

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 ( 理 学 )	氏名	赤木 智哉
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論文題目 Development of a 3D 4-mirror optical cavity for the ILC polarized positron source (ILC 偏極陽電子源の為の3次元4枚鏡光共振器の開発)			
論文審査担当者			
主 査	准 教 授	高 橋	徹
審査委員	教 授	岡 本	宏 己
審査委員	教 授	栗 木	雅 夫
審査委員	教 授	世 良	正 文
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文は、国際リニアコライダー (ILC) の偏極陽電子源のための、レーザー電子散乱 (レーザーコンプトン散乱) によるガンマ線生成実験について述べたものである。</p> <p>ILC は全長約 30 km の線形加速器を建設し、電子と陽電子を高エネルギーで反応させる事により、宇宙誕生の謎に迫る研究を行う計画である。電子と陽電子の反応では、電子や陽電子のスピンの方向をそろえた偏極ビームを利用することによって、その測定精度を飛躍的に向上させることができる。ILC では初期段階から偏極電子ビームを利用するが、さらに偏極陽電子ビームを利用することを目指している。</p> <p>偏極陽電子は、偏極ガンマ線を標的に入射して対生成により生成するため、高強度の偏極ガンマ線の生成が鍵となる。レーザーコンプトン散乱は、レーザー光を加速器からの電子線に照射することによって、ガンマ線を生成する方法である。この方法は、シンクロトロン放射等に比べて低いエネルギーの電子によってガンマ線生成が可能なこと、レーザーの偏光によって容易に生成ガンマ線の偏極を制御できること、などの利点がある。また、電子線のエネルギーによって、エックス線からガンマ線にいたる広範囲の光子を生成することができるため、その開発は広い分野に応用可能な光子源として意義が高いものである。</p> <p>一方でこの方法は、実用に足る強度の光子を生成する技術の開発が大きな課題である。本研究では、レーザー光を光蓄積共振器に蓄積し、その強度を増大させる技術の開発を行った。これまでの研究で2枚の鏡を用いた共振器による、レーザーパルス蓄積とガンマ線生成に成功している。蓄積率をさらに増大し、同時にレーザーと電子の衝突点においてレーザーを集光し、レーザーコンプトン散乱の効率を向上させるためには、光路を3次元的構成したリング型共振器が適している。そこで本研究では、4枚の鏡を使った3次元4鏡共振器を製作し、高エネルギー加速器研究機構のATF加速器において、ガンマ線生成実験を行った。3次元4鏡共振器は、円偏光レーザーにのみ共鳴するという特徴を持っている。</p>			

本研究では、その特徴を使った新しい共振器制御方法を開発しその応用に成功した。これは、制御機構が従来に比べて簡便であることに加え、左右円偏光の高速切り替えが可能であり、応用の観点からも非常に有用である。

実験では、レーザー光の強度増大率 1200 と ATF 加速器中の電子線との同期を同時に達成した。共振器内の平均蓄積強度は 2.6kW であった。レーザー強度の相対揺らぎは 1.5% であり、これはレーザー蓄積システムの光路長を 4pm という高精度で制御できたことに対応する。ガンマ線生成については、1 秒間に  $2.7 \times 10^8$  のガンマ線を生成することに成功した。以上の結果は、新しい制御方法による共振器の高精度制御を達成したことに加え、レーザーコンプトン散乱による光子生成としても、世界最高水準のガンマ線生成量である。本研究ではさらに、レーザー蓄積共振器に入射されるレーザー強度、蓄積強度、透過強度の収支を定量的に測定し、レーザー強度の増大による鏡上の熱損失の影響など、今後の進展にむけた課題とその見通しを示唆したことは高く評価できる。

本論文著者は、本研究において、レーザー蓄積共振器の設計、ATF 加速器への設置など、実験の遂行において実働グループのリーダーとして全体をとりまとめ、研究の遂行に本質的な貢献をした。参考論文は、本研究の前段階となった開発研究の成果および、本研究にかかる開発の経過についてであり、いずれの論文においても赤木氏の貢献が認められるものである。

以上審査の結果、本論文は博士論文としてふさわしい学術的内容を備えており、本論文の著者は博士（理学）の学位を受ける資格が十分あるものと認める。

備考 審査の要旨は、1,500 字程度とする。