

RF ガンシステムの汎用化と応用研究開発

研究代表者 鷲尾 方一
(先進理工学部 応用物理学科 教授)

1. 研究課題

高性能の小型レーザーフォトカソードRF ガンをベースとした高エネルギー電子加速器において高品質ビームの生成に関する研究と取り出された高品質ビームを用いた応用研究を行っている。電子ビームとレーザーの相互作用によって X 線発生が可能なレーザーコンプトン散乱において、X 線の高強度化に資する光蓄積共振器開発に関して報告する。

2. 主な研究成果

小型高輝度 X 線源として期待されるレーザーコンプトン散乱であるが、短時間 X 線イメージングなどの実用化のためにはさらなる高輝度化が求められる。そのためには電子ビーム（加速器）の高度化とともにレーザーの高度化が要求される。具体的にはパルスレーザー光を光蓄積共振器内で足し合わせることで受動的に強度を高め、電子ビームと相互作用させる手法が有効である。概念図を図 1 に示す。

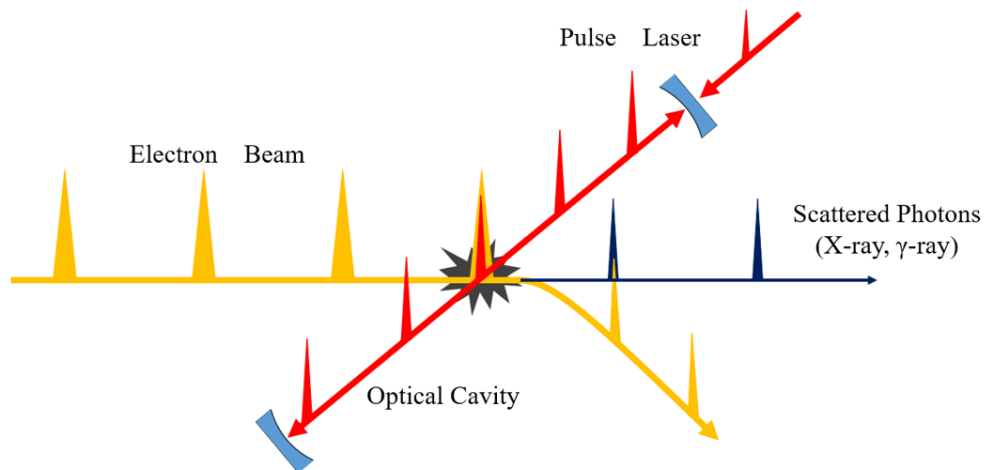


図 1：光蓄積共振器を用いたレーザーコンプトン散乱の概念図

光蓄積共振器の増大率（蓄積光と入射光のパワー比）は光共振器のフィネスという性能指数で表され、フィネスの大きい光共振器ほど増大率も大きい。しかしながらフィネスが大きくなると共振器長に対する要求精度も高まるというトレードオフがあるため、増大率が制限される。本研究ではそのトレードオフを超えた光増大を実現するために自発共鳴というアイ

デアを提案し、試験を行っている。実験セットアップの概略図を図 2 に示す。本セットアップの特徴は光共振器が光のループ内に内包されており、レーザー発振器の一部を成しているところにある。このような構成にすることで従来必要であった、共振器長に対する高精度のフィードバックシステムが原理的に不要になり、トレードオフを超えた高増大率が期待される。可飽和吸収機構や分散補償機構はモードロックのために必要であり、サブピコ秒の超短パルスレーザー発振を誘起する。

