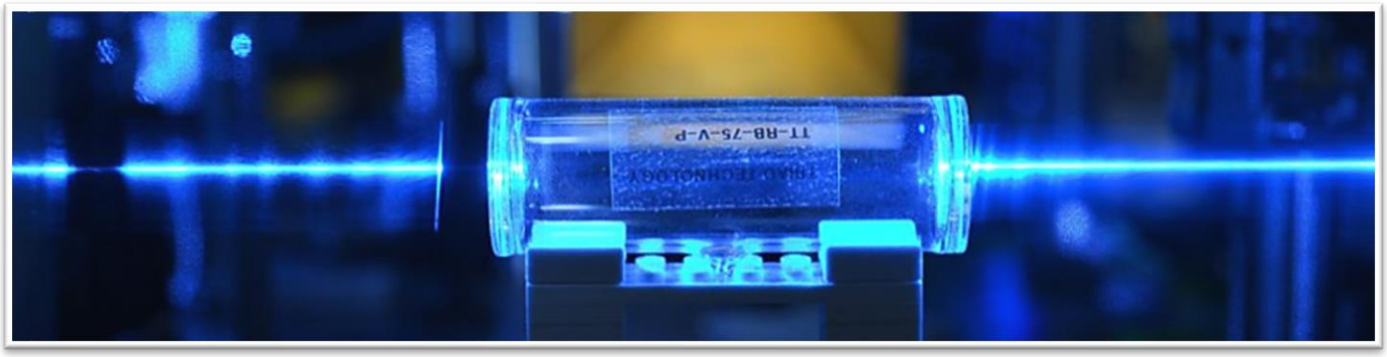
Receptores cuánticos: Los átomos grandes crean receptores cuánticos pequeños y supersensibles

Computación cuántica, Investigación / Por Paul Smith-Goodson, Patrick Moorhead
Traducido por Fernando Gómez – EA7KJE (20/05/2022)



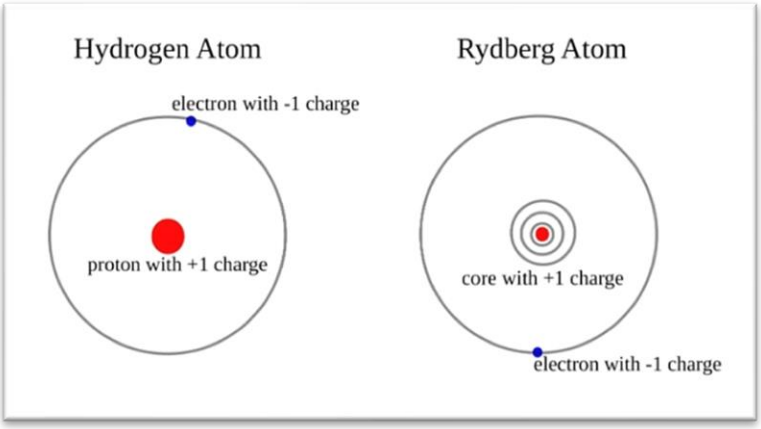
ARMADA DE ESTADOS UNIDOS

La física clásica describe cómo las cosas grandes se comportan e interactúan en nuestro mundo físico. Lance una pelota al aire y sabrá que subirá y bajará en un camino predecible cada vez. En el reino cuántico, si pudieras arrojar algo, podría caer, o podría no, o podría caer en otra ciudad. Eso se debe a que la mecánica cuántica gobierna el mundo ultrapequeño de los átomos, electrones y fotones. Es un mundo invisible donde las partículas desaparecen misteriosamente y luego reaparecen, donde las partículas ejercen una influencia sobre otras partículas distantes y desconectadas, y donde las partículas pueden asumir muchos valores cuánticos al mismo tiempo. Para agregar a la extrañeza, algunos científicos creen que las partículas cuánticas pueden viajar en el tiempo. En contraste, otros creen que las partículas se comportan de manera extraña porque entran y salen de universos alternos.

A pesar de la rareza cuántica, los científicos han utilizado estas extrañas propiedades para crear computadoras poderosas y dispositivos cuánticos ultrasensibles para comunicaciones, mediciones y detección.

