



333 - Mars 2024



BRÈVES DE L'IRAMIS



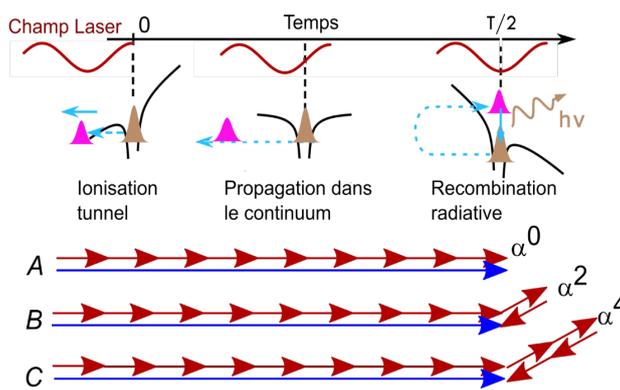
Décomposition en processus photoniques de la génération d'harmoniques d'ordre élevé en champ fort

Thierry Ruchon : tél : 01.69.08/70.10, thierry.ruchon@cea.fr (LIDYL/Atto)

Les flashes de lumière attoseconde constituent l'outil incontournable pour suivre la dynamique des électrons dans les atomes, les molécules ou la matière condensée. Ces impulsions laser ultra-courtes peuvent être obtenues par génération d'harmoniques d'ordre élevé (GHOE) produite par l'interaction d'un champ laser très intense avec la matière. Le processus en 3 étapes (voir figure) est habituellement expliqué de la façon suivante : l'ionisation partielle de la matière, au voisinage d'un maximum du champ électrique du faisceau laser, l'accélération de la partie ionisée du paquet d'onde électronique par le même champ laser, suivi d'une recombinaison avec l'ion parent, lorsque l'électron repasse près du cœur ionique. Lors de cette dernière étape, l'excès d'énergie cinétique du paquet d'ondes électronique est libérée sous la forme de rayonnement dans l'extrême Ultra-Violet. Ce modèle est extrêmement utile pour prédire de nombreuses propriétés de la GHOE, comme son rendement, l'extension spectrale du rayonnement en fonction des paramètres du laser, la réponse à des polarisations variées... À l'inverse aucune description

entièrement satisfaisante en terme de "chemins de photon" ne permettait de décrire le phénomène. Une nouvelle expérience, menée dans l'équipe ATTO du LIDYL, permet de proposer une telle interprétation. Elle montre que la génération d'une harmonique par GHOE résulte de l'addition cohérente de plusieurs processus qui interfèrent : au-delà du nombre minimum de photons requis pour produire une harmonique donnée, des paires de photons supplémentaires, associées

à la combinaison d'une absorption et d'une émission stimulée sont mises en jeu. Un modèle très simple permet de dénombrer les différentes voies contributives et de rendre compte des résultats expérimentaux avec une excellente fidélité. Cette approche est un nouveau pas décisif dans la longue quête d'une "image photonique" de la GHOE, qui offre de nouvelles pistes de réflexions sur les processus quantiques en jeu dans le régime en champ fort.



(Haut) Modèle de champ fort de la GHOE. (Bas) Diagramme des processus identifiés pour la génération de l'harmonique $q=9$. Le schéma A correspond à la description habituelle, mettant en jeu q photons du laser pilote pour produire l'harmonique q . En utilisant un second faisceau laser non colinéaire au premier, les processus B et C, mettant en jeu respectivement une et deux paires supplémentaires de photons, et interférant avec le premier, ont pu être mis en évidence. En fonction de l'intensité de ce deuxième faisceau, ils peuvent même devenir les chemins dominants. La GHOE, est donc généralement le produit de l'interférence de nombreux "chemins de photons", ce qui explique son rendement particulier.

Références :

[1] Photon pathways and the non-perturbative scaling law of high harmonic generation. M. Vimal, et al., *Phys. Rev. Lett.* 131 (2023) 203402.

