

LHDにおけるCO₂レーザーイメージング干渉計の開発 Development of CO₂ Laser Imaging Interferometer on LHD

木下稔基¹, 田中謙治², 牧拓未¹, Clive Michael³, Leonid Vyacheslavov⁴, Andrei Sanin⁴
KINOSHITA Toshiki¹, TANAKA Kenji², MAKI Takumi¹, Clive Michael³, Leonid Vyacheslavov⁴,
Andrei Sanin⁴

九大総理工¹, 核融合研², オーストラリア国立大学³, ブドカー核物理研究所⁴
IGESE Kyushu University¹, NIFS², Australian National University³, Budker Institute of Nuclear Physics⁴

1. はじめに

現在, 大型ヘリカル装置(LHD)において遠赤外線(Far-infrared ; FIR)レーザー(波長119 μ m)干渉計では計測が困難である高密度プラズマの電子密度計測を目的としたCO₂レーザー(波長10.6 μ m)干渉計が稼働中である. CO₂レーザー干渉計は7.5~15mm間隔で80chの計測が可能であり, イメージング手法を用いるため空間分解能もよい. また, FIRレーザーより一桁波長が短いため, 屈折による影響は二桁程度小さい. 一方, 電子密度による位相変化はFIRレーザーより一桁小さく, 機械的振動による位相変化は一桁大きい. 一方, 電子密度による位相変化はFIRレーザーより一桁小さく, 機械的振動による位相変化は一桁大きい. この振動による位相変化を取り除くために同軸を通過したYAGレーザー(波長1.06 μ m)で振動成分のみを計測し, 差し引くことで補正を行っている. しかし, YAGレーザーはビームスプリッターや真空窓の裏面反射により波面が乱れ, 干渉信号の安定性に欠ける. 本研究では安定性の向上を目的として波面の乱れが少ない量子カスケードレーザー(Quantum Cascade Laser ; QCL, 波長5.26 μ m)を用いた手法を開発中である. QCLは光伝導型HgCdTe検出器(MCT)によりCO₂レーザーと同時に計測が可能であり, 検出システムを単純化できるという利点がある. 一方, パワーが弱く, 差波長により密度を計測するため, 2つの波長が近づくことで実効的な位相変化が減るという問題点がある. 本講演ではQCLを用いてプラズマがない状態における振動補正の試験結果について報告する.

2. 実験方法

図1はLHDプラズマにおけるレーザーパスである. 本研究ではAOMを用いて基準となるローカル光および計測するプローブ光を変調し, ミキシングすることでCO₂レーザーおよびQCLにそれぞれ190kHzおよび100kHzのビート信号をえる. 図1に示すようにプローブ光をシート状に広げ, Port1およびPort2でそれぞれ32chおよび16chのMCTで計測する. また, 図2に示すように

CO₂レーザーおよびQCLのビート信号の周波数が異なるため, 同一の検出器を用いて周波数で区別して計測することができる.

3. 結果および考察

図3はPort1, 2における機械的振動による位相変化であり, 赤, 青および緑のプロットはそれぞれ振動補正前のCO₂レーザー, QCLおよび補正後の位相変化である. ここではPort1のch16を基準に位相変化を求め, 単位はCO₂レーザーを基準に換算した. 図3よりPort1においてCO₂レーザーおよびQCLのPort内の位相変化は補正前後で減少していない. 一方, Port2においてCO₂レーザーおよびQCLのPort間の位相変化は8deg.程度であり, 補正により2deg.程度まで減少する. これは補正前の位相変化が大きく, SNRがよいため, 補正により2deg.程度の残留振動に抑えることができた. 以上より, QCLを用いた振動補正はポート間の位相変化は補正できたが, ポート内の補正はできないことがわかる. このPort1およびPort2の残留振動である2deg.は線平均電子密度で0.65 $\times 10^{18}$ m⁻³に対応するため, 低密度計測時に無視できない. この原因として検出器面における波面の乱れや同時入射による影響が考えられるため, 今後, 検討する必要がある.

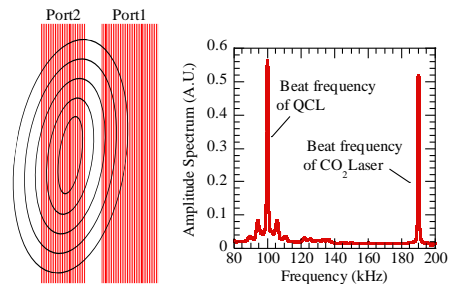


図1 LHDプラズマにおける計測パス

図2 MCTによるCO₂レーザーおよびQCLの同時計測

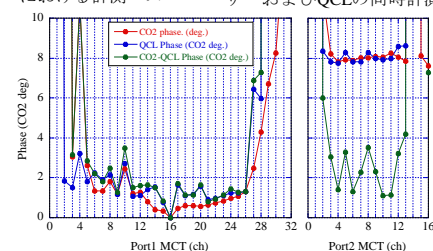


図3 各Portにおける補正前後の振動による位相変化