20/53 \text{ W/mK}$  می‌رسد که در مقایسه با پارافین خالص  $31/94$  برابر و  $96/76$  برابر افزایش یافته است. در همین حال، راندمان تبدیل فتوگرمایی ذاتی مربوطه و راندمان ذخیره‌سازی حرارتی موثر به ترتیب تا  $60/1\%$  و  $97/3\%$  است.

#### کلمات کلیدی

تبدیل فتوگرمایی، مواد تغییر فاز دهنده، پارافین، گرافیت منبسط شده، نانوذرات دوده صنعتی.

## نتیجه گیری

به منظور ذخیره سریع مقدار زیادی از انرژی حرارتی حاصل از تبدیل کارآمد فتوگرمایی،  $PT-PCM^1$ ها باید عملکرد ذخیره حرارتی برجسته، هدایت حرارتی و ظرفیت جذب طیف کامل را به طور همزمان داشته باشند. در این پژوهش با هدف عیوب هدایت حرارتی پایین و ظرفیت جذب طیف ضعیف  $PA^2$ ، به طور خلاقانه محیط متخلخل با رسانایی حرارتی بالا ( $EG^3$ ) و تقویت تبدیل فتوگرمایی ( $N-CB^4$ ) را از طریق نفوذ خلاء ثانویه به  $PA$  اضافه شد که یک سری  $NPT-PCM^5$  به دست آمد. بر اساس حفظ خواص تبدیل فاز  $PA$ ، هدایت حرارتی و ظرفیت جذب طیف کامل آن تا حد زیادی افزایش یافته است. نتایج اصلی به شرح زیر است:

(1) هیچ واکنش شیمیایی در بین  $PA$ ،  $EG$  و  $N-CB$  وجود ندارد، بنابراین خواص تبدیل فاز  $PA$  حفظ می شود. گرمای نهان ذوب و گرمای نهان انجماد قابل توجه  $NPT-PCMs1$ ،  $NPT-PCMs2$  و  $NPT-PCMs3$  به ترتیب  $J/g$  150/0،  $J/g$  145/9،  $J/g$  142/6 و  $J/g$  149/7 و  $J/g$  144/3 و  $J/g$  142/0 است که می تواند چگالی انرژی کافی را در طول ذخیره سازی/انتشار حرارتی تضمین نماید.

<sup>1</sup> photothermal conversion phase change

<sup>2</sup> Paraffin

<sup>3</sup> expand graphite

<sup>4</sup> Carbon black nanoparticles

<sup>5</sup> novel photothermal conversion phase change material

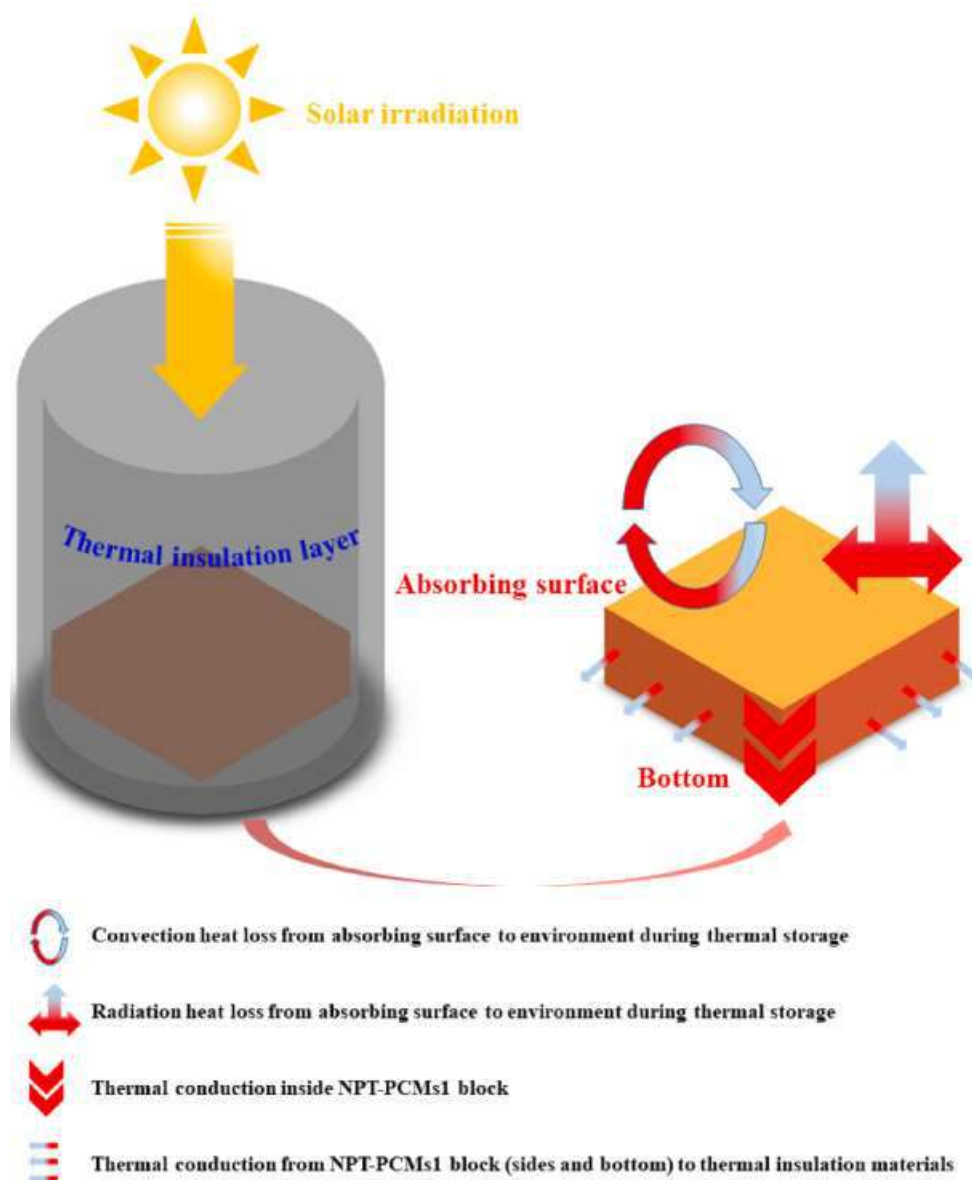
(2) پس از اولین نفوذ خلاء مسیر انتقال حرارت سریع در PA به دلیل افزودن EG تشکیل می‌شود و  $\lambda_S$  PA/EG آماده شده به  $W/mK$  14/4 می‌رسد. با افزایش دما،  $\lambda_P$  و  $\lambda_L$  PA/EG یک روند نزولی نشان می‌دهد که به دلیل کاهش  $\lambda$  PA با فرآیند تغییر فاز جامد-مایع است.

