

ミリ波サイクロトロン放射の渦性的実験的検証 Observation of Twisted Radiation from an Electron Cyclotron Motion

小林遥¹⁾²⁾, 久保伸²⁾³⁾, 辻村亨²⁾, 後藤勇樹²⁾, 田中照也¹⁾²⁾

Toru Kobayashi¹⁾²⁾, Shin Kubo²⁾³⁾, Toru Tsujimura²⁾, Yuki Goto²⁾, Teruya Tanaka¹⁾²⁾

名大¹⁾, 核融合研²⁾, 中部大³⁾

Nagoya University¹⁾, NIFS²⁾, Chubu University³⁾

光渦は進行方向に対する垂直断面において、螺旋状にねじれた位相構造を持つ波であり、また軌道角運動量を運ぶことも知られている。通常実験室で光渦を生成する場合、光学素子を用いてガウスビームからの変換で生成され、様々なアプリケーションに向けて盛んに研究が行われている。ところが2017年に、分子科学研究所の加藤教授らが回転運動を行う単一電子からの放射の高次高調波成分が光渦であることを理論的に見出した。回転運動を行う電子は自然界に普遍的に存在しており、光渦も自然界に普遍的に存在することを示している。しかし、これまでにサイクロトロン放射の光渦が直接観測された報告はない。

サイクロトロン放射光の渦性は自然界に普遍的に存在しているにも関わらず今日まで観測されていないのは、電子のランダムな回転運動のため放射光の渦性が相殺されていること、また渦性に着目した観測システムが構築されていないことが挙げられる。そこで本研究では磁場中をサイクロトロン運動する電子に、高出力ミリ波発振管(ジャイロトロン)出力を右回り円偏波にして磁場に平行方向から印加し、電子を共鳴加速することで電子の旋回位相を揃え、高強度な渦性放射を発生させることを目的としている。

図1に本実験に用いる装置概略図を示す。真空容器にはアルゴンガスが封入されており、超伝導磁石によるミラー磁場が印加されている。84 GHzの大電力の円偏波が印加されるとプラズマが生成され、同時にプラズマ中の電子が共鳴的に加速され高強度のサイクロトロン放射を発生させることが出来ると考えられる。発生した電子サイクロトロン放射は装置上部に設置したグレーティングミラーで2次高調波と基本波に分離し、2次高調波を観測して渦性を有しているかどうかの確認を行う予定である。

本実験では、まず初めに生成されたプラズマから2次高調波のヘテロダイン計測を行った。その結果、渦性を有すると考えられる2次高調波の周波数に対応する168 GHz近傍でピークを有する信号を取得することに成功した。現在、空間2点で共通の局部発振器を用いたヘテロダイン計測を行い、両者の強度比や位相差を抽出し渦ビーム特有の強度・位相構造の計測を進めている。

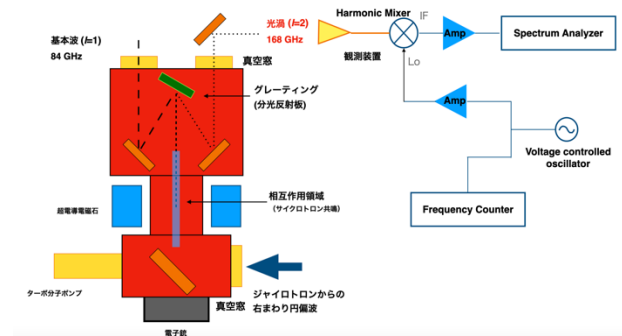


図1 装置概略図 真空容器(赤),超伝導磁石(青),グレーティングミラー(緑)

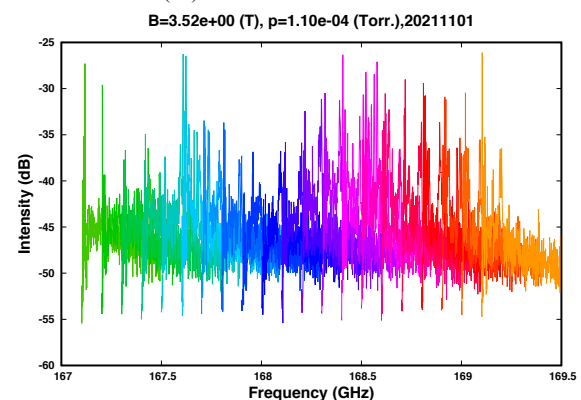


図2 磁場3.52T、アルゴンガス圧 1.1×10^{-4} torrの状態の放射スペクトル(ヘテロダイン受信器の局部発振器周波数をショットごとに換え、中間周波の0.1から0.5GHzをショットごとに色を変えて並べた)

参考文献

[1] M. Katoh et al, Phys. Rev. Lett 118,094801