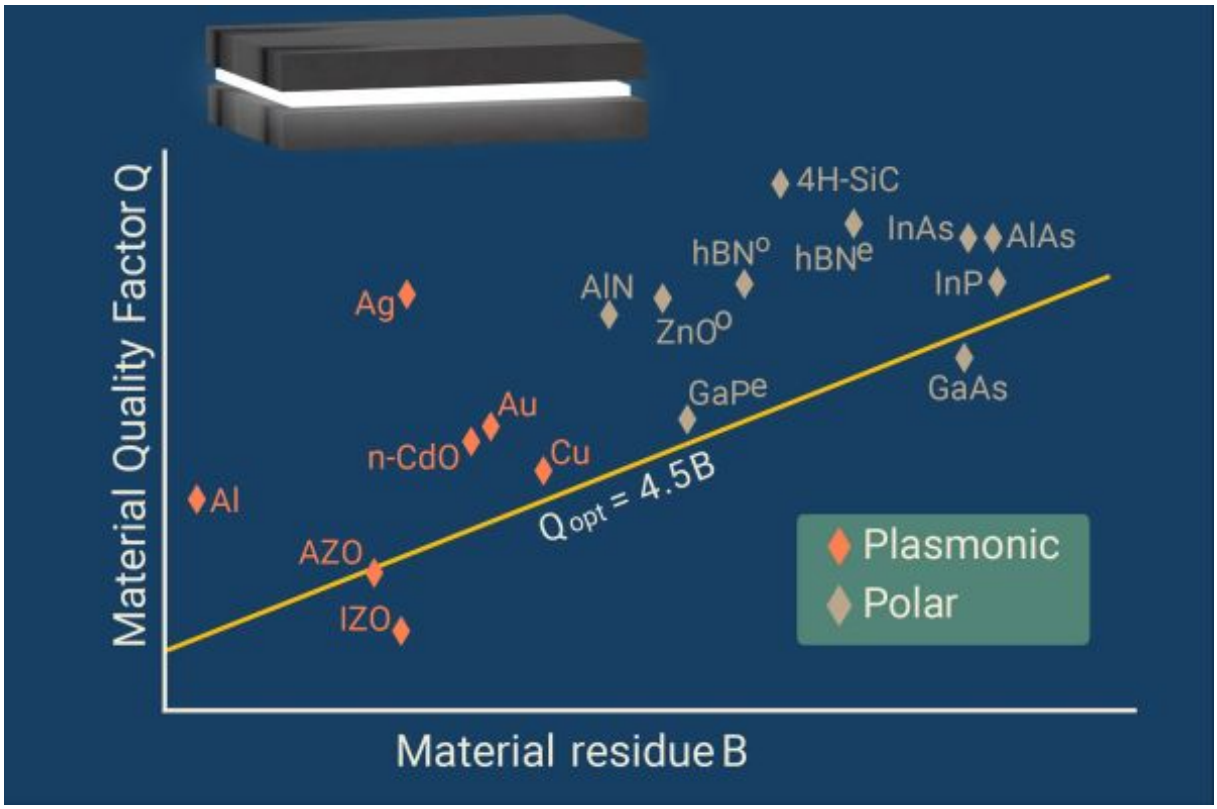


Nueva herramienta analitica para aclarar el papel de la perdida optica en la transferencia de calor de campo cercano para materiales

Los investigadores del ICFO presentan un nuevo marco general y completamente analitico que mejora el estudio de la transferencia de calor por radiacion de campo cercano en materiales plasmonicos y polares.

June 19, 2023

El interes por estudiar la transferencia radiativa de calor de campo cercano (NFRHT por sus siglas en ingles) y la transferencia de calor entre objetos separados por espacios submicrometricos ha aumentado considerablemente en los ultimos anos. La NFRHT exhibe altas densidades termicas y, en teoria, este proceso puede proporcionar mejores eficiencias termodinamicas y puede tener un impacto significativo y mejorar drasticamente el rendimiento de varias aplicaciones que van desde desde la captacion de energia con sistemas termofotovoltaicos hasta la nanolitografia asistida por calor.

Segun las teorias actuales, los modos electromagneticos evanescentes, que se presentan en forma de polaritones, tienen una contribucion clave en el proceso de transferencia optima de calor entre dos cuerpos en el ambito del campo cercano. Estos polaritones, que se consideran particulas hibridas formadas por un foton fuertemente acoplado a un dipolo electrico y que pueden ocurrir en materiales plasmonicos y polares, son excitaciones que exhiben una intensidad maxima en la interfaz entre dos medios y decaen exponencialmente a medida que se alejan de ella.