Cuántica en el campo de batalla

La detección cuántica es un área de interés para nuestro ejército porque es útil dentro y fuera del campo de batalla. Por esa razón, los científicos del Ejército están realizando investigaciones de vanguardia y explorando el uso de la detección cuántica para aplicaciones tales como detección de submarinos, comunicaciones submarinas, geolocalización, navegación y comunicaciones.



A la izquierda, modelo de Bohr del átomo de hidrógeno con un protón orbitado por un electrón. Derecha, modelo de Bohr de un átomo con electrones internos y un electrón de valencia excitado en un estado de Rydberg.

JACOB T. PAUL, DEPARTAMENTO DE FÍSICA URSINUS COLLEGE

El Ejército está construyendo radios cuánticas experimentales utilizando átomos de Rydberg creados a partir de rubidio, un metal alcalino. Los átomos de metales alcalinos se utilizan porque tienen un solo electrón de valencia en la capa exterior. El electrón de valencia está débilmente unido al átomo porque es el único electrón en su nivel de energía y está protegido del núcleo por los electrones del núcleo interno. Para crear un átomo de Rydberg, los láseres excitan el electrón externo para moverlo hacia arriba en muchos niveles de energía. Debido a la ubicación extrema de su electrón exterior, un átomo de Rydberg suele ser muy grande.

Laboratorio de Investigación del Ejército

Laboratorio de Investigación del Ejército de EE.UU.
USA Army

Recientemente hablé con David Meyer, Kevin Cox y Paul Kunz, un equipo de científicos investigadores del Laboratorio de Investigación del Ejército del Comando de Desarrollo de Capacidades de Combate del Ejército de EE.UU.

El equipo está perfeccionando un sensor cuántico que anunciaron previamente como el primer receptor de radio cuántico del mundo que utiliza átomos de Rydberg. Sin embargo, no usted escuchará una radio cuántica personal en el corto plazo. Según Kunz, su investigación podría tardar años en convertirse en productos comerciales.

Cox aclaró aún más la misión del laboratorio y dijo: "Nuestro principal enfoque de investigación es encontrar formas en general y en teoría, de que los sensores cuánticos puedan ser útiles para las aplicaciones del Departamento de Defensa. Estamos interesados en cómo los sensores cuánticos pueden ser útiles para las comunicaciones militares, la guerra electrónica u otras aplicaciones de detección militares".

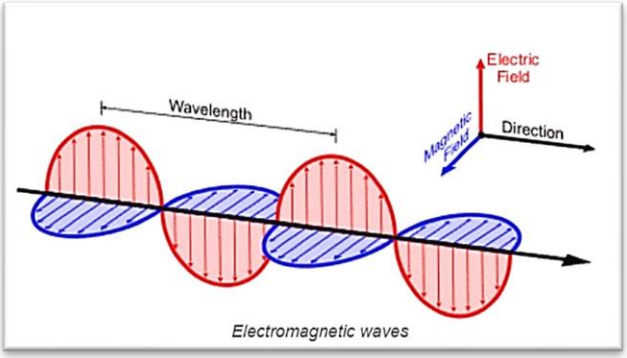
Aunque los investigadores tienen el objetivo a largo plazo de perfeccionar los receptores de radio cuánticos para fines militares Kuntz señaló que los sensores también tienen el potencial de usarse como estándar de calibración.

Aunque los sensores de Rydberg son de naturaleza cuántica, pasarán muchos años antes de que los sensores incorporen una de las propiedades cuánticas más útiles llamada entrelazamiento, un estado en el que las partículas actúan de manera similar y dependen unas de otras. Con esta maraña, la señal recibida mejorará en gran medida en relación con el ruido y conducirá a capacidades de recepción aún más avanzadas.

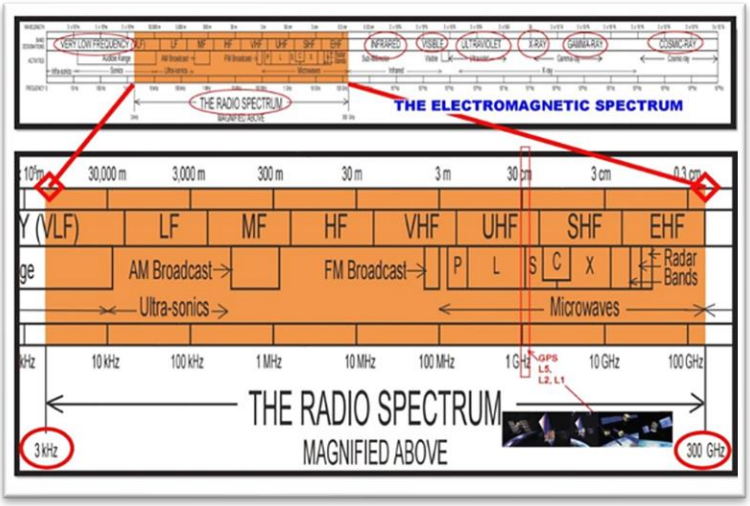
Cómo captan los sensores cuánticos las ondas de radio

