



量子干渉効果による小型時計用発振器の高安定化の基礎研究

Basic research for enhancing the stability of small clock oscillators based on quantum interference

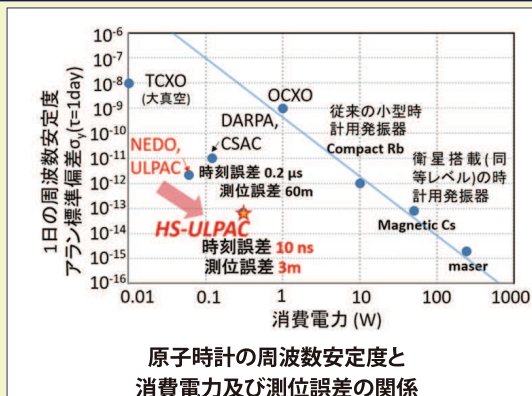
研究のポイント

- ◆原子時計の安定性を阻害する各種周波数変動要因を根本から解明
- ◆測位衛星搭載の原子時計の性能レベルを小型低消費電力で実現
- ◆プロトタイプモジュールによる車載環境での性能評価・実証

背景とねらい

※1 原子時計:原子に固有の振動を活用した高精度な時計

本研究は測位衛星からの電波が途絶しても高精度測位を維持可能とするための小型時計用の高精度発振器(原子時計※1)として、測位衛星搭載の原子時計と同等の性能を有し、かつ、手のひらサイズで低消費電力な原子時計(High Stability Ultra Low Power Atomic Clock(以下HS-ULPACと呼ぶ))を実現するための基礎研究として、安定性を阻害する各種周波数変動要因の解明及び車載環境でも機能するプロトタイプモジュールを試作し、性能評価・実証を行う。



研究成果

- ※2 MEMSガスセル:Micro Electro Mechanical Systems ガスセル(微小電気機械システムガスセル) 半導体製造技術を活用した微細加工技術で作製したセシウムガスを封入した小部屋
- ※3 ECDL: External Cavity Diode Lasers (外部共振器型半導体レーザー) 外部に作製した共振器によって周波数だけを広帯域にわたって制御可能な半導体レーザー
- ※4 魔法磁場:磁場変動に対して周波数変動が小さい領域を持つこと
- ※5 CPT: Coherent Population Trapping (コヒーレントポピュレーショントラッピング) 原子と電磁波の共鳴現象の一種

- 水晶発振器において、振動補償を用いて、加速度感度0.1ppb/G、1秒のアラン偏差 6.4×10^{-11} を達成
- 多数のMEMSガスセル※2をウェハレベルで一括作製。高温脱ガス処理に耐えるSi-サファイアガスセル製造プロセス確立
- 原子時計プロトタイプモジュール実験室モデルの試作完了。理論計算で予測される、周波数ドリフト0の点の存在確認
- 空間光学型ECDL※3を実現するゲインチップ低温集積化に成功。効率75%の二次元回折格子を実現。 10^{-6} Paまで真空度をモニタできる小型真空計を実現
- 魔法磁場※4を有し、信号強度の高いCPT※5共鳴の観測に成功

磁場変動耐性の高い共鳴状態を実証

アナログ位相検波方式制御基板

プロトタイプモジュール実験室モデル

MEMS-Csガスセル (1280セル/ウエハ)

活性化されたCsガスセル開発

Si-サファイアガスセル

導電性接着剤

水晶板

接着箇所4点

耐振動特性を持つ高安定水晶発振器開発

原子時計のプロトタイプモジュール

空間光学型ECDL

2次元回折格子で回折された光によるCsからの蛍光

孤立状態原子生成用デバイス開発

小型真空計

※本研究は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度JPJ004596の支援を受けたものである。