



Investigadores del ICFO predicen como se propaga la luz del infrarrojo medio en la atmosfera

Investigadores del ICFO han desarrollado un metodo numerico, validado por resultados experimentales, que predice con precision que la forma de los pulsos de luz del infrarrojo medio cambia despues de viajar a traves del aire, especialmente en condiciones de alta humedad.

August 16, 2024

¿Como se propaga un pulso de luz a traves de la atmosfera? Aunque esta pregunta pued parecer ingenua, para responderla hay que considerar multiples interacciones con diversa molculas atmosfericas, condiciones variables en el espacio y el tiempo, y varios parametro atmosfericos como la temperatura, la humedad y la presion. Esta compleja interrelacion d factores hace que sea extremadamente dificil encontrar una solucion integra a la pregunta algo que aun no se ha logrado por completo

Sin embargo, la comunidad cientifica esta profundamente interesada en este problema, y

que la capacidad de predecir la propagación de la luz en la atmósfera es clave para numerosas aplicaciones. Entre ellas se incluyen la detección remota de componentes atmosféricos para la predicción climática o meteorológica, el monitoreo de contaminantes y otras sustancias nocivas, la detección de fuentes de luz remotas como estrellas guía y la entrega de energía a destinatarios específicos.

Los investigadores del ICFO **Christian Hensel**, el **Dr. Lenard Vamos**, **Igor Tyulnev**, el **Dr. Ugaitz Elu**, dirigidos por el **Prof. ICREA Jens Biegert**, han logrado avances significativos entorno a este desafío. Centrándose en la luz del infrarrojo medio, el equipo desarrolló un modelo que predice con precisión cómo la intensidad y el perfil de estos pulsos cambian al viajar por el aire. Los experimentos realizados por los investigadores corroboraron fuertemente las predicciones del modelo. Sus hallazgos, publicados en *APL Photonics*, revelan que **la forma del pulso se ensancha durante la propagación por la atmósfera, identificando al vapor de agua como el principal responsable** de este efecto.

Modelar la atmósfera: un desafío intrincado

Medimos el campo eléctrico inicial de un pulso óptico en su origen y luego aplicamos el modelo para predecir su propagación. Posteriormente, comparamos la predicción con otra medición del campo realizada después de la propagación, explica el Prof. ICREA Jens Biegert, resumiendo en términos simples el procedimiento seguido en el estudio. Pero la verdad es que el proceso fue mucho más sofisticado. La modelización, por ejemplo, implicó el uso de una gran base de datos, de alta precisión, de los constituyentes atmosféricos a diversas temperaturas y niveles de humedad. Estos constituyentes absorben y dispersan la luz en miles de frecuencias diferentes, y estas frecuencias cambian a lo largo del tiempo de duración del propio pulso. Comprender que aproximaciones podían hacerse en el modelo para reducir su complejidad y aumentar su velocidad, manteniendo al mismo tiempo miles de líneas de absorción, fue muy exigente, admite el Prof.

Biegert. Además, el aire no es solo oxígeno y nitrógeno; también contiene grandes cantidades de agua. En particular, los investigadores tuvieron que tener en cuenta la llamada molécula de agua 'top-hat' en sus simulaciones. Esta molécula tiene un espectro de absorción significativamente complejo, lo que convierte el proceso de modelado en una tarea aún más

El pulso se ensancha en presencia de vapor de agua

Finalmente, el equipo logró incorporar todos estos parámetros en su modelo. Según este, el proceso comienza con pulsos de luz muy cortos y precisos. A medida que los pulsos viajan, interactúan con moléculas atmosféricas, que absorben y reemiten luz en direcciones aleatorias en un tiempo mucho mayor que el de duración del pulso láser inicial. Como resultado, la duración del pulso emitido aumenta y, debido a la interferencia entre los distintos pulsos reemitidos, le aparece una cola larga y compleja, lo que degrada la forma

inicial bien definida. El modelo también muestra que a medida que aumenta la humedad, la deformación se vuelve aún más pronunciada debido a efectos adicionales de absorción y dispersión causados por el exceso de vapor de agua.

Luego, los investigadores realizaron experimentos sensibles en el dominio temporal, reproduciendo excelentemente los efectos predichos, validando así el modelo. ¡Nuestro método es general y fácil de aplicar para cualquier composición de gases y formas de pulso! Comparte el Dr. Lenard Vamos. Y añade: Esta capacidad de predecir la propagación en la atmósfera podría mejorar muchas tecnologías, donde estimar las características de los pulsos es esencial para diseños eficientes. También podría ser fundamental para muchas técnicas espectroscópicas, donde la deformación del pulso reduce la resolución temporal y nos proporciona información sobre el propio proceso de interacción.

Referencia:

Christian Hensel, Lenard Vamos, Igor Tyulnev, Ugaitz Elu, Jens Biegert; Propagation of broadband mid-infrared optical pulses in atmosphere. *APL Photonics* 1 August 2024; 9 (8): 080801.

DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0218225>

Agradecimientos:

The authors acknowledge financial support from the European Research Council via ERC Advanced Grant 'TRANSFORMER' (788218) and ERC Proof of Concept Grant 'mini-X' (840010), the European Union's Horizon 2020 for 'PETACOM' (829153), FET-OPEN 'OPTologic' (899794), PATHFINDER-OPEN 'TwistedNano' (101046424), Laserlab-Europe (871124), Marie Skłodowska-Curie grant no. 860553 ('Smart-X'), MINECO MINECO for 'AttoQM' PID2020-112664GB-100, AGAUR for SGR-2021-01449, 'Severo Ochoa' (CEX2019-000910-S), Fundació Cellex Barcelona, CERCA Programme/Generalitat de Catalunya and the Alexander von Humboldt Foundation for the Friedrich Wilhelm Bessel Prize.