

藤 貴 夫 (准教授) (2010 年 2 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：量子エレクトロニクス，レーザー物理，非線形光学，超高速分光

A-2) 研究課題：超短光パルスの研究

- a) 超短光パルスの超広帯域波長変換技術の開発
- b) 超短光パルスの位相制御，評価の研究
- c) 赤外ファイバーレーザーの開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 超短光パルスを発生できるレーザーの波長は限られている。それを様々な波長へ効率よく，パルス幅が短い状態で波長変換する技術は，超短光パルスの応用範囲を広げる上で，非常に重要である。この研究では，固体結晶と比べて透過領域が桁違いに広い気体を波長変換媒質として使用することで，様々な波長の超短光パルスを発生させることを目標としている。今年度の成果としては，前年度開発した高速赤外スペクトル分光法を減衰全反射分光法に応用したことである。この装置によって，1 ms ごとに液体試料の赤外スペクトルを 2 μm から 20 μm までの範囲で計測し，液体試料が全反射プリズム上でミリ秒の時間スケールで急速に交換される様子を観測した。
- b) 前年度開発した超短光パルスの光電場波形を直接計測する手法をさらに発展させた。電気光学サンプリング法と周波数分解光ゲート法とを組み合わせる手法であるが，それを単一ショットでできるような光学系を設計し，電場波形の測定に成功した。また，測定対象のパルスについて，位相の揃った 7 フェムト秒のパルスだけでなく，位相の乱れによって幅が数倍長くなったパルスでも計測できることも示した。
- c) 一般的に，波長変換において，変換元と変換先との波長がなるべく近いほうが，変換効率の向上が見込まれる。2–20 μm の赤外光パルス発生を目的として，チタンサファイアレーザーよりも長波長の超短光パルスを発生するファイバーレーザーの開発を行った。ツリウムを添加したフッ化物ファイバーをレーザー媒質として，45 fs 程度で 1.8 μm を中心波長としたパルスを連続的に発生する発振器を製作した。チタンサファイアレーザー (800 nm) に比べて，発振する波長が長いので，長波長への波長変換に適していると同時に，チタンサファイアレーザーに比べて，大幅にコンパクトなレーザー発振器の設計が可能となり，産業や医療への応用が期待される。開発された技術は特許として出願した。

B-1) 学術論文

A. A. VORONIN, Y. NOMURA, H. SHIRAI, T. FUJI and A. ZHELTIKOV, “Half-Cycle Pulses in the Mid-Infrared from a Two-Color Laser-Induced Filament,” *Appl. Phys. B* **117**, 611–619 (2014).

Y. NOMURA and T. FUJI, “Sub-50-fs Pulse Generation from Thulium-Doped ZBLAN Fiber Laser Oscillator,” *Opt. Express* **22**, 12461–12466 (2014).

H. SHIRAI, Y. NOMURA and T. FUJI, “Real-Time Waveform Characterization by Using Frequency-Resolved Optical Gating Capable of Carrier-Envelope Phase Determination,” *IEEE Photonics J.* **6**, 3300212 (12 pages) (2014).

H. SHIRAI, C. DUCHESNE, Y. FURUTANI and T. FUJI, “Attenuated Total Reflectance Spectroscopy with Chirped-Pulse Upconversion,” *Opt. Express* **22**, 29611–29616 (2014).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

