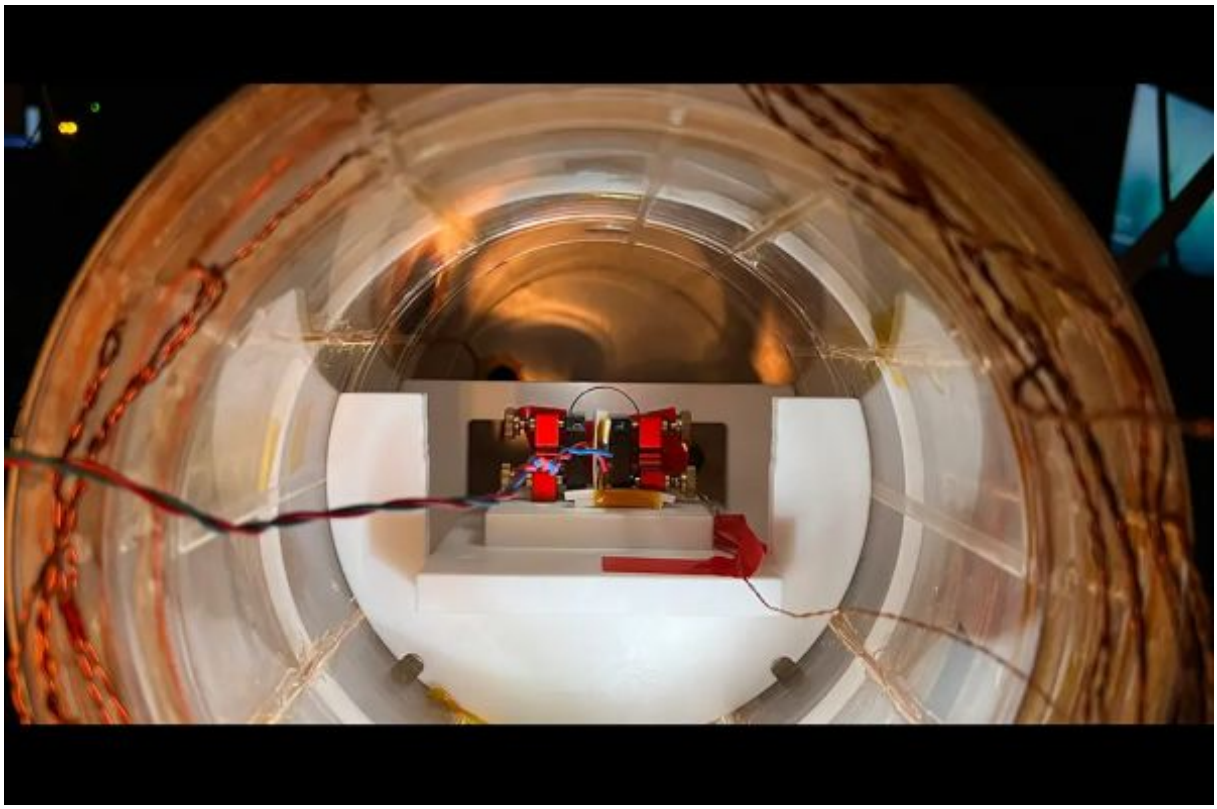


De cami cap a la miniaturitzacio dels sensors atomics: un nou metode de lectura

Investigadors de l'ICFO proposen un nou metode de lectura per a sensors atomics. El descobriment es un pas important cap a la miniaturitzacio de sensors com els magnetometres atomics; un avenc llargament buscat que incrementara la seva resolucio espacial, entre altres millores substancials.

June 13, 2024

Alguns dispositius tecnologics per a la deteccio d'alta precisio es basen en el bombeig optic (es a dir, el proces en que s'utilitza la llum per elevar -o "bombejar"- electrons des d'un nivell d'energia inferior en un atom o molecula a un de superior) i la fisica d'espins en un vapor atomic (es a dir, la fisica associada amb l'evolucio i les interaccions d'una propietat magnetica intrinseca dels atoms, anomenada espin). Per exemple, els magnetometres bombejats opticament, un dels dispositius quantics mes sensibles a l'hora de detectar camps magnetics molt febles, es basen en aquests dos principis.

