

レーザー誘電体電子加速システムの基本設計のためのシミュレーションの研究

Simulation Study for Basic Design of Dielectric Laser Electron Accelerator

*高橋 徹¹, 上坂 充¹, 小山 和義¹, 吉田 光宏², 陳 昭福¹

¹ 東京大学, ² 高エネルギー加速器研究機構

荷電粒子を加速させる線形加速器について、近年では 1GV/m オーダーの加速勾配を実現し装置の小型化が期待される誘電体加速器 (=DLA) が注目を浴びているが現時点で全体の構造設計には至っていない。本研究では DLA について電子軌道シミュレーションにより加速器全体の構造を設計した。

キーワード：レーザー駆動誘電体加速器、DLA、高強度レーザー、ライナック、電子ビーム、CST、PIC 法

1. 緒言

レーザー駆動誘電体加速器 (DLA = Dielectric Laser Accelerator) では加速管を金属に比べより高い破壊閾値を持つ誘電体にすることで、GV/m オーダーの加速勾配が実現可能である。本研究では小型の加速器を用いてビーム径マイクロオーダーの粒子線を細胞の核に照射し、その応答をリアルタイムでモニタリングするシステムを開発し、放射線生物学への寄与を目指している。

2. 研究結果

本研究で想定する DLA における加速管は、熔融シリカ (屈折率 1.44) 製の格子構造である。その両側に高強度の超短パルスレーザを打ち込むことで近接場を生成し電子を加速させる。加速電場の計算を CST (Computer Simulation Technology) を用いて行い、実際の軌道シミュレーションは 1 次元 PIC (Particle in Cell) 法を用いた。

50keV 等の低エネルギー領域では加速勾配が低下する。よって入射電子は高エネルギーほど望ましい。電子の初期エネルギーを 200keV と設定しレーザーの強度を時間空間ともにガウス分布と仮定した際の全体長さを計算した。パルス時間幅 50ps、照射領域 9.99mm × 0.006mm (いずれも FWHM) のレーザーを想定すると最終エネルギー 1.01MeV、加速距離は約 11mm となった。(図 1)

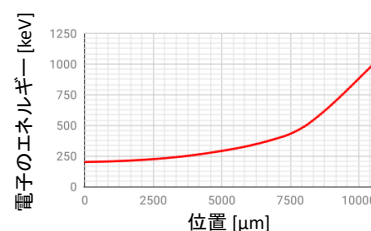


図 1 全体構造における電子の位置とエネルギー分布

初期エネルギー 200keV、最終エネルギー 1.01MeV 加速距離：11mm

3. 結論と今後の課題

卓上スケールで小型化可能な電子加速器である DLA について、その加速電子の軌道シミュレーションを行い、全体構造を設計した。電子の初期エネルギー 200keV で 1.01MeV まで加速され、加速距離は約 11mm である。

今後は実際使用する電子バンチの位相推移についてシミュレーションを行いその挙動を考察する。今回は電子がレーザー加速位相から遅れることを前提とした加速管設計とシミュレーションを行ったが、極力電子速度と加速位相速度を合わせる設計を検討して、システムの実現に貢献する。

参考文献

- [1] 2013 - Peralta et al. - Demonstration of electron acceleration in a laser-driven dielectric microstructure
- [2] Zhaofu Chen, "Towards the Dielectric Laser Acceleration of Electrons"

*Toru Takahashi¹, Mitsuru Uesaka¹, Kazuyoshi Koyama¹, Mitsuhiro Yoshida², Zhaofu Chen¹

¹Univ. Tokyo, ²KEK