

Fluorescent ruby red roofs stay as cool as white

I tetti fluorescenti color rosso rubino si mantengono freschi come fossero bianchi

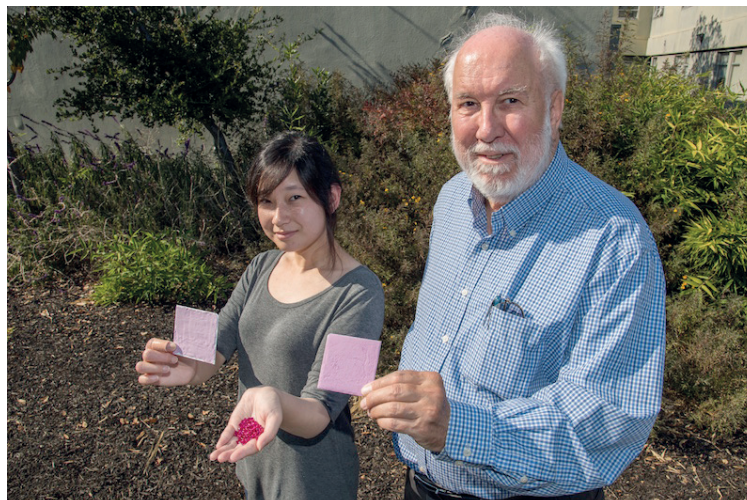
Paul Berdahl - Berkeley Lab

Elementary school science teaches us that in the sun, dark colors get hot while white stays cool. Now new research from Lawrence Berkeley National Laboratory (Berkeley Lab) has found an exception: Scientists have determined that certain dark pigments can stay just as cool as white by using fluorescence, the re-emission of absorbed light.

The researchers tested this concept by coloring cool roof coatings with ruby red (aluminum oxide doped with chromium). Led by Berkeley Lab scientist Paul Berdahl, they first found that white paint overlaid with a layer of ruby crystals stayed as cool as a commercial white coating. Next, they synthesized ruby pigment to mix into coatings. Their results were published recently in the journal *Solar Energy Materials & Solar Cells*, in an article titled "Fluorescent cooling of objects exposed to sunlight — The ruby example."

Substantial research over the years from Berkeley Lab's Heat Island Group has found that reflective roofs and walls can cool buildings and cars.

This reduces the need for air conditioning and mitigates the urban heat island effect. By reflecting the sun's rays



Berkeley Lab researchers Sharon Chen and Paul Berdahl hold up their prototype coating made from ruby powder and show synthetic ruby crystals used in early tests. (Credit: Marilyn Chung/Berkeley Lab)

I ricercatori Sharon Chen e Paul Berdahl mostrano il loro rivestimento prototipo ricavato dalla polvere di rubino insieme ai cristalli sintetici del rubino utilizzati nei primi test

A scuola si insegna in scienze che quando esposti al sole, i colori scuri assorbono calore mentre gli oggetti di colore bianco mantengono temperature moderate. Gli scienziati hanno stabilito che certi pigmenti scuri possono rimanere freschi come il bianco, grazie alla fluorescenza o ri-emissione della luce assorbita.

I ricercatori hanno verificato questa teoria colorando i rivestimenti cool roof con la tinta rosso rubino (ossido di alluminio unito al cromo).

Coordinati dallo scienziato Paul Berdahl del Berkeley

*Lab, hanno scoperto dapprima che la pittura bianca rivestita con uno strato di cristalli di rubino manteneva temperature moderate come i rivestimenti bianchi presenti in commercio. In seguito, hanno sintetizzato il pigmento rubino da unire al rivestimento. I risultati del loro lavoro sono stati pubblicati recentemente sulla rivista *Solar Energy Materials & Solar Cell*, in un articolo dal titolo "Il raffreddamento fluorescente degli oggetti esposti alla luce del sole — L'esempio del rubino".*

Le attività di ricerca svolte nel corso degli anni da parte di Heat Island Group del Berkeley Lab hanno messo in luce che i tetti e i muri che riflettono i raggi solari possono rinfrescare effettivamente palazzi e automobili. Ciò riduce

back to space, these cool materials also release less heat into the atmosphere, thus cooling the planet and offsetting the warming effects of substantial amounts of greenhouse gas emissions.

However, wider adoption of cool roofs has been hindered by aesthetic considerations. “We’ve heard many times (from roofing materials manufacturers), ‘We can’t sell white or pastel roofs; our customers want dark green, dark brown, and so on’”, Berdahl said.

