

成果報告書

「リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用」
(光源技術の開発)

平成23年5月

国立大学法人名古屋大学

本報告書は、文部科学省の科学技術試験研究委託事業による委託業務として、国立大学法人名古屋大学が実施した平成22年度「リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用」（光源技術の開発）の成果を取りまとめたものです。

1. 委託業務の目的

レーザーとリング型加速器を用いてテラヘルツ領域及び真空紫外・軟 X 線領域の極短パルス光、大強度コヒーレント光を生成する技術を確立し、これら従来のシンクロトロン光にない特質をもった光の利用技術を開拓することを目的とする。

このため、大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所及び国立大学法人名古屋大学、国立大学法人京都大学と共同で業務を行う。国立大学法人名古屋大学では、光源装置に関わる研究開発を実施する。

2. 平成 22 年度（報告年度）の実施内容

2. 1 実施計画

① レーザーアライメントシステムの構築

リング型加速器を周回する電子ビームとレーザーのアライメント調整を迅速に行え、かつアライメントの様子をモニターできるシステムの構築を行う。装置の基本的試験は名古屋大学で行い、分子科学研究所のリング型光源 UVSOR-II で使用する。

② レーザー装置の調整

先進光源装置の中核となるレーザー装置の立ち上げ調整の補助を行う。

2. 2 実施内容 (成果)

① レーザーアライメントシステムの構築

レーザーと電子ビームのアライメント調整システムの開発を行った。前年度はパルスエネルギーが最大 2.5 mJ の再生増幅器からのレーザーのアライメントシステムの開発をおこなった。平成 22 年度からは最大パルスエネルギーが 50 mJ のマルチパス増幅器からのレーザーのアライメントシステムについての構築を行った。パルスエネルギーがこれまでの 20 倍となるために、レーザーの輸送および収束に用いられる光学素子にダメージが与えられることが予想される。そこで再生増幅器から出力を短焦点のレンズで光学素子に集光し、損傷閾値の測定を行った。図 1 にダメージの与えられた多層膜ミラーの例を示す。この場合の損傷閾値は $2 \times 10^{12} \text{ W/cm}^2$ と求められた。これらの実測をもとに、マルチパス増幅器からのレーザーが光学素子の損傷閾値を超えない輸送路のデザインを行った。

マルチパス増幅器から電子ビームまでのレーザーの輸送路中に、高次高調波発生装置を設置することが提案されている。そこで、この高次高調波発生装置を用いる場合のレーザーのアライメント方法についての検討も行った。高次高調波発生装置は図 2 のようにガスセル、真空チャンバーおよび排気系より成り立ち、将来電子蓄積リングと接続されることを見込んである。ガスセルには図 3 のように 1 mm ϕ 以下のピンホールを通してレーザーが入射され、レーザーおよび変換されたガス高次高調波は反対側のピンホールから抜け出る。微小なピンホールにレーザー光を通すアライメント手順を確立し、測定が比較的容易な 3 次高調波 (波長 266 nm) の観測を行った。3 次高調波エネルギーの測定に成功し、これまで最大で $2 \mu \text{ J}$ のエネルギーの高調波が得られた。

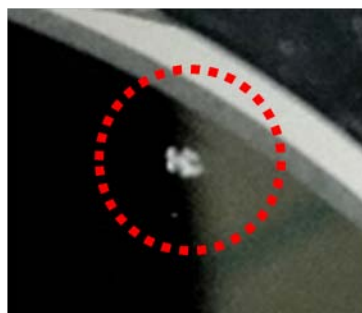


図 1 多層膜ミラー表面のダメージ

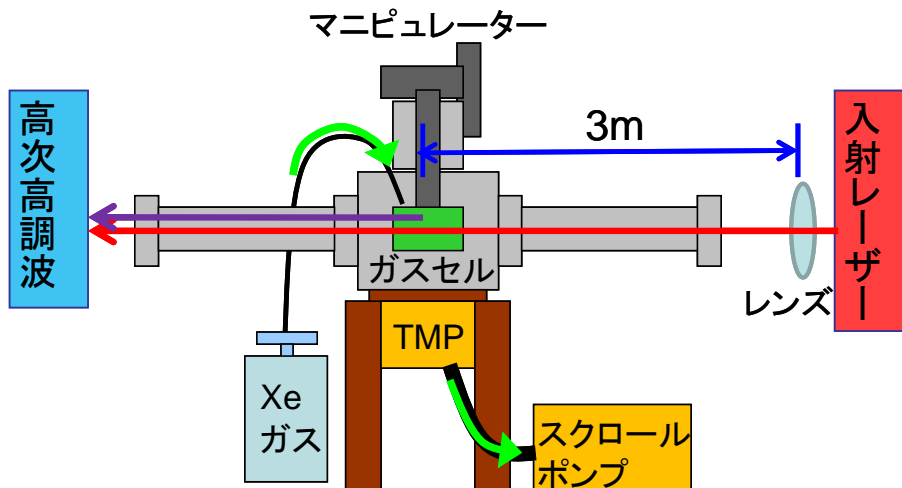


図2 高次高調波発生装置の模式図



図3 ガスセル装置 右図はピンホール付近

② レーザー装置の調整

分子研の研究者と協力して、レーザー装置の調整を行った。特にマルチパス増幅器からのレーザーのプロファイルの測定方法を確立した。この方法ではまず、レーザーを十分に減光して CCD カメラで直接プロファイルを測定する。ただし、レーザーの減光に用いる光学素子によりプロファイルが歪んでしまう可能性があるため、さらにナイフエッジを用いてレーザーサイズを定量的に測定する。図4にナイフエッジ法での測定結果を示す。プロファイルの測定はレーザーおよび輸送路の状態を調べる上で、非常に有用で、例えばプロファイルの測定によって、光学素子の不良を見つけることに成功している。

