DES DIAMANTS BLEUS POUR COMPRENDRE L'INTERACTION SPIN-ORBITE

Des mesures d'absorption optique à très haute résolution ont permis de comprendre le spectre lumineux du diamant synthétique dopé au bore, dans le cadre d'une collaboration internationale entre le GEMaC et l'université de Kyoto (Japon).

Le diamant de synthèse de haute pureté a de vastes applications industrielles, notamment dans le domaine de l'électronique à semiconducteurs. L'introduction d' impuretés permet de leur conférer une conductivité électrique, cruciale pour les composants. Les atomes de bore donnent au diamant leur couleur bleue caractéristique. La façon dont l'exciton, une excitation élémentaire du cristal, interagit avec ces impuretés était objet de controverse depuis plus de vingt ans. En effet, les raies de luminescence de ces diamants bleus n'étaient pas expliquées par le modèle faisant référence en physique des semi-conducteurs.

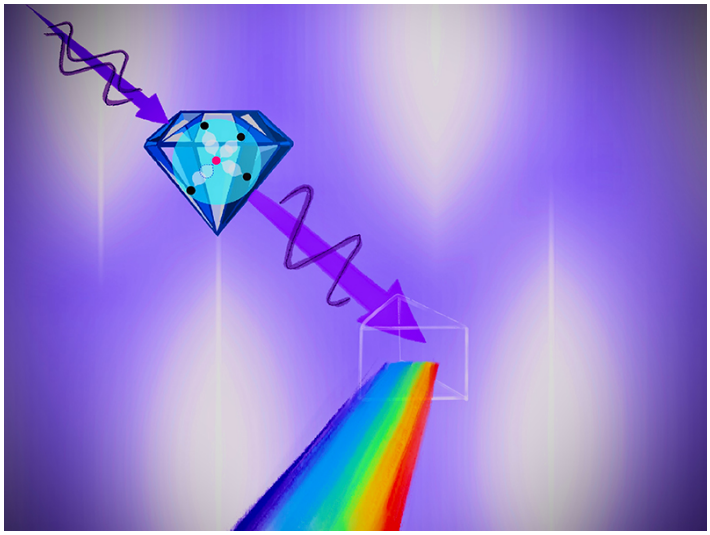
Une collaboration internationale entre le GEMaC et le groupe de spectroscopie du solide de l'université de Kyoto, dans le cadre d'un projet PICS du CNRS, a permis de résoudre cette énigme. Ce sont des expériences d'absorption à haute résolution qui ont permis de découvrir l'origine de ces raies spectrales. Un nouveau modèle de l'interaction spin-orbite

dans les complexes excitoniques localisés sur les impuretés a été proposé comme cadre plus général.

« Nous avons dépassé la limite de résolution énergétique des mesures de luminescence conventionnelles en observant directement la structure fine des excitons liés dans le diamant bleu dopé au bore, grâce à l'absorption optique », explique Nobuko Naka, chef d'équipe à la Graduate School of Science de l'université de Kyoto.
« Nous avons émis l'hypothèse que, dans un exciton, deux trous chargés positivement sont plus fortement liés qu'une paire électron-trou », ajoute Shinya Takahashi, premier auteur de l'étude. « Cette structure d'exciton liée à l'accepteur a produit deux triplets séparés par une interaction spin-orbite de 14,3 meV, ce qui confirme l'hypothèse. »

La luminescence résultant de l'excitation thermique peut être utilisée pour observer les états de haute énergie, mais la méthode de mesure actuelle élargit les lignes spectrales et estompe les séparations les plus fines. Les scientifiques ont donc refroidi le cristal de diamant à des températures proches du zéro absolu. Cela a permis d'obtenir neuf pics sur le spectre d'absorption dans l'ultraviolet profond, contre quatre habituellement avec la luminescence. En outre, les chercheurs et chercheuses ont développé un modèle analytique incluant l'effet spin-orbite pour prédire l’énergie des raies et leur intensité d'absorption.
« Dans les études futures, nous envisageons la possibilité de mesurer l’absorption sous des champs externes, ce qui conduirait à une division supplémentaire des lignes et à une validation due aux changements de symétrie. », explique Julien Barjon, du GEMaC.

« Nos résultats fournissent des indications utiles sur les interactions spin-orbite dans des systèmes autres que les matériaux à l'état solide, tels que la physique atomique et nucléaire. Une compréhension plus approfondie des matériaux peut améliorer les performances des dispositifs en diamant, tels que les diodes électroluminescentes, les émetteurs quantiques et les détecteurs de rayonnement », note Naka.



Credit: KyotoU/Nobuko Naka

Référence

S. Takahashi, Y. Kubo, K. Konishi, R. Issaoui, J. Barjon, N. Naka
"Spin-Orbit Effects on Exciton Complexes in Diamond"
Physical Review Letters 132 (2024) 096902

Lien connexe

https://www.kyoto-u.ac.jp/en/research-news/2024-02-28

Contact: Julien Barjon