

論文内容の要旨

論文題目：

Molecular orientation by a noncollinear optical parametric amplifier with a controlled carrier-envelope phase

(搬送波位相制御非共直線光パラメトリック増幅器による分子の配向)

氏名 足立 俊輔

搬送波位相(carrier-envelope phase)とは、「レーザー電場の包絡線のピークに対する、搬送波の相対的な位相」として定義される。近年、搬送波位相は、軟X線まで達する高次高調波発生や超閾イオン化などの過程におけるその重要性が認識され、注目を集めている。更に搬送波位相は、光周波数計測を始めとした精密計測学においても非常に重要な役割を果たすことが示された。このような流れの中で、フィードバック機構を備えたレーザー発振器及び再生増幅した高強度パルス of 搬送波制御技術、またそれらを光源とした搬送波位相に依存した現象の解明が、非常に興味ある一分野として成長しつつある。本論文の目的は、再生増幅器出力パルスの搬送波位相を受動的に制御し、そのパルスを光源として、搬送波位相に依存した物理現象を提示することである。(上記で与えた搬送波位相の定義は、周波数領域におけるスペクトル位相構造を用いて、より厳密な形で与えられる。)

本論文は、以下のような構成をとっている。

まず2章において、本論文に関連した幾つかの研究分野に対する概観を与える。

3章では、搬送波位相制御に用いた非共直線光パラメトリック増幅器(noncollinear optical parametric amplifier, NOPA; 図1)の設計と構成について解説する。チタンサフ

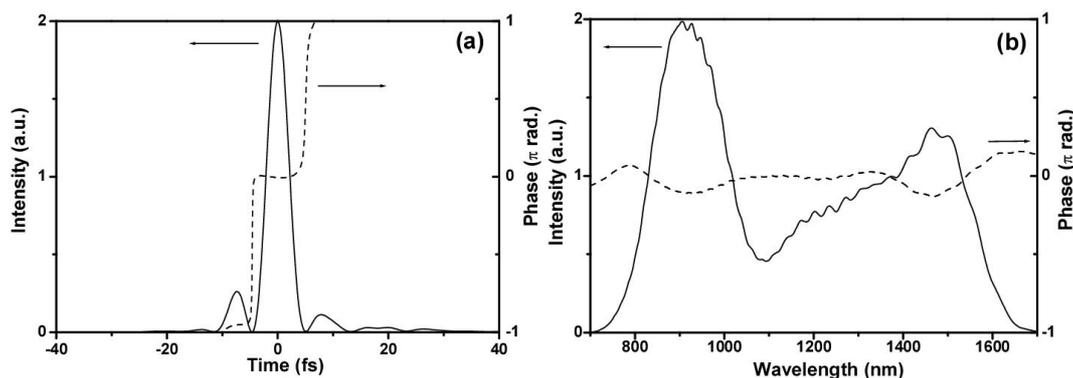


図2 最適化制御後のアイドラ光の(a)時間波形及び(b)波長スペクトル(実線)とその時間/周波數位相。

次に5章では、アイドラ光の搬送波制御を扱う。アイドラ光の800nm付近のスペクトル成分と、NOPAの機構で副次的に発生したアイドラ光の第二高調波の同じく800nm付近のスペクトル成分を干渉させることにより、「f-to-2f スペクトル干渉」を行う。ここで得られたスペクトル干渉パターンを元に、よく知られたフーリエ変換フィルタ法によりスペクトル位相を再構成する。その結果を、NOPAのポンプ光の経路に挿入されたフッ化カルシウム基板の角度にフィードバックすると、フッ化カルシウム中での物質分散によりポンプ光の搬送波位相は影響を受ける。更にその変化がNOPAにおいてアイドラ光に受け渡されることで、アイドラ光の搬送波制御は実現されている。以上の機構を用いた系に関して、搬送波位相の長時間安定性が評価され、引き続いて行われた搬送波位相に依存した実験に堪えうることが示された。

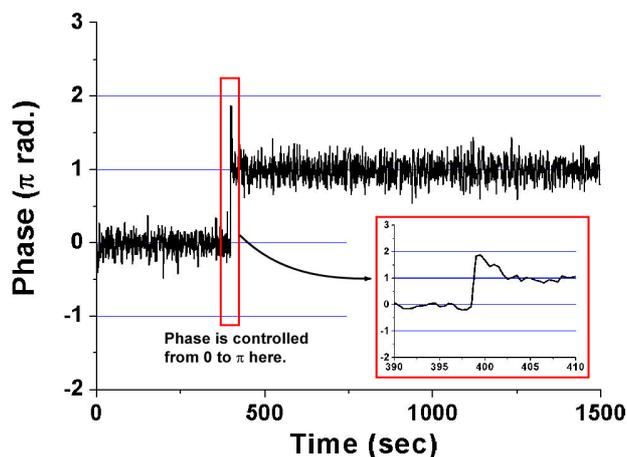


図3 搬送波位相の時間発展。数回(~5)のフィードバック制御の後、搬送波位相は0からπに制御されている。

引き続いて6章では、搬送波位相制御されたアイドラ光を用いて、光ポーリング過程の効率が制御できることが示される。搬送波位相を含めた形で光ポーリング過程を再考する過程で、搬送波位相を互いに共有する2つのパルスを用いた場合、光ポーリングの効率がそ

これらのパルスの搬送波位相に依存することがわかる。NOPA のアイドラ光のうち、1600nm、800nm のスペクトル成分を用い、光ポーリング過程によりアゾ色素 disperse red 1(DR1) 試料中に分子配向を誘起し、その分子極性配向が発生させる第二高調波信号を測定することにより、光ポーリング過程の効率が、搬送波位相によって制御されることを示した(図4)。

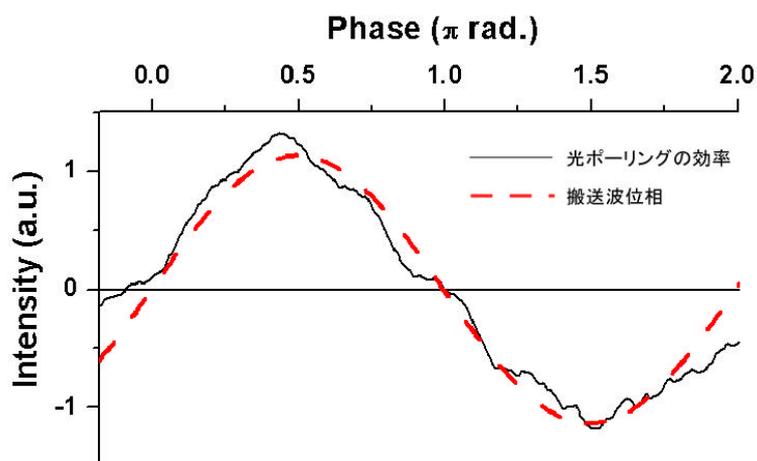


図4 光ポーリングの効率の搬送波位相依存性。

[1] A. Baltuska, T. Fuji, and T. Kobayashi, Phys. Rev. Lett. 88, 133901 (2002)

[2] S. Adachi, P. Kumbhakar, and T. Kobayashi, Opt. Lett. 29, 1150 (2004)