Brèves des labos



Premiers neutrons sur le diffractomètre petits angles SAM à l'Institut Laue Langevin

La Diffusion de Neutrons aux Petits-Angles - DNPA est une technique qui permet d'explorer la structure et la dynamique d'objets peu organisés (non cristallisés), tels ceux que l'on désigne par "Matière molle". Elle permet l'étude de structures "mésoscopiques" que l'on retrouve dans un grand nombre de thèmes de recherche en matière molle et condensée, biophysique et science des matériaux.

Après quatre années de conception et d'installation, le spectromètre "SAM-Small-Angle Modular Instrument" implanté à L'ILL de Grenoble a reçu ses premiers neutrons marquant l'entrée en phase de test début mars 2024. L'ouverture aux expériences est prévue dès Juin 2024. Bravo à l'équipe et à la collaboration LLB-ILL.



Après des études de physique à l'ENS Ulm, Mylène Sauty a réalisé une thèse à l'École Polytechnique sur l'étude des propriétés optoélectroniques des nitrures semi-conducteurs, matériaux qui composent les LED pour l'éclairage basse consommation. Elle a ensuite réalisé un court post-doc à l'université de Cambridge, puis rejoint le SPEC en décembre 2023 dans le groupe LEPO, où elle étudie la dynamique des électrons dans les matériaux et dispositifs pour l'optoélectronique.

Mylène Sauty : tél : 01.69.08/36.26, mylene.sauty@cea.fr

Effet de localisation dans le transport de photoélectrons, induit par le désordre d'alliage dans l'InGaN

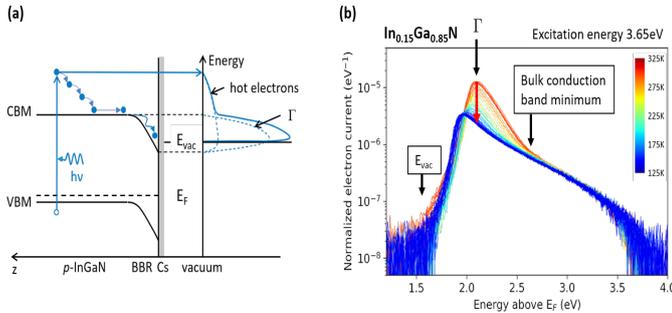
Un résultat scientifique marquant de sa thèse au Laboratoire de Physique de la Matière Condensée - PMC de l'École polytechnique, a été l'observation d'états électroniques localisés dus au désordre d'alliage dans l'InGaN. L'InGaN constitue la partie active des dispositifs LED nitrures, aujourd'hui utilisées mondialement pour l'éclairage basse consommation. Alliage ternaire de GaN et d'InN, le gap et donc l'énergie d'émission de l'InGaN sont déterminés par la concentration en indium. On fabrique à l'heure

si le désordre d'alliage, intrinsèque dans les alliages ternaires, est suffisamment fort pour induire des états localisés pour les électrons de basse énergie. Pour ceci, les propriétés des électrons de conduction de l'InGaN dopé p ont été sondés par spectroscopie de photoémission à basse énergie. Les spectres montrent que le rendement quantique de photoémission chute lorsque la température diminue, ce qui est expliqué par le gel du transport des électrons accumulés dans le bas de la bande de conduction. Ce phénomène,

non présent dans le GaN non désordonné, est la signature d'un transport électronique par sauts entre états localisés, activé thermiquement.

Des travaux théoriques plus récents montrent que les nombreux trous, présents dans l'échantillon p étudié, jouent probablement un rôle important pour la localisation de ces électrons.

Sauty et al., Phys. Rev. Lett. 129, 216602



Dépendance en température de la distribution en énergie des électrons photoémis dans l'InGaN. (a) Principe de la photoémission basse énergie. Une grande partie des électrons photoexcités dans le volume de l'InGaN s'accumulent dans le bas de la bande de conduction avant de rejoindre la surface et d'être émis, donnant lieu à la contribution Γ . (b) Données expérimentales sur l'InGaN. La contribution des électrons de basse énergie Γ disparaît à basse température, en raison du gel du transport électronique par sauts entre états localisés.