超短パルス発生・制御からみた分極反転デバイスへの期待

Periodically poled device for ultrafast science

藤 貴夫 (分子研)
Takao Fuji (Institute for Molecular Science)
E-mail: fuji@ims.ac.jp

周期分極反転ニオブ酸リチウム結晶 (PPLN) に代表される分極反転デバイスは、高い非線形屈折率を持っているので、高い効率での波長変換を行うことができる。このようなデバイスは、連続光やナノ秒パルスなど、狭帯域で低ピーク出力のレーザーの波長変換で実用化されている。このようなデバイスを超短光パルスの波長変換に用いる場合には、どのような特徴があるか、この講演では議論したい。

超短光パルスはもともとピーク出力が高いので、その波長変換において、高い非線形屈折率の物質を使う必要性はあまり高くないように思われる。増幅器出力のような非常にピーク出力の高いパルスの波長変換においては、広帯域な位相整合を満たすために、非線形屈折率が固体よりも何桁も小さい気体を非線形媒質として用いることすらある。

一方、発振器出力については、分極反転デバイスの高い非線形屈折率はやはり有用であり、古くから光パラメトリック発振器内の非線形媒質として PPLN はよく使われていた。講演者は、発振器から発生する 5fs のパルスを PPLN に集光することによって、自己位相変調によるスペクトル広帯域化と、二倍波発生および光整流信号発生を同時に行い、基本波と二倍波および基本波と光整流信号との干渉信号を観測することに成功した [1, 2]。この信号は、5fs パルスのキャリア・エンベロープ位相ゆらぎに由来するものであり、周波数コムの発生に極めて有用である。現在では、この手法は Femtolasers 社の発振器からの周波数コム発生に利用されている。

また、比較的ピーク出力の小さい (~μJ) 光パラメトリック増幅器における増幅媒質としても、PPLN、PPSLT などの分極反転デバイスはよく使われている。分極反転デバイスは、非線形屈折率が高いので、増幅率が高く、通常の結晶と同じ増幅率を得るのに、より長さの短い結晶を使うことになる。長さが短ければ、広帯域での位相整合が満たされやすくなるため、超短光パルスの増幅には適していると言える。ただし、一般的に、分極反転デバイスは、厚みを大きくできないので、高強度パルスの増幅は難しい。

著者は、分子研の平等グループで作製されている大きい厚みの分極反転デバイスが、高強度パルスの増幅に理想的であると考えている。実際に、講演者がマックスプランク量子光学研究所で光パラメトリックチャープパルス増幅の研究をしていたときに、平等グループから結晶を提供してもらい、2μm における高強度数サイクルパルスの発生に成功した [3]。当時は、結晶の厚み方向に増幅率のムラがあるという問題があったが、最近では、その問題も解決しており [4]、高強度数サイクルパルスの発生に有用なデバイスとして期待できる。

参考文献

[1] T. Fuji, J. Rauschenberger, A. Apolonski, V. S. Yakovlev, G. Tempea, T. Udem, C. Gohle, W. Lehnert, M. Scherer, T. W. Hänsch, and F. Krausz, Opt. Lett. **30**, 332 (2005).

[2] T. Fuji, J. Rauschenberger, C. Gohle, A. Apolonski, T. Udem, V. S. Yakovlev, G. Tempea, T. W. Hänsch, and F. Krausz, New J. Phys. **7**, 116 (2005).

[3] X. Gu, G. Marcus, Y. Deng, T. Metzger, C. Teisset, N. Ishii, T. Fuji, A. Baltuška, R. Butkus, V. Pervak, H. Ishizuki, T. Taira, T. Kobayashi, R. Kienberger, and F. Krausz, Opt. Express **17**, 62 (2009).

[4] H. Ishizuki and T. Taira, Opt. Express **22**, 19668 (2014).

© 2015年 応用物理学会