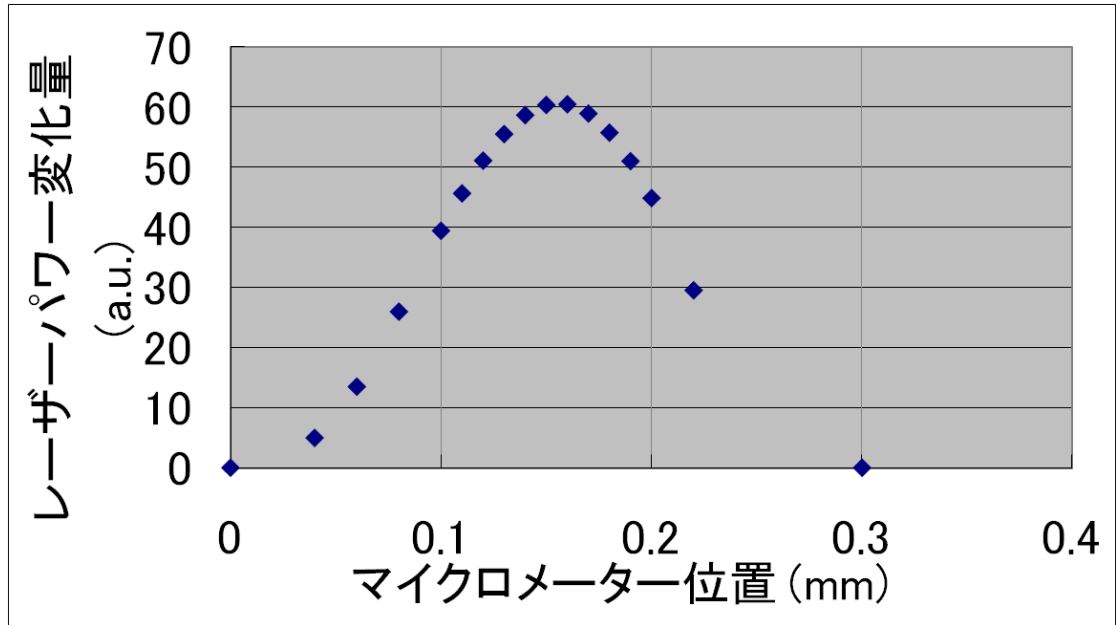


図4 ナイフエッジによるレーザーサイズ測定結果の一例

2. 3 成果の外部への発表

別添様式第 21 の通り

2. 4 活動（運営委員会等の活動等）

該当なし

2. 5 実施体制

別表 1 参照

別表1 平成22年度に於ける実施体制

研究項目	担当機関等	研究担当者
1. レーザーアライメントシステムの構築	国立大学法人名古屋大学	◎○保坂将人 山本尚人 森本浩行 高島圭史
2. レーザー装置の調整	国立大学法人名古屋大学	◎○保坂将人 山本尚人 森本浩行 高島圭史

注1. ◎：課題代表者、○：サブテーマ代表者

注2. 本業務に携わっている方は、全て記入。

別添様式第2-1

学会等発表実績

委託業務題目： 「リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用」

機関名： 名古屋大学

1. 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
Study of the Coherent Terahertz Radiation by Laser Bunch Slicing at UVSOR-II Electron Storage Ring electron bunches circulating in storage ring（ポスター発表）	山本尚人	京都（The first International Particle Accelerator Conference (IPAC' 14) Applications)	2010年5月10日	海外
Observation of Transverse-Longitudinal Coupling Effect at UVSOR-II（口頭発表）	島田美帆	京都（The first International Particle Accelerator Conference (IPAC' 14)）	2010年5月10日	海外
電子蓄積リングにおけるガス高次高調波を用いたコヒーレント高調波発生の研究（ポスター）	和佐直毅	第24回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム	2011年1月5日	国内

2. 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
Observation of Saturation Effect on Vacuum Ultraviolet Coherent Harmonic Generation at UVSOR-II electron bunches circulating in storage ring	Takanori Tanikawa, Masahiro Adachi, Heishun Zen, Masahito Hosaka, Naoto Yamamoto, Yoshitaka Taira, Masahiro Katoh	APPLIED PHYSICS EXPRESS	2010年11月	国外
Systematic Study on Ce:LuLiF ₄ as a Fast Scintillator Using Storage Ring Free-Electron Lasers	Tomoharu Nakazato, Yusuke Furukawa, Marilou Cadatal-Raduban, Minh Pham, Toshihiro Tatsumi, Ayumi Saiki, Yasunobu Arikawa, Nobuhiko Sarukura, Hiroaki	JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	2010年10月	国外
Laser-induced narrowband coherent synchrotron radiation: Efficiency versus frequency and laser power	C. Evain, C. Szwaj, S. Bielawski, M. Hosaka, Y. Takashima, M. Shimada, S. Kimura, M. Katoh, A. Mochihashi, T. Takahashi, T. Hara	PHYSICAL REVIEW SPECIAL TOPICS-ACCELERATORS AND BEAMS	2010年9月	国外