



Una nova eina analítica aclareix el paper de la pèrdua òptica en la transferència de calor de camp proper en diferents materials

Investigadors del ICFO presenten un nou marc general analític que millora l'estudi de la transferència radiativa de calor de camp proper en materials plasmonsics i polars.

June 19, 2023

L'interès per estudiar la transferència radiativa de calor de camp proper (NFRHT per les seves sigles en anglès) i la transferència de calor entre objectes separats per espais submicromètrics ha augmentat considerablement en els últims anys. La NFRHT exhibeix altes densitats tèrmiques i, en teoria, aquest procés pot proporcionar millors eficiències termodinàmiques i pot tenir un impacte significatiu i millorar dràsticament el rendiment de diferents aplicacions que van des de la captació d'energia amb sistemes termofotovoltaics fins a la nanolitografia assistida per calor.

Segons les teories actuals, els modes electromagnetics evanescents, que es presenten en forma de polaritons, juguen un paper clau en el proces de transferencia optima de calor entre dos cossos en l'ambit del camp proxim. Aquests polaritons, particules hibride formades per un foto acoblat a un dipol electric i que poden ocórrer en materials plasmonic i polars, son excitacions que exhibeixen una intensitat maxima en la interficie entre do cossos i decauen i desapareixen exponencialment a mesura que s'allunyen del punt. Aquests modes evanescents poden originar-se de dues formes diferents en funcio de material del qual estiguem parlant. En els metalls poden generar-se a partir d plasmons-polaritons superficials (la ressonancia en aquest cas es causada per l'oscil·lac o dels electrons que interactuen amb la llum), mentre que en el cas del dielectric pola , aquests modes ressonants ocórrer com a polaritons de fonons (que s'originen a partir e l'acoblament de les oscil·lacions col·lectives dels desplaçaments dels atoms amb la ll m). Entre les caracteristiques de la ressonancia d'aquests modes evanescents, la seva amp ada de de banda juga un paper clau en la transferencia de calor de camp proxim. De et, l'amplada de banda de la ressonancia esta relacionada amb la perdua optica en el mater al, que se sap que permet l'emissio termica en primer lloc, aixi com l'absorcio en quals vol estructura il·luminada per la llum. Per a caracteritzar quantitativament aquesta caracteris ica, els autors es basen en el factor de qualitat del material (l'anomenat factor Q) e la ressonancia del polarito. Aquest parametre esta inversament relacionat amb l'ampla a de banda de la ressonancia i, per tant, amb la perdua optica: com mes gran sigui el fact r Q, mes aguda sera la ressona cia. Fins ara, els estudis mostraven que la perdua optica, la temperatura i altres propi tats dielectricques estaven interrelacionades de forma matematica en uns formalismes q e no facilitaven la comprensió profunda dels fonaments de la NFRHT. Ara, els investigadors **ICFO Mariano Pascale i la professora Georgia T. Papadakis** han descrit en un nou article publicat en la revista **Physical Review Applied** un nou marc analitic per a la NFRHT en materials polaritonicos que utilitza les maneres evanescents en una configuracio plana (dos plans ideals separats per una distancia nanometrica que s'estenen gairebe infinitament) . Aquest nou marc permet explicar la NFRHT d'una manera mes completa.

Els investigadors han desenvolupat en l'estudi un nou formalisme que diferencia per primera vegada el paper de la perdua optica d'altres caracteristiques de dispersio dels materials, aixi com de la temperatura. Els autors mostren en el treball publicat que el factor Q per si sol no es suficient per a descriure amb precisió la NFRHT. Per a completar el marc analitic de la NFRHT, han introduit el parametre de residu de material B, una quantitat independent de les perdues que abasta propietats critiques en materials polaritonicos, es a dir, la freqüencia d ressonancia i l'ample espectral de l'anomenada banda Reststrahlen

Els autors de l'estudi han obtingut una expressio de caracter universal que relaciona el facto Q optim amb el residu de material B, identificant aixi la millor interaccio entre la perdu

optica i la freqüència de ressonància que permet la màxima transferència de calor de camp proper. Amb aquest nou formalisme, els investigadors també han pogut establir els límits superiors (la conductància tèrmica màxima assolible) per a cada material analitzat.

Segons el primer autor de l'estudi, Mariano Pascale, aquest nou formalisme i clareix el paper que tenen diverses característiques de dispersió del material, com la pèrdua òptica i el factor de qualitat del material per a la transferència de calor de camp proper?

Tal i com destaquen els investigadors, i el desacoblament de la temperatura, el factor de qualitat del material i el residu del material (...) permet una classificació quantitativa dels diferents materials com a candidats a una NFRHT a mesura?

Amb l'anàlisi i el formalisme descriptiu addicional descrit en el treball es pot identificar una característica òptima dels diferents materials, amb independència de la temperatura, que maximitza la NFRHT i veure també com canvia aquest procés amb la pèrdua òptica.

L'estudi inclou l'anàlisi i la classificació de diversos emissors polaritònics, com el Carburi de Silici (SiC), el Nitrur de Bor hexagonal (h-BN) i els semiconductors dopats, així com de materials plasmonics (metalls) com l'Or (Au) i la Plata (Ag).

En eliminar de l'equació la dependència de la pèrdua òptica, podem classificar sistemàticament i quantitativa una àmplia gamma de materials polars i plasmonics rellevants per a la transferència de calor radiativa de camp proper", explica Mariano Pascale.

El nou formalisme ofereix una descripció compacta i robusta d'aquest efecte i concorda de manera excel·lent amb l'electrodinàmica fluctuacional, conclou l'investigador del ICF

Article original

Pascale, M. Papadakis, G. (2023) [Tight bounds and the role of optical loss in polariton-mediated near field heat transfer](https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.19.034013). Physical Review Applied, 19. doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.19.034013>