- Y. NOMURA, M. NISHIO, S. KAWATO and T. FUJI**, “Mode-Locked Thulium-Doped ZBLAN Fiber Laser Oscillators at 2 μm ,” *Advanced Solid State Lasers*, AW2A.2 (2014).
- T. FUJI, Y. NOMURA and H. SHIRAI**, “Ultrabroadband Infrared Spectroscopy by Chirped Pulse Upconversion,” *PIERS2014*, 1824 (2014).
- T. FUJI, Y. NOMURA, Y.-T. WANG, A. YABUSHITA and C.-W. LUO**, “Carrier-envelope phase of single-cycle pulses generated through two-color laser filamentation,” *Ultrafast Phenomena XIX—Proceedings of the 19th International Conference*, 08.Tue.D.1 (2014).
- H. SHIRAI, T.-T. YEH, Y. NOMURA, C.-W. LUO and T. FUJI**, “Ultrabroadband infrared pump–probe spectroscopy using chirped-pulse upconversion,” *Ultrafast Phenomena XIX—Proceedings of the 19th International Conference*, 07.Mon.P.1 43 (2014).
- Y. NOMURA, M. NISHIO, S. KAWATO and T. FUJI**, “Ultrafast 2 μm Laser Oscillators Based on Thulium-Doped ZBLAN Fibers,” *Ultrafast Phenomena XIX—Proceedings of the 19th International Conference*, 08.Tue.P2.50 (2014).
- Y. NOMURA, M. NISHIO, S. KAWATO and T. FUJI**, “Development of Femtosecond Thulium-Doped ZBLAN Fiber Laser Oscillator,” *CLEO: Science and Innovations*, STu1N.3 (2014).
- T. FUJI, H. SHIRAI and Y. NOMURA**, “Real-time lightwave measurement by using FROG capable of CEP determination with pulse-front tilt,” *CLEO: Science and Innovations*, SF1E.1 (2014).
- T. FUJI, Y. NOMURA and H. SHIRAI**, “Real-time observation of single-cycle pulse waveforms by using FROG capable of CEP determination with pulse-front tilt,” *High Intensity Lasers and High Field Phenomena*, HW1C.1 (2014).
- T.-T. YEH, C.-W. LUO, H. SHIRAI, T. FUJI and F.-C. CHOU**, “Ultrafast dynamics in topological insulators,” *THz-plasma2014*, Mat-6 (2014).

B-4) 招待講演

- 藤 貴夫, 「超広帯域コヒーレント赤外光を使った高速赤外分光」日本分光学会中部支部講演会, 岡崎, 2014年12月.
- 藤 貴夫, 「レーザーによるEUV・X線の発生」先端放射光源に関する研究会——第3世代放射光リング / SASE-FEL を越えて日本が選択すべき放射光源ロードマップに向けて(1), 岡崎, 2014年11月.
- T. FUJI, Y. NOMURA, Y.-T. WANG, A. YABUSHITA and C.-W. LUO**, “Carrier-envelope phase of ultrashort pulses generated through multi-color filamentation,” *COFIL2014*, Shanghai (China), September 2014.
- T. FUJI, Y. NOMURA and H. SHIRAI**, “Ultrabroadband Infrared Spectroscopy by Chirped Pulse Upconversion,” *PIERS2014*, Session 4A9 FocusSession. SC3: Ultrafast Optics, Guangzhou (China), August 2014.
- 藤 貴夫, 野村雄高, 白井英登, 「キャリア・エンベロープ位相も測定できる超短光パルス評価法」レーザ・量子エレクトロニクス研究会, 福井, 2014年5月.
- T. FUJI, Y. NOMURA and H. SHIRAI**, “Real-time observation of single-cycle pulse waveforms by using FROG capable of CEP determination with pulse-front tilt,” *High Intensity Lasers and High Field Phenomena*, HW1C.1, Berlin (Germany), March 2014.

B-5) 特許出願

特願 2014-031286, 「受動モードロックファイバレーザ装置」 藤 貴夫, 野村雄高, 藤 貴夫, 三村榮紀, 小川和彦(自然科学研究機構, ファイバーラボ(株)) 2014年.

B-6) 受賞, 表彰

藤 貴夫, 日本光学会奨励賞 (1999).

藤 貴夫, 大阪大学近藤賞 (2008).

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

CLEO/Europe 2005 座長 (2005).

CLEO/USA 2005 座長 (2005).

