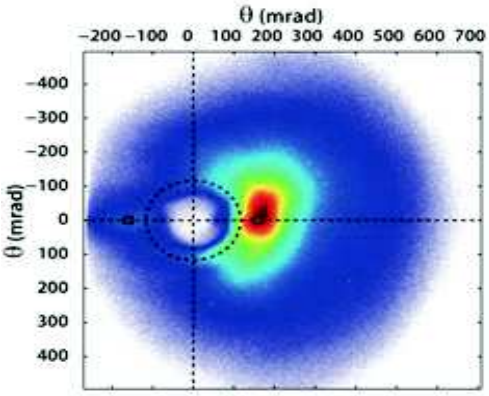
Institut Rayonnement Matière de Saclay
Brèves de l'IRAMIS
N° 252 - Mars 2016
iramis-i.cea.fr

Accélérer des électrons à haute énergie avec des impulsions de lumière laser

Fabien Quéré : tél : 01.69.08 /10.89, fabien.quere@cea.fr

En concentrant la lumière sur des durées femtosecondes (10^{-15} s), les impulsions laser peuvent atteindre des puissances instantanées considérables (~ 1 PW, soit 10^{15} W) et donc des amplitudes extrêmement élevées du champ électrique associé (~ TéraV/m, soit 10^{12} V/m). Ainsi, l'un des intérêts majeurs des lasers femtosecondes ultra-intenses est de permettre d'accélérer des particules à de très hautes énergies sur des distances très courtes. Dans le numéro 247 de Brèves, nous décrivions le mécanisme d'accélération des électrons par plasmons de surface, démontré expérimentalement par l'équipe Physique à Haute Intensité du LIDYL. C'est un autre mécanisme d'accélération, appelé « Vacuum laser Acceleration », qui vient d'être mis en évidence. Comme le surfeur qui va chercher la vague et en avançant avec elle peut continûment profiter de sa pente, l'injection d'électrons relativistes (avec une vitesse très proche de celle de la lumière) dans le faisceau laser peut théoriquement permettre l'accélération recherchée, en profitant pleinement des champs électriques gigantesques associés aux impulsions laser ultracourtes. Cette accélération « dans le vide » de particules chargées par un champ laser intense, a été démontrée expérimentalement pour la première fois par le groupe PHI, dans le cadre d'une collaboration avec le Laboratoire d'Optique Appliquée (ENSTA-X-CNRS). L'interaction de l'impulsion laser avec une cible solide (miroir plasma) permet d'obtenir l'injection idéale d'électrons qui, éjectés du plasma avec une énergie de 1,5 MeV, surfent sur l'impulsion laser, et atteignent des énergies de l'ordre de 10 MeV sur une distance de 80 µm. Les applications potentielles pour de tels faisceaux d'électrons vont de la diffraction électronique ultrarapide jusqu'à la perspective d'utiliser des faisceaux lasers intenses pour réaliser des accélérateurs compacts d'électrons de très haute énergie.

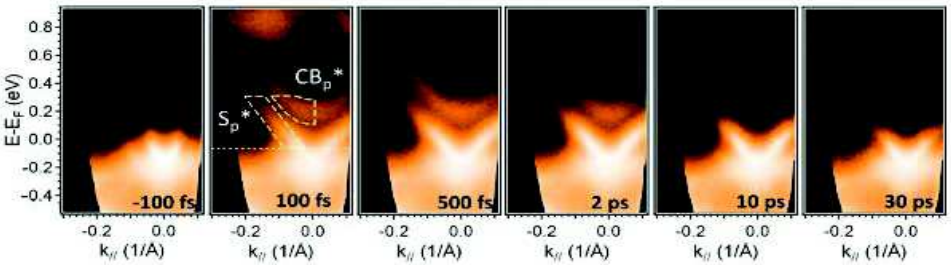


Profil spatial du faisceau d'électrons produits par « Vacuum Laser Acceleration ». Les couleurs reflètent le nombre d'électrons émis dans une direction donnée. L'angle 0 correspond à la direction de réflexion du laser par la cible et le spectre d'énergie des électrons est centré sur 10 MeV. Le faisceau d'électrons de haute énergie est bien visible au centre de la figure (tache rouge) tandis que peu d'électrons sont émis dans la direction du faisceau lumineux réfléchi (tache blanche).

Réalisation d'un isolant topologique par excitation laser

Luca Perfetti : tél : 01.69.33.45.56, luca.perfetti@polytechnique.edu

Les nouvelles technologies permettant de stocker ou transmettre de l'information sont en plein essor. De ce point de vue, les isolants topologiques tels que les chalcogénures de bismuth (Bi_2Te_3, Bi_2Te_2Se, ...), sont des matériaux intéressants pour les propriétés remarquables de leurs états électroniques de surface. Cependant, isoler et exploiter ces états de surface nécessite que le volume du matériau soit isolant, condition qui, à cause de la présence d'impuretés cristallines, est rarement satisfaite. Une série d'expériences effectuées sur l'installation Femto-ARPES du LSI montre qu'il est toutefois possible d'isoler la dynamique des électrons des états de surface par des manipulations ultrarapides résolues en temps (Figure). Les électrons du Bi_2Te_3 sont excités, en surface comme en volume, par des impulsions laser ultra-brèves de 1.5 eV. Après un délai variable, une impulsion dans le domaine ultraviolet permet de sonder, par photoémission, les états excités ainsi peuplés. Les mesures montrent qu'il est possible d'obtenir un gaz bidimensionnel d'électrons excités et de relativement longue durée de vie, dans des états de surface des isolants topologiques. Notamment, c'est la courbure des bandes électroniques en volume et l'accumulation de charges électriques dans la zone à fleur de surface qui interdit toute relaxation des électrons vers le volume proprement dit. Au-delà du résultat fondamental, cette observation est un pas supplémentaire vers l'exploitation d'états quantiques polarisés en spin pour le traitement de l'information.



Dynamique des électrons dans les états de surface de $Bi_{2.2}Te_3$ (dopé p) au niveau d'un cône de Dirac, mesurée par photoémission résolue en temps. Les diagrammes représentent l'intensité mesurée en fonction de l'énergie des photoélectrons et de leur vecteur d'onde, pour différents délais après l'impulsion excitatrice. CB_p désigne la bande de conduction de volume et S_p le cône de Dirac (états de surface).