Over the past 15 years, Heat Island Group researchers have used special pigments that strongly reflect invisible “near-infrared” light to make dark surfaces that stay cooler in the sun than conventional dark surfaces, though still not as cool as white surfaces.

This new work shows that fluorescent cooling can boost the performance of these pigments by re-emitting at longer wavelengths some of the visible light that the surface must absorb to appear dark.

This opens the door to darker colors of not only cool roofs but of any object that is subject to prolonged periods of sun exposure, including vehicles, ships, storage tanks, and PVC piping. “We do think cars will be a likely application,” Berdahl said. “And it’s not just a matter of comfort or saving energy by avoiding AC use. We learned from colleagues that with electric vehicles, the battery lifetime is degraded by higher temperatures, so if you can keep the automobile cooler with use of a suitable coating then it extends the life of the battery”.

Using fluorescence, or photoluminescence, for cool



Berkeley Lab researchers found a way to make ruby red coatings as cool as white coatings. (Credit: Marilyn Chung/Berkeley Lab)

I ricercatori del Berkeley Lab trovano la tecnica per diminuire la temperatura dei rivestimenti rosso rubino come i rivestimenti bianchi

la necessità di utilizzare il condizionamento dell’aria mitigando anche l’effetto isola termica delle città. Riflettendo i raggi del sole, questi materiali freschi rilasciano inoltre meno calore nell’atmosfera, raffreddando il pianeta e contrastando il surriscaldamento determinato dalle notevoli quantità di emissioni di gas serra.

Nonostante ciò, il largo impiego dei cool roof è stato ostacolato da considerazioni di ordine estetico.

“Di frequente si sono sentite frasi del tipo (produttori di materiali per tetti): “Le tinte bianche o pastello rimangono invendute perché la clientela preferisce il verde o il marrone scuro o altre tonalità scure”, ha affermato Berdahl.

Nel corso di questi ultimi 15 anni, i ricercatori di Heat Island Group hanno utilizzato pigmenti speciali che riflettono intensamente la luce invisibile “prossima agli infrarossi” per rendere più scure le superfici e mantenere temperature moderate quando esposte al sole, rispetto alle superfici scure convenzionali, pur senza arrivare ad essere fresche come le superfici bianche. Il nuovo lavoro di ricerca ha dimostrato che il raffreddamento fluorescente può intensificare la prestazione di questi pigmenti riemettendo a lunghezze d’onda superiori parte della luce visibile che la superficie deve assorbire per apparire più scura.

Tutto questo apre le porte alle tinte più scure non soltanto dei cool roof, ma di qualsiasi oggetto sottoposto per lunghi periodi all’esposizione del sole, inclusi i veicoli, le navi, le taniche di stoccaggio e le condutture in PVC. “E sarà anche il caso delle automobili”, ha affermato Berdahl. “Non si tratterà soltanto di una questione di comfort o di risparmio energetico se si eviterà di usare la corrente alternata. Abbiamo appreso dai nostri colleghi che con i veicoli elettrici, la durata di una batteria si riduce a causa delle alte temperature, quindi se si riesce a mantenere una temperatura non troppo alta nelle automobili grazie all’utilizzo di un rivestimento adatto, la durata delle batterie ne risentirà positivamente”.

L’impiego dei materiali fluorescenti o fotofluorescenza, per i materiali che mantengono temperature moderate, è un’idea innovativa e Berdahl, fisico per sua formazione, ha presentato un brevetto riferito a questa tecnologia. “Tutti comprendono che i materiali fluorescenti emettono energia”, ha affermato. “La novità in questo caso è l’uso del processo di fluorescenza per mantenere temperature fresche negli edifici”.

Quando la luce colpisce un materiale fluorescente, questo reagisce emettendo energia, quindi non soltanto riflettendola passivamente. L’idea di Berdahl era quella di reperire un materiale che potesse assorbire la luce visibile riemettendola totalmente o quasi totalmente nella parte

materials is a new concept, and Berdahl, who is a physicist by training, has a patent pending on the technology. "People understand that materials that fluoresce are emitting energy," he said. "What's new here is the use of the fluorescence process to keep buildings cooler."

When light hits a fluorescent material, the material actively emits energy in response, rather than passively reflecting the energy.

Berdahl's idea was to find a material that would absorb visible light and fluoresce (re-emit) mostly or entirely in the invisible near-infrared portion of the sun's spectrum.

