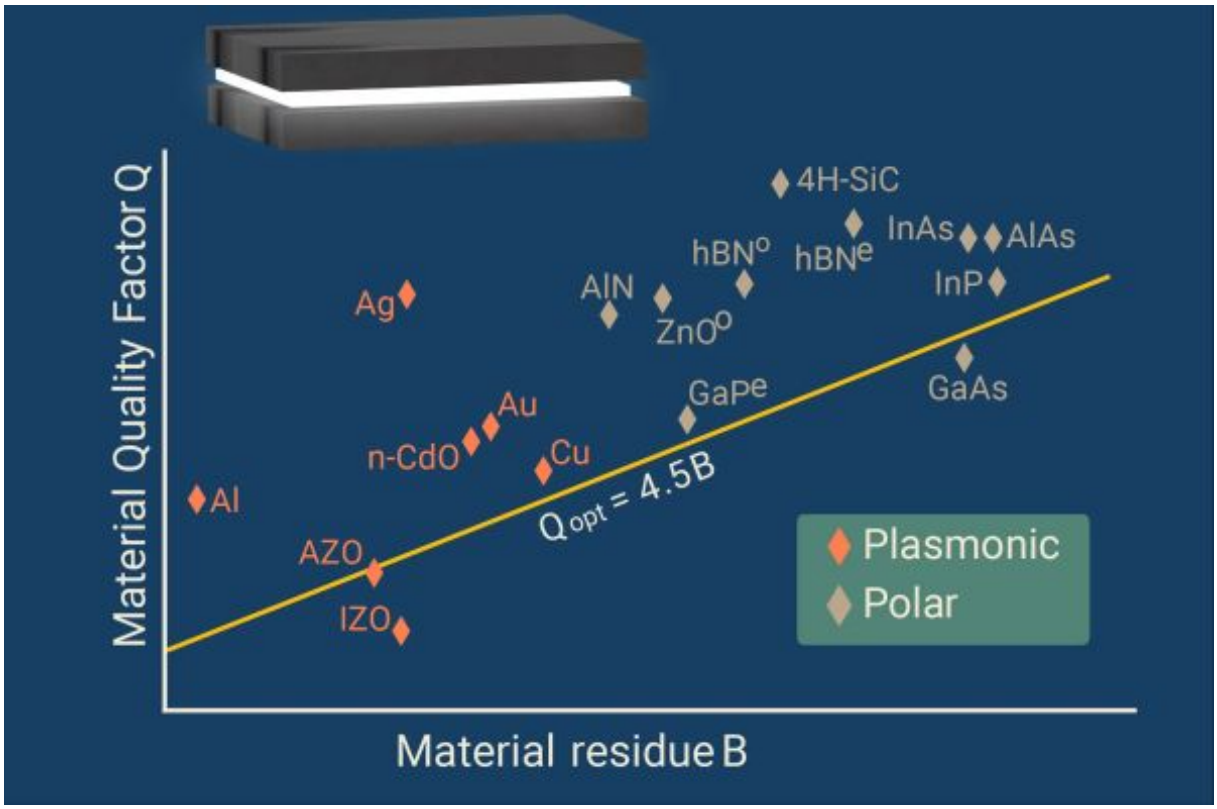


Una nova eina analitica aclareix el paper de la perdua optica en la transferencia de calor de camp proxim en diferents materials

Investigadors del ICFO presenten un nou marc general analitic que millora l'estudi de la transferencia radiativa de calor de camp proxim en materials plasmonics i polars.

June 19, 2023

L'interes per estudiar la transferencia radiativa de calor de camp proxim (NFRHT per les seves sigles en angles) i la transferencia de calor entre objectes separats per espais submicrometricos ha augmentat considerablement en els ultims anys. La NFRHT exhibeix altes densitats termiques i, en teoria, aquest proces pot proporcionar millors eficiencies termodinamiques i pot tenir un impacte significatiu i millorar drasticament el rendiment de diferents aplicacions que van des de des de la captacio 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 ocorrer 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 ocorren com a polaritons de fonons (que s'originen a partir e l'acoblament de les oscil·lacions col·lectives dels desplacaments 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 dielectriques estaven interrelacionades de forma matematica en uns formalismes q e no facilitaven la comprensio profunda dels fonaments de la N
HRT. Ara, els investigadors de l'**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 NFHRT 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 precisio 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 polaritonics, 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 freqüencia de ressonancia que permet la maxima transferencia de calor de ca
p proxim. Amb aquest nou formalisme, els investigadors tambe han pogut establir els limi
s superiors (la conductancia termica maxima assolible) per a cada material analitza
. Segons el primer autor de l'estudi, Mariano Pascale, aquest nou formalisme i¿¼clareix el
paper que tenen diverses caracteristiques de dispersio del material, com la perdua optica i el
factor de qualitat del material per a la transferencia de calor de camp proximi¿?
. Tal i com destaquen els investigadors, i¿¼ desacoblament de la temperatura, el factor de
qualitat del material i el residu del material (..) permet una classificacio quantitativa dels
diferents materials com a candidats a una NFRHT a mesurai¿?
. Amb l'analisi i el formalisme descriptiu addicional descrit en el treball es pot identificar
a caracteristica optima dels diferents materials, amb independencia de la temperatura, q
e maximitza la NFRHT i veure tambe com canvia aquest proces amb la perdua optic
. L'estudi inclou l'analisi i la classificacio de diversos emissors polaritonics, com el Carbur
de Silici (Sic), el Nitrur de Bor hexagonal (h-BN) i els semiconductors dopats, aixi com
de materials plasmonics (metalls) com l'Or (Au) i la Plata (A
)En eliminar de l'equacio la dependencia de la perdua optica, podem classificar
sistematicament i quantitativa una amplia gamma de materials polars i plasmonics rellevants
per a la transferencia de calor radiativa de camp proxim", explica Mariano Pascale.
El nou formalisme i¿½ofereix una descripcio compacta i robusta d'aquest efecte i concorda
de manera excel·lent amb l'electrodinamica fluctuacionali¿½, 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. Physical Review Applied, 19. doi: https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.19.034013