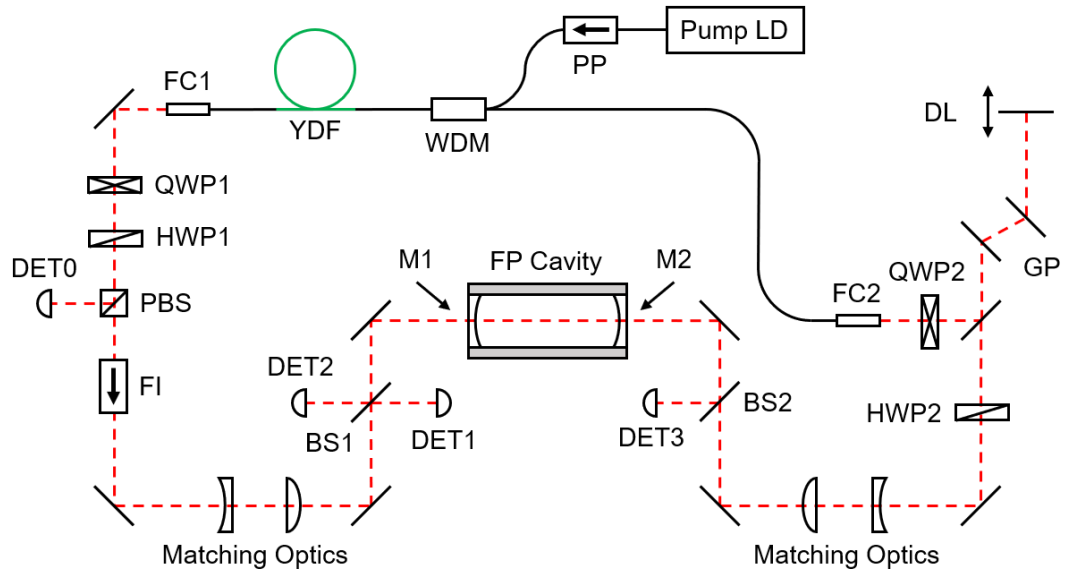
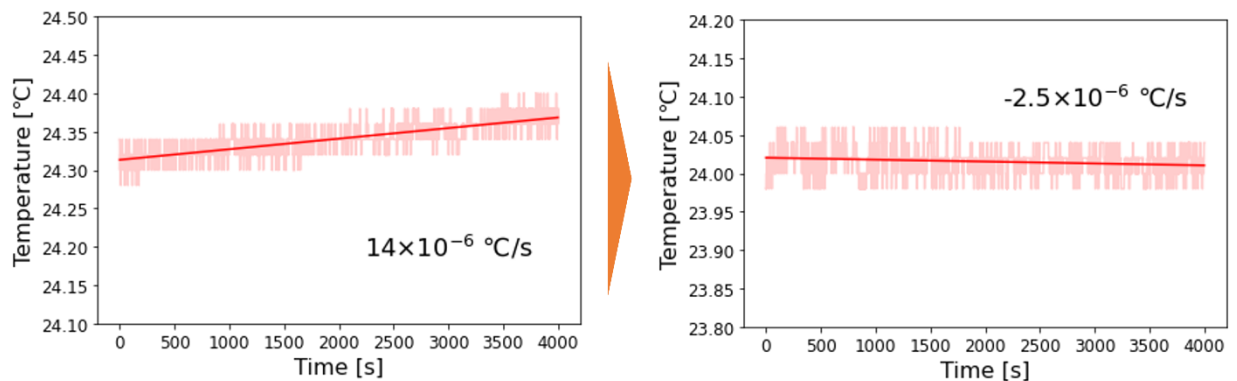


図 2：自発共鳴レーザーシステムの実験セットアップ図

昨年度の成果としてモードロック発振及び光共振器へのレーザー蓄積に成功したものの安定な発振ではなかった。その原因として環境温度に対する依存性が考えられたため、実験系の各部を温度モニターしながら実験を行った。さらに温度安定化対策を実施し、図 3 に示す通り一桁の改善を実現した。この結果 1 時間オーダーのレーザー発振を確認することができている。



温度安定化対策前の共振器の温度変化

温度安定化対策後の共振器の温度変化

図 3：温度安定化対策実施前後の光共振器管体温度変化

3. 共同研究者

坂上 和之（東京大学工学系研究科・原子力専攻・准教授）

黒田 隆之助（産業技術総合研究所・ラボチーム長）

小柴 裕也 (理工総研・招聘研究員)
寄田浩平 (早稲田大学理工学術院・教授)
駒宮幸男 (早稲田大学理工学術院・客員教授)

4. 研究業績

4.1 学術論文

“Harmonically mode-locked laser pulse accumulation in a self-resonating optical cavity,” Y. Koshiba, S. Otsuka, K. Yamashita, C. Fukushima, S. Araki, A. Aryshev, T. Omori, K. Popov, T. Takahashi, N. Terunuma, Y. Uesugi, J. Urakawa, and M. Washio, *Opt. Exp.* 30, 43888-43899 (2022).

"Ultrafast time-resolved single-shot birefringence microscopy for laser-induced anisotropy," E. Terasawa, D. Satoh, S. Maru, T. Shibuya, Y. Moriai, H. Ogawa, M. Tanaka, K. Sakaue, M. Washio, Y. Kobayashi, and R. Kuroda, *Opt. Lett.* 47, 3728-3731 (2022).

“Generation of coherent THz Cherenkov radiation by electron bunch tilt control,” Y. Tadenuma, K. Sakaue, T. Toida, M. Nishida, M. Brameld, T. Murakami, R. Yanagisawa, M. Washio, and R. Kuroda, *Phys. Rev. Accel. Beams* 25, 110102 (2022).

4.2 総説・著書

4.3 招待講演

「石英ガラスの超短パルスレーザー加工現象に関する研究」、寺澤英知、ギガフォトン講演会、2023 年 2 月、栃木

4.4 受賞・表彰

「複屈折計測による石英ガラスの超短パルスレーザー加工における深さ方向の圧力波伝播イメージング」
丸征那、第 65 回放射線化学討論会、優秀発表賞、2022 年 9 月、静岡+オンライン

4.5 学会および社会的活動

日本放射線化学会 理事
日本加速器学会・評議員
ラドテック研究会 幹事
RadTech Asia Organization, Vice-president
日本物理学会・ビーム物領域 副代表
ビーム物理研究会 副会長

5. 研究活動の課題と展望

自発共鳴という斬新なコンセプトを取り込んだ光蓄積共振器開発を行っている。温度依存性評価実験と温度安定化対策を実施し、蓄積光エネルギーの安定度を改善することに成功し

た。今後はより高い反射率ミラーを使った光共振器で同様の試験を行い、ハイパワー光蓄積を目指す。