CLEO/Europe 2007 国際会議プログラム委員, 座長 (2007).

化学反応討論会実行委員 (2009).

CLEO/Pacific Rim 2009 国際会議プログラム委員, 座長 (2009).

CLEO/Europe 2009 座長 (2009).

ICONO 2010 座長 (2010).

HILAS 国際会議プログラム委員 (2011).

CLEO/Europe 2011 国際会議プログラム委員 (2011).

HILAS 国際会議プログラム委員, 座長 (2012).

COFIL 2012 座長 (2012).

CLEO/USA2013 座長 (2013).

CLEO/Europe2013 国際会議プログラム委員 (2013).

CLEO/Pacific Rim 2013 国際会議プログラム委員, 座長 (2013).

HILAS 国際会議プログラム委員, 座長 (2014).

CLEO/USA2014 国際会議プログラム委員, 座長 (2014).

CLEO/USA2015 国際会議分科プログラム委員長 (2015).

CLEO/Europe2015 国際会議プログラム委員 (2015).

レーザー学会学術講演会第35回年次大会プログラム委員会委員 (2014-2015).

B-8) 大学での講義, 客員

総合研究大学院大学物理科学研究科, 「光物理」 2014年 7月1日-9月30日.

総合研究大学院大学, 先端エレクトロニクスDAQセミナー, 「超短光パルスの基礎」, 「超短光パルスの評価法」 2014年 7月1日.

福井大学大学院工学研究科, 電気・電子工学特別講義, 2014年 7月 28-29日.

B-10) 競争的資金

(独)理化学研究所研究奨励ファンド, 「搬送波包絡線周波数の安定した超短赤外光パルス発生」 藤 貴夫 (2006年).

科研費若手研究(A),「光電子イメージング分光のための10フェムト秒深紫外光パルス発生」藤 貴夫(2007年–2008年).
 自然科学研究機構若手研究者による分野間連携研究プロジェクト,「プラズマを使ったフェムト秒中赤外光パルス発生の研究」藤 貴夫(2010年–2011年).
 科研費基盤研究(B),「超広帯域コヒーレント中赤外光を用いた新しい分光法の開拓」藤 貴夫(2012年–2014年).
 自然科学研究機構若手研究者による分野間連携研究プロジェクト,「超短中赤外パルスを用いた生細胞内分子の無染色ライブイメージング法の開発」藤 貴夫(2012年).
 科学技術振興事業団先端計測分析技術・機器開発プログラム要素技術タイプ,「超広帯域コヒーレント赤外分光技術の開発」藤 貴夫(2012年–2015年).
 科研費挑戦的萌芽研究,「自己参照による光電場の直接測定」藤 貴夫(2014年–2016年).
 科研費特別研究員奨励費,「高次高調波発生による高繰り返し極端紫外光源の開発およびその応用」野村雄高(2010年).
 豊秋奨学会海外渡航旅費助成,「153 nmにおけるコヒーレントな高繰り返し準連続光源」野村雄高(2011年).
 光科学技術研究振興財団 研究助成,「トリウム添加ファイバーによるフェムト秒レーザーの開発」野村雄高(2012年–2013年).
 科研費若手研究(B),「中赤外領域における高繰り返しフェムト秒パルス光源の開発」野村雄高(2013年–2014年).

C) 研究活動の課題と展望

フィラメンテーションを用いた波長変換は,気体を媒質としながらも,高効率な超短光パルスの波長変換法として有効であり,分子研において,この手法による超広帯域コヒーレント赤外光発生を実証してきた。さらに,この光源を使用して,分光を行うことにも成功した。今後も,これらの光源や分光法の特徴をいかし,分子科学の発展や,生物,医療など異分野へ応用していくことを考えている。ファイバーレーザーの開発では,1.8 μm を中心波長とした45 fsのパルスを発振器から直接発生させることに成功した。今後はこのパルスを増幅し,様々な分野に応用できる光源にしていきたい。