

白色コヒーレント光波を用いたフェムト秒光パルス 多波長同時整形と量子制御への応用

北海道大学大学院工学研究科,¹ シチズン時計
森田隆二、亀屋信博、森田直志、勝呂彰¹、山下幹雄

Simultaneous Femtosecond-Multicolor-Pulse Shaping Using Coherent White-Light Continuum
and its Application for Quantum Control

Ryuji Morita, Nobuhiro Kameya, Naoshi Morita, Akira Suguro¹ and Mikio Yamashita
Department of Applied Physics, Hokkaido University, ¹Citizen Watch Co.

(1) 2次元空間振幅・位相変調による3波長同時波形整形

チタニウムサファイアレーザー増幅パルス(中心波長 790 nm, パルス幅 24 fs)をアルゴンガス(2.0 atm)充填中空ファイバー(長さ 600 mm, コア径 140 μm)に導波させると、光パルスのスペクトルはファイバー中での自己位相変調効果により広げられ、帯域が 450-950 nm に及ぶコヒーレントな超広帯域スペクトルが得られた。この超広帯域スペクトルを有するレーザービームを円柱面レンズ対により縦長にし、その後、回折格子により、横方向にビームを広げ、さらに円柱面レンズを通してできた Fourier 面上に 2次元空間(振幅)フィルターおよび 2次元空間位相変調器を置く。まず、2次元空間

(振幅)フィルターにより鉛直方向に独立に、中心波長 λ_c の異なる 3つの成分を切り出し、さらに 2次元位相変調器により、それぞれ独立に位相変調を加え、再び円柱面レンズを通し、回折格子を経由すると、ビームはもとの縦長の形状に戻る。このとき、縦方向位置に依存して波形の異なる、3波長同時多重波形整形が可能となる。我々は、648 \times 3 ピクセルの空間位相変調器を用い、繰り返し周波数が ~ 10 THz までの 3波長同時波形整形に成功している。図 1 に典型的な多波長同時波形整形実験結果を示す。現在、波形整形系の円柱面レンズ対を円柱面ミラー対に取り替え、さらに 2次元空間位相変調器による波形整形と同時にチャープ補償をも行うことにより、 ~ 10 fs の多波長同時パルス列発生(波形整形)実験を続行中である。

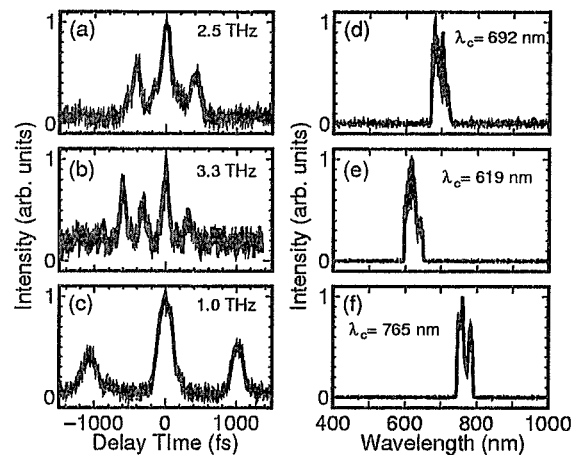


図 1 3波長同時波形整形実験結果

(a)-(c) 整形パルスとチタンサファイアレーザー増幅パルスとの相互相関波形、(d)-(f) それぞれの整形パルスのスペクトル。

(2) 空間位相変調器による非線形チャープ補償理論解析

モノサイクルパルスを発生させるには、非線形なチャープを補償することが必要となる。我々は、空間位相変調器を用いることによりこれを行おうとしているが、空間位相変調器は、その構造から、(1) 離散的な位相変調しか与えられない、(2) ピクセルギャップが存在する、また、空間位相変調器を用いたチャープ補償系 ($4f$ -系) は、(3) 周波数に依存したタイムウインドウを持つなどの欠点が存在する。これらが、チャープ補償に与える影響に関する理論解析を行った。回折格子定数 $d = 1/150$ mm, 焦点距離 $f = 200$ mm, ピクセル数 150 の条件の下、我々が実際に発生させているサイクル域パルスに対するチャープ補償計算を行った結果、強度比数%ではあるが、サイドパルスの発生に(1)の要因が最も寄与すること、また、チャープ補償を Taylor 展開形で与える場合、(1)の要因を考慮して、展開中心波長をより短波長側にすれば、より短いパルス幅が得られることが明らかとなった。

(3) 2波長チャープパルスを用いた誘導 Raman 散乱効果による超短パルス発生理論解析

周波数差を Raman 周波数に一致させた、2波長コヒーレントチャープパルスを用いた誘導 Raman 散乱効果によるスペクトル変調の理論解析を行った。誘導 Raman 散乱におけるスペクトル変調量は、パルスエネルギーに比例することから、2波長チャープパルスを用いると高効率スペクトル変調が可能であることを明らかにし、また、さらに、この結果から、モノサイクル、サブサイクルパルス発生の可能性についても議論した。