Image not found

La interaccion de electrones de baja energia con luz revela efectos cuanticos

Investigadores del ICFO lideran un estudio teorico sobre la interaccion entre electrones de baja energia y la luz, mostrando por primera vez la aparicion de efectos cuanticos y de retroceso. Los resultados podrian mejorar la microscopia electronica ultrarrapida, entre otras aplicaciones potenciales.

July 05, 2024

Los electrones libres y la luz (o, mas precisamente, los campos opticos), cuando se acoplan, desempenan un papel fundamental en la microscopia electronica de ultima generacion. Su relacion sinergica mejora la resolucion espaciotemporal y energetica de los microscopios electronicos hasta el rango de picometro-attosegundo-microelectronvoltio (es decir, a escalas de una billonesima de metro, un quintillon de segundo y una millonesima de electronvoltio). De esta manera, se pueden estudiar procesos dinamicos y fenomenos cuanticos en la materia con una resolucion que alcanza el nivel atomico y escalas de tiempo ultrarrapidas.

En general, los haces de electrones empleados en este tipo de dispositivos tienen energias cineticas significativamente superiores a las de los campos opticos. Entonces, la probabilidad de que un solo electron interactue con un solo foton se vuelve mucho menor que la unidad, lo que a su vez implica un debil acoplamiento electron-luz. A pesar de los muchos avances que se han logrado en este regimen, donde el haz de electrones se describe mediante una carga puntual clasica que sigue una trayectoria rectilinea, esta caracteristica conlleva algunas limitaciones fundamentales. En particular, el desajuste entre energia y momento obstaculiza las capacidades de estas tecnicas para obtener imagenes de excitaciones atomicas y acceder al sinfin de efectos cuanticos no lineales presentes en las nanoestructuras.

Por lo tanto, para acceder a tales fenomenos es necesario cerrar la brecha energetica reduciendo las energias de los electrones hasta que sean comparables a las de los fotones. Este enfoque ha sido abordado ahora por los investigadores del ICFO **Adamantios P. Synanidis** y el **Dr. P. Andre D. Goncalves**, dirigidos por el **Prof. ICREA Javier Garcia de Abajo**, junto con el Prof. Dr. Claus Ropers del Instituto Max Planck de Ciencias Multidisciplinares y la Universidad de Gotinga. En un articulo de Science Advances, **muestran teoricamente efectos**

cuanticos exoticos que surgen de interacciones entre electrones de baja energia y luz que no se manifiestan en el regimen convencional de alta energia.

Entre los fenomenos descritos se encuentra un fuerte acoplamiento electron-foton en las superficies de los cristales, la clasicamente prohibida retrodispersion de electrones al encontrarse con superficies que, en el escenario tradicional, serian transparentes a estas particulas, y una fuerte absorcion y emision selectiva de fotones.

Adamantios P. Synanidis, primer autor del articulo, aclara: i¿½Al reducir la energia de l
s electrones y utilizar una superficie de dispersion adecuada, el acoplamiento electron-l
z puede aumentar drasticamente (incluso divergiendo hasta el infinito en configuracion
s especiales), ya que el desajuste cinematico entre ambos se minimiza o se elimina p
r completoi?

½. Los investigadores demostraron que cuando los electrones libres de baja energia encuen
ran un campo optico evanescente (por ejemplo, de un polariton superficial) en una la
ina transparente a los electrones, estos ultimos pueden retrodispersarse. Este efecto, prohi
ido en el regimen clasico donde la energia de los electrones es mucho mayor que la de la
uz, muestra la importancia de los efectos de retroceso y el caracter cuantico de la interaccion

El equipo tambien mostro las consecuencias de los electrones de baja energia difractados por una red atomica iluminada, donde el acoplamiento electron-luz puede mejor
rse selectivamente ajustando correctamente la energia del elect

Nuevas direcciones futuras para la microscopia electronica, la metrologia y el control cuantico coherente

Ademas del interes fundamental que intrinsecamente conlleva la exploracion de las interacciones electron-luz-materia, este estudio encuentra aplicaciones potenciales en microscopia electronica ultrarrapida o metrologia.

"Debido al excelente control espaciotemporal que ofrecen los haces de electrones, esperamos que surjan varias aplicaciones nuevas e interesantes en los campos de la espectromicroscopia electronica ultrarrapida y el control cuantico coherente", explica Synanidis. "Un posible nuevo desarrollo seria utilizar haces de electrones no solo como sondas de procesos fisicos en la materia, sino tambien como herramienta para transferir coherencia a la muestra entrelazandola con excitaciones materiales, introduciendo asi nuevas tecnicas con haces entrelazados".

A largo plazo, estos resultados tambien contribuyen al objetivo futuro de construir microscopios electronicos mas compactos, ya que los electrones de baja energia pueden simplificar en gran medida algunos aspectos de las columnas de los microscopios electronicos actuales. Ademas, el uso de electrones de baja energia aumenta el acoplamiento entre electrones y luz sin la necesidad de campos de luz intensos, lo que permite la espectroscopia electronica de muestras sensibles, como las biologicas.