Estos modos evanescentes pueden originarse de dos formes distintas en funcion del material. En los metales pueden generarse a partir de plasmones-polaritones superficiales (la resonancia en este caso es causada por la oscilacion de los electrones que interactuan con la luz), mientras que en el caso del dielectrico polar, tales modos resonantes ocurren en forma de polaritones de fonones (que se originan a partir del acoplamiento de la oscilaciones colectivas de los desplazamientos de los atomos con la luz).

Entre las caracteristicas de la resonancia de estos modos evanescentes, su ancho de banda juega un papel clave en la transferencia de calor de campo cercano. De hecho, el ancho d banda de la resonancia esta relacionado con la perdida optica en el material, que se sabe qu permite la emision termica en primer lugar, asi como la absorcion en cualquier estructur iluminada por la luz. Para caracterizar cuantitativamente esta caracteristica, los autores s basan en el factor de calidad del material (el llamado factor Q) de la resonancia del polariton Este parametro esta inversamente relacionado con el ancho de banda de resonancia y, por l tanto, con la perdida optica: cuanto mayor sea el factor Q, mas aguda sera la resonancia Hasta ahora, los estudios mostraban que la perdida optica, la temperatura y otra propiedades dielectricas estaban interrelacionadas de forma matematicaen uno formalismos que que no facilitaban la comprension profunda de los fundamentos de a NFHR

. Ahora, los investigadores del ICFO Mariano Pascale y la profesora Georgia T. Papadakis an descrito en un nuevo articulo publicado en la revista Physical Review Applied un nu vo marco analitico para la NFRHT en materiales polaritonicos que utiliza los m dos evanescentes en una configuracion plana (dos planos ideales separados por una dist ncia nanometrica que se extienden casi infinitamente) y que permite explicar dicho proce o de una manera mas comp

eta. Los investigadores han desarrollado un nuevo formalismo que diferencia por primera v z el papel de la perdida optica de otras caracteristicas de dispersion de los materiales, asi como de la temperatura. Los autores muestran en el trabajo publicado que el factor Q por si so o no es suficiente para describir con precision la NFRHT. Para completar el marco analitico e la NFRHT, han introducido el parametro de residuo de material B, una cantidad independ ente de las perdidas que abarca propiedades criticas en materiales polaritonicos, es deci , la frecuencia de resonancia y el ancho espectral de la llamada banda Reststra len. Como resultado, los autores del estudio han obtenido una expresion de caracter univ

rsal que relaciona el factor Q optimo con el residuo de material B, identificando asi la ejor interaccion entre la perdida optica y la frecuencia de resonancia que permite la m xima transferencia de calor de campo cercano. Con este nuevo formalismo, los investi adores tambien han podido establecer los limites superiores (la conductancia termica maxima alcanzable) para cada material ana izado. Segun el primer autor del estudio, Mariano Pascale, este nuevo formalismo i¿½aclara el papel que tienen varias caracteristicas de dispersion del material, como la perdida optica y l factor de calidad del material para la transferencia de calor de campo ce canoi¿½. Como destacan los autores, i¿½el desacoplamiento de la temperatura, el factor d calidad del material y el residuo del material (..) permite una clasificacion cuantitativa de l s diferentes materiales como candidatos a una NFRH a medidai¿½. Con el analisis y el formalismo descriptivo adicional descrito en el rabajo se puede identificar la caracteristica optima de los distintos materiales, con ind pendencia de la temperatura, que maximiza la NFRHT y ver tambien como cambia est proceso con la perdida optica. El estudio incluye el analisis y la clasificacion de, por un lado, varios emisor s polaritonicos, como el Carburo de Silicio (SiC), el Nitruro de Boro hexagonal (h-BN) y lo semiconductores dopados, asi como, por otro lado, de materiales plasmonicos (metales) co o el Oro (A) y la Plata (Ag). "Al eliminar de la ecuacion la dependencia de la perdida optica podemos clasificar sistematica y cuantitativamente una amplia gama de materiales p lares y plasmonicos relevantes para la transferencia de calor radiativo de campo cerca o", expl ca Mariano Pascale. El nuevo formalismo i¿½ofrece una descripcion compacta y ro usta de este efecto y concuerda de forma excelente con la electrodinamica fluctua ionali¿½, concluye e

Articulo 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