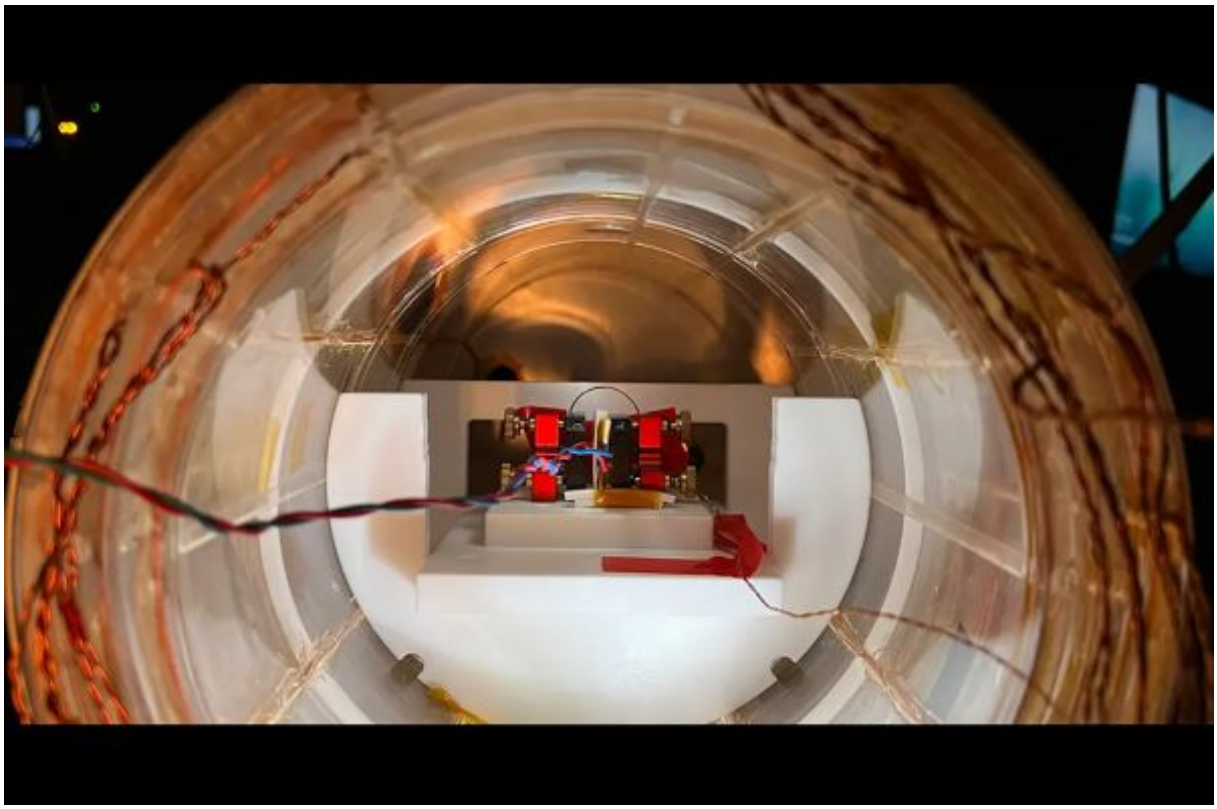


De camino hacia la miniaturizacion de los sensores atomicos: un nuevo metodo de lectura

Investigadores del ICFO proponen un nuevo metodo de lectura para sensores atomicos. El descubrimiento es un paso importante hacia la miniaturizacion de sensores como los magnetometros atomicos; un avance buscado por largo tiempo que incrementara su resolucion espacial, entre otras mejoras sustanciales.

June 13, 2024

Algunos dispositivos tecnologicos para la deteccion de alta precision se basan en el bombeo optico (es decir, el proceso en el que se utiliza la luz para elevar -o "bombear"- electrones desde un nivel de energia inferior en un atomo o molecula a uno de superior) y la fisica de espines en un vapor atomico (es decir, la fisica asociada con la evolucion y las interacciones de una propiedad magnetica intrinseca de los atomos, llamada espin). Por ejemplo, los magnetometros bombeados opticamente, uno de los dispositivos cuanticos mas sensibles para detectar campos magneticos muy debiles, 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 polarizacion de los espines electronicos (una propiedad relacionada con como se orientan dichos espines). Actualmente existen metodos de ultima generacion que mejoran la efectividad de la lectura, pero su rendimiento empeora a medida que se reducen las dimensiones de los sensores, frenando la miniaturizacion que la mayor parte de las tecnologias modernas persiguen.
La cuestion ha sido abordada recientemente por los investigadores del ICFO **Maria Hernandez**, **Yintao Ma** (tambien miembro de la Universidad Xi'an Jiaotong), **Hana Medhat**, la **Dra. Chiara Mazzinghi** (tambien miembro del Instituto Nazionale di Ottica, Sesto Fiorentino) y el **Dr. Vito Giovanni Lucivero** (tambien miembro de la Universita degli Studi di Bari Aldo Moro), dirigidos por el **Profesor ICREA en ICFO Morgan W. Mitchell**. En un articulo de Physical Review Applied, han demostrado **un nuevo metodo no destructivo para monitorear la polarizacion del espin electronico de un conjunto atomico y que, al mismo tiempo, permite la miniaturizacion del equipo**.

