

Étude de la sensibilité du quartz aux radiations ionisantes

Applications au domaine de l'aérospatial

Dans les systèmes spatiaux, le quartz est largement employé dans la conception des oscillateurs ultra-stables (OUS) pour différentes applications en science, en navigation ou dans les télécommunications. Aussi les effets d'irradiation dus au rayonnement cosmique sont responsables d'une dérive en fréquence des OUS, entraînant de facto une diminution des performances des systèmes de mesures embarqués dans les satellites. Nombre de travaux publiés ces dernières années mettent en exergue la contribution majeure des impuretés chimiques présentes au sein du matériau quartz face à la très forte susceptibilité des OUS aux irradiations. L'objectif de la présente étude initiée par le Centre national d'études spatiales (CNES) en 2004 est double. Il consiste, dans un premier temps, en l'identification, la quantification et la compréhension des mécanismes responsables de la sensibilité du quartz aux radiations ionisantes. Pour simuler les conditions d'irradiation en orbite, les irradiateurs gamma de l'ONERA à Toulouse et du LPCP au CEA Marcoule sont utilisés. Les mécanismes ainsi identifiés doivent être corrélés, dans un second temps, avec les variations en fréquence des oscillateurs dans le but de limiter leurs effets néfastes pour le bon fonctionnement des OUS.

L'utilisation conjointe de la spectroscopie infrarouge (FEMTO-ST, Besançon), de la spectroscopie de relaxation diélectrique (ICG, Montpellier), de la thermoluminescence (CRP2A, Bordeaux) et de la résonance paramagnétique électronique (LSI, Palaiseau), associée à la contribution riche du fabricant français de quartz synthétiques GEMMA et d'autres collaborateurs internationaux a permis de confirmer, de façon claire et non équivoque, le rôle fondamental des impuretés dans la sensibilité aux radiations du matériau quartz. Il s'agit pour une part essentielle d'ions alcalins incorporés en position interstitielle dans le réseau cristallin durant la phase de croissance hydrothermale. La corrélation, récemment établie, entre les propriétés de thermoluminescence du quartz et les dérives en fréquence des OUS soumis à l'irradiation a permis de jeter un pont inédit entre des caractéristiques macroscopiques, les vibrations propres des quartz piezo-électriques, et des propriétés électroniques à l'échelle microscopiques telle que la capture ou l'éviction thermique de charges piégées au niveau des défauts ponctuels associés aux alcalins. Ces principaux résultats seront discutés dans le cadre de ce séminaire.