Las comunicaciones por radio son esenciales para muchas aplicaciones, como las comunicaciones en el campo de batalla, la gestión de desastres e incluso las comunicaciones internacionales con nuestras embajadas.

Una señal de radio transmitida consta de un campo magnético y un campo eléctrico. La información, como la voz, la música o los datos, crea cambios en esos campos. Los átomos de Rydberg son ultrasensibles a las variaciones en los campos eléctricos transmitidos, lo que les permite detectar señales débiles en una amplia gama de frecuencias.



Campos eléctricos y magnéticos en una señal de radio.
weather.gov



Espectro de radio de 0 a 100 GHz
transportation.gov

Según los investigadores del Ejército, una radio cuántica será lo suficientemente portátil para que los soldados la lleven sin ser detectada. También podrá recibir señales de comunicación en todo el espectro de radio, desde cero hasta 100 GHz, dijeron los investigadores. Una gran ventaja es que el dispositivo también puede actuar como su propia antena. Una cobertura de frecuencia tan amplia con una sola antena no es posible con los receptores tradicionales. Para recibir esa gran parte del espectro de radiofrecuencia se necesitarían varios receptores que utilizaran varias antenas, amplificadores y otros componentes.

“Creo que es interesante que los límites físicos fundamentales de los sensores cuánticos sean diferentes de las limitaciones fundamentales de los sistemas receptores clásicos. Eso ha llevado a nuevas conversaciones entre físicos e ingenieros de antenas y una polinización cruzada de ideas. Conseguir ese tipo de integración con una nueva comunidad y la unión de dos ideas diferentes es uno de los aspectos realmente interesantes de esta investigación”. – Kevin Cox, científico de investigación cuántica del Ejército.

Por qué se necesitan receptores cuánticos

Para que un receptor moderno reciba señales de RF débiles y distantes, debe usar antenas grandes y direccionales de alta ganancia sintonizadas a la frecuencia transmitida. Los diferentes segmentos del espectro de radio requieren múltiples antenas diseñadas para coincidir con la longitud de onda de la señal transmitida. Las empresas que dependen de las señales de RF para comunicarse hacen todo lo posible para mejorar la recepción y capturar señales muy débiles.

TECNOLOGÍAS HYSKY

Charlie Maynard, CEO de HySky, es un experto en la tecnología necesaria para la recepción de señales débiles. Él dijo: “Nuestro sistema filtra las señales débiles e inutilizables del ruido y las hace utilizables. Nuestro hardware, software y antenas especializados nos permiten transmitir señales equivalentes a la potencia de subvatios de un walkie-talkie barato, y luego recuperar señales mezcladas con ruido a una distancia de hasta dos mil millas”.

El autor frente a grandes antenas de bucle magnético sintonizadas para recibir señales en la porción de 3 a 30 MHz del espectro electromagnético. Para recibir señales de todas las direcciones se requiere una matriz totalmente equipada que contenga 32 de estos grandes bucles que ocupan más de un acre de terreno.

No estamos solos

No hay duda de que una radio cuántica en funcionamiento proporcionaría a nuestro ejército una ventaja significativa. Sin embargo, nuestros científicos no son los únicos que investigan los átomos de Rydberg. Según Cox, en los últimos años ha habido un interés creciente en el estudio de los átomos de Rydberg para la detección de campos eléctricos. La otra investigación se ha realizado principalmente en los Estados Unidos, Europa y China.

Además de su utilidad militar, una radio cuántica reduciría significativamente la complejidad y el tamaño de los grandes sistemas de recepción. Maynard dijo que ha estado siguiendo la investigación del Ejército sobre receptores cuánticos. Dijo que si la tecnología de recepción de Rydberg alguna vez se convirtiera en un producto comercial, definitivamente sería un "cambio de juego".