"There have been thousands of fluorescent compounds identified," he said. "Ruby's properties are well known and well studied, and I realized it's a material that could work."

His first experiment was to use an array of synthetic ruby crystals, which he purchased online and said were surprisingly inexpensive. Attached to a bright white coating and exposed to bright sunlight, the dark-red ruby-covered coating stayed cooler than an off-white surface. Berdahl and Berkeley Lab research associate Sharon Chen then synthesized ruby powder, or aluminum oxide, doped with varying amounts of chromium to create different shades of red pigment.

They prepared ruby paint from the powders, and applied these paints over bright white substrates. When exposed to sunlight, the ruby paint samples stayed as cool as white materials.

"The ruby powder does need more work to make it as deep red as the ruby crystal", Berdahl said.

If the product were to be commercialized, Berdahl said that the cost is not expected to be substantial and its durability is expected to be similar to other coatings.

"Rubies have a reputation for being expensive, but they're mostly aluminum oxide, which sells for about 70 cents per kilogram (or about 30 cents per pound)", he said.

PPG Industries, a Pittsburgh, Pennsylvania-based coating manufacturer also involved in the research, is conducting weathering tests with prototype fluorescent coatings.

In follow-up work Berdahl has identified blue materials that also fluoresce and showed that they can be combined with other colors to yield green and even black materials that stay cool.

The research was supported by the Department of Energy's Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE). Additional funding was provided by the California Energy Commission. Co-authors of the paper were Sharon Chen, Hugo Destailats, Thomas Kirchstetter, and Ronnen Levinson of Berkeley Lab, and Michael Zalich of PPG's Coatings Innovation Center.

prossima agli infrarossi dello spettro solare. "Sono stati trovati migliaia di composti fluorescenti", ha aggiunto. "Le proprietà del rubino sono note a tutti e sono oggetto di studio e di ricerca; lavorando, mi sono reso conto che si trattava di un materiale che poteva veramente offrire una grande efficacia".

Il suo primo esperimento è consistito nell'utilizzare una serie di cristalli di rubino sintetici, acquistati online a un prezzo sorprendentemente contenuto. Applicato su un rivestimento bianco luminoso ed esposto alla luce brillante del sole, il rivestimento coperto dal rubino di colore scuro ha mantenuto una temperatura più fresca di una superficie fuori dallo spazio del colore bianco.

Berdahl e Sharon Chen, ricercatore associato del Berkeley Lab hanno poi sintetizzato la polvere di rubino o ossido di alluminio, con l'aggiunta di varie quantità di cromo per creare differenti tonalità del pigmento rosso. Hanno poi preparato la pittura color rubino derivata dalla polvere, che hanno in seguito applicato sui substrati di color bianco brillante.

Quando sono stati esposti alla luce del sole, i campioni di pittura rubino hanno conservato una temperatura moderata come i materiali di tinta bianca.

"La polvere di rubino non richiede ulteriore lavoro per trasformarla in una tonalità rosso scuro come il cristallo di rubino", ha affermato Berdahl.

Se il prodotto dovesse essere commercializzato, Berdahl ritiene che i costi non sarebbero sostanziali e che la sua durabilità sarebbe simile a quella di altri rivestimenti.

"Si pensa in generale che i rubini siano molto costosi, ma in realtà essi sono costituiti principalmente da ossido di alluminio che ne rappresenta circa il 70% per chilogrammo (o 30% per libbra)", ha commentato.

PPG Industries è un'industria produttrice di rivestimenti ubicata a Pittsburgh, Pennsylvania, coinvolta in un programma di ricerca ed è attualmente impegnata nell'esecuzione di test dell'invecchiamento atmosferico dei rivestimenti fluorescenti prototipo.

Nel lavoro di follow-up Berdahl ha individuato i materiali blu, anch'essi fluorescenti e ha dimostrato che essi possono essere associati ad altri colori per fornire materiali verdi o neri che mantengono temperature moderate.

La ricerca è stata patrocinata dal Dipartimento dell'Agenzia Energetica, Efficientamento Energetico ed Energie Rinnovabili (EERE). Altri finanziamenti sono stati eseguiti dalla California Energy Commission.

I co-autori dell'articolo sono Sharon Chen, Hugo Destailats, Thomas Kirchstetter e Ronnen Levinson del Berkeley Lab e Michael Zalich di Coatings Innovation Center, PPG.