

Titre : Laser à semiconducteur pompé optiquement bifréquence pour les horloges atomiques à piégeage cohérent d'atomes de césium

Keywords : Laser à semiconducteur, métrologie

Résumé : Les horloges atomiques à piégeage cohérent de population (CPT) constituent aujourd'hui un outil idéal pour la réalisation de références de fréquence stables, compactes et à faible consommation énergétique. Dans le cas des horloges à base de césium, elles nécessitent l'utilisation d'un champ laser bifréquence à 895 nm (raie D1) ou à 852 nm (raie D2) et dont la différence entre les fréquences optiques est égale à 9,19 GHz, soit l'écart entre les niveaux hyperfins du niveau fondamental. Nous proposons une nouvelle solution pour générer ce champ laser, à partir d'un unique laser à semiconducteur pompé optiquement et à émission bipolarisée et bifréquence.

Dans ce manuscrit, nous étudions la conception d'une telle source dont l'émission est accordable en fréquence sur la transition D2 du césium. Nous détaillons tout particulièrement le choix des éléments intracavité et de la structure semiconductrice utilisée. Nous décrivons ensuite la mise en uvre expérimentale et la caractérisation d'un prototype. Nous présentons les deux boucles d'asservissement que nous avons mises en place pour verrouiller la fréquence optique du laser sur la transition du césium, et la différence de fréquence sur la fréquence délivrée par un oscillateur local. Nous effectuons une modélisation et une caractérisation complète des trois types de bruits du laser, à savoir le bruit d'intensité, le bruit de fréquence optique, et le bruit de phase du signal généré par battement entre les modes laser. Enfin, nous montrons les premiers résultats expérimentaux de piégeage cohérent d'atomes de césium réalisé avec le prototype et étudions les caractéristiques du signal obtenu. Finalement nous établissons un budget de bruit d'une horloge CPT, en nous appuyant sur l'estimation de l'impact de chacun des bruits laser précédemment étudiés. Après avoir identifié les limites du système actuel, nous proposons quelques pistes d'améliorations du laser bifréquence, reposant sur la réduction du bruit d'intensité laser et sur la modification de la structure semiconductrice.