(3) هنگامی که NPT-PCMها از طریق نفوذ خلاء ثانویه تشکیل می‌شوند، تغییر رسانایی حرارتی در حالت‌های فاز مختلف آن‌ها برخلاف PA/EG است.  $\lambda_P$  NPT-PCMs1، NPT-PCMs2 و NPT-PCMs3 به ترتیب به  $W/mK$  20/53،  $W/mK$  15/12 و  $W/mK$  10/06 می‌رسد که به دلیل تغییر حالت تماس حرارتی و تقویت حرکت براونی در مایع، بالاتر از  $\lambda_S$  مربوطه آنهاست. در همین حال،  $\lambda_L$  NPT-PCMs1، NPT-PCMs2 و NPT-PCMs3 به دلیل حرکت براونی شدیدتر ناشی از دمای بالا، بسیار بالاتر است.

(4) پس از نفوذ خلاء دوم،  $\lambda_S$  NPT-PCMs1، NPT-PCMs2 و NPT-PCMs3 به ترتیب به  $W/mK$  6/46،  $W/mK$  8/37 و  $W/mK$  6/46 نسبت به PA/EG به دلیل تشکیل لایه تبدیل فتوگرمایی N-CB کاهش می‌یابد. در حالی که  $\lambda_P$  و همچنین  $\lambda_L$  NPT-PCMs1، NPT-PCMs2 و NPT-PCMs3 نسبت به PA/EG به دلیل حرکت براونی N-CB اضافه شده افزایش یافته است. در این میان،  $\lambda_P$  NPT-PCMs1، NPT-PCMs2 و NPT-PCMs3 به ترتیب  $W/mK$  10/64،  $W/mK$  5/23 و  $W/mK$  0/17 افزایش یافته و  $\lambda$  مربوطه به ترتیب  $W/mK$  13/89،  $W/mK$  8/42 و  $W/mK$  4/39 در مقایسه با PA/EG افزایش یافته است. NPT-PCMs  $\lambda$  با افزایش محتوای N-CB در هر فاز کاهش یافت.

(5) ظرفیت جذب طیف کامل NPT-PCMها زمانی که N-CB روی سطح ذرات PA/EG پس از نفوذ خلاء ثانویه پوشش داده می‌شود، به ویژه در نواحی مرئی و مادون قرمز نزدیک که تأثیر قابل توجهی بر تبدیل فتوگرمایی دارند، بسیار افزایش می‌یابد. مدل ریاضی ایجاد شد و  $\eta_P$  و  $\eta_T$  برای مشخص نمودن راندمان تبدیل

فتوگرمایی و عملکرد ذخیره‌سازی حرارتی NPT-PCMs1 انتخاب‌شده با توجه به فرآیند انتقال حرارت واقعی در طول آزمایش تبدیل فتوگرمایی تعریف شدند.  $\eta_T$  و  $\eta_p$  NPT-PCMs1 به ترتیب 60/1 و 97/3 در رقابت هستند.



Reference:

Luo, Xiaohang, et al. "A novel phase change materials used for direct photothermal conversion and efficient thermal storage." *Solar Energy Materials and Solar Cells* 251 (2023): 112142.

<https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.112142>

ترجمه و ویرایش: دانیال ابراهیم زاده