Una nueva tecnica para monitorizar la polarizacion de espines
En el estudio, los autores utilizaron tres componentes diferentes (cada uno de ellos bien establecido por si solo) y los juntaron, algo que nadie habia hecho antes.
El primer ingrediente fue el uso de un vapor atomico y la explotacion de sus propiedades opticas. En particular, utilizaron rubidio 87, una eleccion 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 optico. Estos elementos opticos, tambien conocidos como i¿½cavidades opticasi¿½, mejoran la lectura de los espines al aumentar la longitu
de interaccion entre los atomos de rubidio y la luz infrarroja, la cual se utiliza para sondear
os. Ademas, el vapor se coloco dentro de una celda de vapor denominada sis
ema microelectromecanico (MEMS, por sus siglas en ingles), ya que este tipo de celda permit
la miniaturizacion de sensores sin que esto perjudique su cali
ad. Y en tercer lugar el equipo realizo la lectura mediante la tecnica de Pound-Drever-Hall (P
H). El metodo PDH se utiliza ampliamente para medir cambios en la frecuencia o fase de la luz laser con una precision infinitesimal (por ejemplo, en la deteccion de ondas gravitacional
s). En este caso, enviando luz al medio y midiendo el cambio de fase a traves de PDH, los investigadores pudieron inferir indirectamente la polarizacion del espin atomico (ya qu
la primera depende de la segund
). En resumen, el equipo realizo una lectura PDH de la polarizacion del espin atomico
e un vapor de rubidio 87 alojado en una celda MEMS dentro de un resonador op**tico**.
resultados sugieren una lectura mejorada (y por tanto una mejor sensibilidad) incluso en celulas pequenas, un progreso por partida doble con respecto a intentos anteriores.

Beneficios para los futuros sensores atomicos

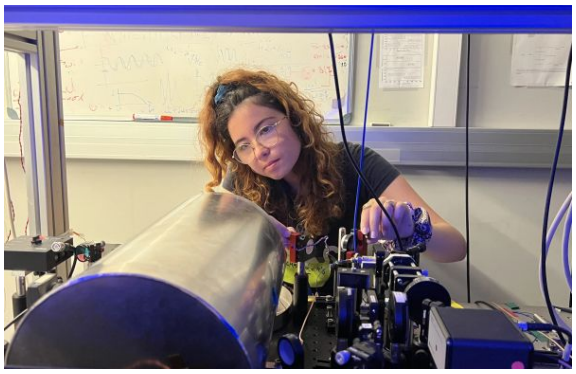
Los investigadores afirman que su metodo tiene potencial para proporcionar lecturas de alta eficiencia en instrumentos miniaturizados de metrologia y de deteccion en vapores atomicos. i¿½Este es un resultado importante ya que allana el camino hacia la miniaturizaci n de dispositivos de deteccion atomica que permitan una alta resolucion espacial en a deteccion de campos magneticos. Ademas, en principio, el metodo puede estar limitado p r ruido cuantico, lo que permitira aumentar la precision en sensores miniaturizados gracias a sus propiedades cuanticasi¿½, comparte Maria Hernandez, autora principal del artic lo. Hernandez ya ha empezado a construir un magnetometro optico basado en esta tecnica ara aplicaciones microbiomagneticas. La miniaturizacion de los magnetometros atomicos po ria dar como resultado sensores con resolucion espacial mejorada y que tambien podrian ser adecuados para i¿½espines exprimidosi¿½, un hito que el equipo esta deseando

Referencia bibliografica:

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.I1- Plan Complementario de Comunicaciones Cuanticas); Spanish Ministry of Science (MCIN) project SAPONARIA (PID2021-123813NB-I00); i¿½Severo Ochoai¿½ Center of Excell nce CEX2019-000910-S, Departament de Recerca i Universitats de la Generalitat de Catal nya Grant No. 2021 SGR 01453; Fundacio Privada Cellex; and Fundacio Mir-Puig. M. .R. acknowledges support from Ayuda PRE2021-098880 financiada por MCIN/AEI/10.13 39/ 501100011033 y por el FSE+. V.G.L. acknowledges financial support from European U ion NextGenerationEU (PNRR MUR project PE0000023 - NQSTI) and from the Italian Ministr of University and Research (MUR) project i¿½Budget MIUR - Dipartimenti di Eccellenza 023 - 2027i¿½ (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 SklodowskaCur e 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 i¿½Quantica - Valle de la Mediterrania de les Ciencies i les Tecnologies Quantiquesi¿½ GOV/51/2022, impulsado p r la Secretaria de Politicas Digitales de la Generalitat de Catalunai¿½



Maria Fernandez manipulating the setup