Hi ha un element important que influeix en el grau de sensibilitat i que, per tant, pot comprometre el rendiment d'aquests instruments: la lectura de la polaritzacio dels espins electronics (una propietat relacionada amb com s'orienten aquests espins). Actualment hi ha metodes d'ultima generacio que milloren l'efectivitat de la lectura, pero el seu rendiment empitjora a mesura que es redueixen les dimensions dels sensors, frenant la miniaturitzacio que la major part de les tecnologies modernes persegueixen.
La qüestio ha estat abordada recentment pels investigadors de l'ICFO **Maria Hernandez**, **Yintao Ma** (tambe membre de la Universitat Xi'an Jiaotong), **Hana Medhat**, la **Dra. Chiara Mazzinghi** (tambe membre de l'Institut Nazionale di Ottica, Sesto Fiorentino) i el **Dr. Vito Giovanni Lucivero** (tambe membre de la Universitat degli Studi di Bari Aldo Moro), dirigits pel **Professor ICREA de l'ICFO Morgan W. Mitchell**. En un article de Physical Review Applied, han demostrat un **nou metode no destructiu per monitoritzar la polaritzacio de l'espin electronic d'un conjunt atomic i que, a la vegada, permet la miniaturitzacio de l'equip**.

Una nova tecnica per a monitoritzar la polaritzacio d'espins
A l'estudi, els autors van utilitzar tres components diferents (cadascun ben establert per si mateix) i els van ajuntar, cosa que ningu havia fet abans.
El primer ingredient va ser l'us d'un vapor atomic i l'explotacio de les seves propietats optiques. En particular, van utilitzar rubidi 87, una eleccio molt habitual quan es tracta de sensors, degut a la seva sensibilitat natural als canvis externs del seu entorn.
El segon va ser l'us d'un ressonador optic. Aquests elements optics, tambe coneguts com a i¿½cavitats optiquesi¿½, milloren la lectura dels espins en augmentar la longitud d'intera cio entre els atoms de rubidi i la llum infraroja, la qual s'utilitza per sondejar-los. A mes, el v por es va col·locar dins d'una cel·la de vapor anomenada sistema microelectromecanic MEMS, per les sigles en angles), ja que aquest tipus de cel·la permet la miniaturitzacio de ensors sense que aixo en perjudiqui la qu
litat. I en tercer lloc l'equip va fer la lectura mitjancant la tecnica de Pound-Drever-Hall (P H). El metode PDH s'utilitza ampliament per mesurar canvis en la freqüencia o fase de la ll m laser amb una precisio infinitesimal (per exemple, en la deteccio d'ones gravitacionals). E aquest cas, enviant llum al medi i mesurant el canvi de fase a traves de PDH, els investiga ors van poder inferir indirectament la polaritzacio de l'espin atomic (ja que la primera dep n de la s
gona). En resum, l'equip va fer una lectura PDH de la polaritzacio de l'espi atomic d'un vapor de rubidi 87 col·locat en una cel·la MEMS dins un ressonador optic. **Els resultats suggereixen una lectura millorada (i per tant una millor sensibilitat) fins i tot en cel·lules petites**, un progres per partida doble respecte a intents anteriors.

Beneficis per als futurs sensors atomics
Els investigadors afirmen que el metode te potencial per a proporcionar lectures d'alta

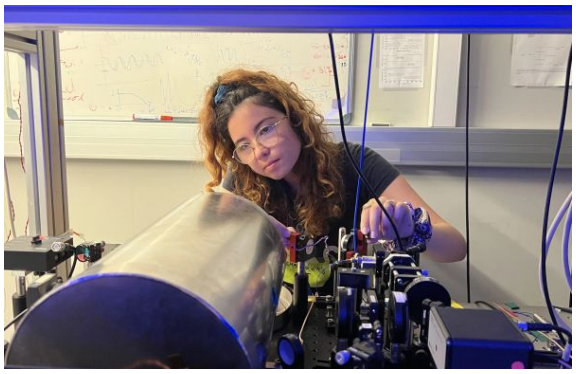
eficiencia en instruments miniaturitzats de metrologia i de deteccio en vapors atomics. i¿½Aquest es un resultat important ja que aplana el cami cap a la miniaturitzacio e dispositius de deteccio atomica que permetin una alta resolucio espacial en la deteccio e camps magnetics. A mes, en principi, el metode pot estar limitat per soroll quantic, cosa q e permetra augmentar la precisio en sensors miniaturitzats gracies a les seves propieta s quantiquesi¿½, comparteix Maria Hernandez, autora principal de l'arti le. Hernandez ja ha comencat a construir un magnetometre optic basat en aquesta tecnica p r a aplicacions microbiomagnetiques. La miniaturitzacio dels magnetometres atomics po ria donar com a resultat sensors amb resolucio espacial millorada i que tambe podrien ser adequats per a i¿½espins espremutsi¿½, una fita que l'equip esta desitjant aco

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).

Agraiments:

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 projecte es realitza dins del marc de l'Acord de Govern i¿½Quantica - Vall de a Mediterrania de les Ciencies i les Tecnologies Quantiquesi¿½ GOV/51/2022, impulsat pe la Secretaria de Politiques Digitals de la Generalitat de Catalunya.



Maria Fernandez manipulating the setup