

## De camino hacia la miniaturización de los sensores atómicos: un nuevo método de lectura

Investigadores del ICFO proponen un nuevo método de lectura para sensores atómicos. El descubrimiento es un paso importante hacia la miniaturización de sensores como los magnetómetros atómicos; un avance buscado por largo tiempo que incrementará su resolución espacial, entre otras mejoras sustanciales.

June 13, 2024

---

Algunos dispositivos tecnológicos para la detección de alta precisión se basan en el bombeo óptico (es decir, el proceso en el que se utiliza la luz para elevar -o "bombear"- electrones desde un nivel de energía inferior en un átomo o molécula a uno de superior) y la física de espines en un vapor atómico (es decir, la física asociada con la evolución y las interacciones de una propiedad magnética intrínseca de los átomos, llamada [espin](#)). Por ejemplo, los magnetómetros bombeados ópticamente, uno de los dispositivos cuánticos más sensibles para detectar campos magnéticos muy débiles, se basan en estos dos principios.

Hay un elemento importante que influye en el grado de sensibilidad y que, en consecuencia, puede comprometer el rendimiento de tales instrumentos: la lectura de la polarización de los espines electrónicos (una propiedad relacionada con cómo se orientan dichos espines). Actualmente existen métodos de última generación que mejoran la efectividad de la lectura, pero su rendimiento empeora a medida que se reducen las dimensiones de los sensores, frenando la miniaturización que la mayor parte de las tecnologías modernas persiguen. La cuestión ha sido abordada recientemente por los investigadores del ICFO **Maria Hernandez**, **Yintao Ma** (también miembro de la Universidad Xi'an Jiaotong), **Hana Medhat**, la **Dra. Chiara Mazzinghi** (también miembro del Instituto Nazionale di Ottica, Sesto Fiorentino) y el **Dr. Vito Giovanni Lucivero** (también miembro de la Università degli Studi di Bari Aldo Moro), dirigidos por el **Profesor ICREA en ICFO Morgan W. Mitchell**. En un artículo de *Physical Review Applied*, han demostrado **un nuevo método no destructivo para monitorear la polarización del espín electrónico de un conjunto atómico y que, al mismo tiempo, permite la miniaturización del equipo.**

### **Una nueva técnica para monitorizar la polarización de espines**

En el estudio, los autores utilizaron tres componentes diferentes (cada uno de ellos bien establecido por sí solo) y los juntaron, algo que nadie había hecho antes.

El primer ingrediente fue el uso de un vapor atómico y la explotación de sus propiedades ópticas. En particular, utilizaron rubidio 87, una elección muy habitual cuando se trata de sensores, debido a su sensibilidad natural a los cambios externos de su entorno.

El segundo fue el uso de un resonador óptico. Estos elementos ópticos, también conocidos como  $i\frac{1}{2}$ cavidades ópticas  $i\frac{1}{2}$ , mejoran la lectura de los espines al aumentar la longitud

de interacción entre los átomos de rubidio y la luz infrarroja, la cual se utiliza para sondear los. Además, el vapor se colocó dentro de una celda de vapor denominada sistema

microelectromecánico (MEMS, por sus siglas en inglés), ya que este tipo de celda permite la miniaturización de sensores sin que esto perjudique su calidad.

Y en tercer lugar el equipo realizó la lectura mediante la técnica de Pound-Drever-Hall (PDH). El método PDH se utiliza ampliamente para medir cambios en la frecuencia o fase de la luz láser con una precisión infinitesimal (por ejemplo, en la detección de ondas gravitacionales).

En este caso, enviando luz al medio y midiendo el cambio de fase a través de PDH, los investigadores pudieron inferir indirectamente la polarización del espín atómico (ya que la primera depende de la segunda).

En resumen, el equipo realizó una lectura PDH de la polarización del espín atómico y un vapor de rubidio 87 alojado en una celda MEMS dentro de un resonador óptico.

**Los resultados sugieren una lectura mejorada (y por tanto una mejor sensibilidad) incluso en células pequeñas, un progreso por partida doble con respecto a intentos anteriores.**

**Los resultados sugieren una lectura mejorada (y por tanto una mejor sensibilidad) incluso en células pequeñas, un progreso por partida doble con respecto a intentos anteriores.**

### **Beneficios para los futuros sensores atómicos**

Los investigadores afirman que su método tiene potencial para proporcionar lecturas de alta eficiencia en instrumentos miniaturizados de metrología y de detección en vapores atómicos. Este es un resultado importante ya que allana el camino hacia la miniaturización de dispositivos de detección atómica que permitan una alta resolución espacial en la detección de campos magnéticos. Además, en principio, el método puede estar limitado por el ruido cuántico, lo que permitiría aumentar la precisión en sensores miniaturizados gracias a sus propiedades cuánticas, comparte María Hernández, autora principal del artículo. Hernández ya ha empezado a construir un magnetómetro óptico basado en esta técnica para aplicaciones micro biomagnéticas. La miniaturización de los magnetómetros atómicos podría dar como resultado sensores con resolución espacial mejorada y que también podrían ser adecuados para espines comprimidos, un hito que el equipo está deseando

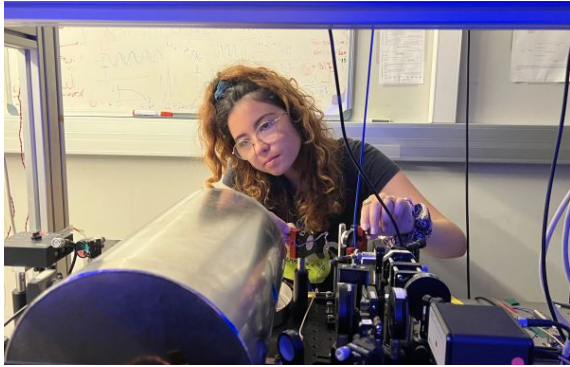
**Referencia bibliográfica:**

Hernandez, Y. Ma, H. Medhat, C. Mazzinghi, V. Giovanni, and M. W. Mitchell. Cavity-enhanced detection of spin polarization in a microfabricated atomic vapor cell. *Phys. Rev. Applied* 21, 064014 (2024).

**Agradecimientos:**

This work was supported by European Commission projects MACQSIMAL (820393), OPMMEG (101099379), and QUANTIFY (101135931); NextGenerationEU (PRTR-C17.11- Plan Complementario de Comunicaciones Cuánticas); Spanish Ministry of Science (MCIN) project SAPONARIA (PID2021-123813NB-I00); Severo Ochoa Center of Excellence CEX2019-000910-S, Departament de Recerca i Universitats de Catalunya Grant No. 2021 SGR 01453; Fundació Privada Cellex; and Fundació Mir-Puig. M.R. acknowledges support from Ayuda PRE2021-098880 financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por el FSE+. V.G.L. acknowledges financial support from European Union NextGenerationEU (PNRR MUR project PE0000023 - NQSTI) and from the Italian Ministry of University and Research (MUR) project Budget MIUR - Dipartimenti di Eccellenza 023 - 2027 (Law 232, 11 December 2016) - Quantum Sensing and Modelling for On-Health (QuaSiModO). H.M. acknowledges financial support from the European Union's Horizon Europe research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie Grant Agreement No. 101081441. Y.M. acknowledges the support from China Scholarship Council (202206280171).

El proyecto se realiza dentro del marco del Acuerdo de Gobierno Quántica - Valle de la Mediterrània de les Ciències i les Tecnologies Quàntiques GOV/51/2022, impulsado por la Secretaria de Polítiques Digitals de la Generalitat de Catalunya.



Maria Fernandez manipulating the setup