空気プラズマからの超広帯域コヒーレント赤外波の発生メカニズム

Mechanism for the generation of ultrabroadband coherent infrared wave from air plasma ¹大阪歯科大物理,²阪大基礎工⁰松原 英一^{1,2}, 永井 正也², 芦田 昌明²

¹Osaka Dental Univ., and ²Osaka Univ. [°]Eiichi Matsubara^{1,2}, Masaya Nagai², and Masaaki Ashida² E-mail: matsubara@cc.osaka-dent.ac.jp

2 色フェムト秒パルス励起の空気プラズマをもちいるテラヘルツ発生方法は、比較的簡便に広帯 域の連続スペクトルをもつテラヘルツパルスを発生させることができるため、基礎・応用の両面で 盛んに研究が行われている。その発生機構については、これまで主にプラズマ電流によるものと[1]、 四光波混合によるものが議論されてきた[2]。最近、低周波成分はイオン化した分子の振動によるプ ラズマ電流、高周波成分は中性分子を媒質とした四光波混合過程によって発生していると結論する 報告がなされている[3]。

我々は、時間幅を 10 fs に圧縮した光パルスを光源とした超広帯域テラヘルツ(赤外)パルスの発 生と、そのコヒーレント検出法の確立を目的として研究を行ってきた[4,5]。これまでに 150 THz を 超える周波数成分の発生と、コヒーレント検出を実現した。また、非線形結晶や波長板による分散を 考慮したシミューレーションを行い、2 色パルスの時間的重なりが、プラズマによる負の分散の寄与 によって実現されていることを見出した。しかし、第 2 高調波(SH)パルスの時間波形のモデル化 が適切でなかったために、最適な β-BBO 結晶(SHパルス発生用)、および α-BBO 結晶(群遅延補正 用)の厚みについて、実験との定量的な一致をみることができなかった。

今回、我々は SH パルスの時間波形を、β-BBO 結晶中の各深さ部分で発生する成分の重ね合わせ としてモデル化してシミュレーションを行った。Fig.1 は SH パルス発生用の β-BBO 結晶の厚みがそ

れぞれ 0.1、0.3、0.5 mm のときの基本波および SH パルス の時間波形を示したものである。我々は、プラズマ電流モ デルと四光波混合モデルの両方によるシミューレーショ ンを行い、結果を比較した。実験で得られた強度依存性と 分散依存性より、高周波領域を含む全帯域において、プラ ズマ電流モデルのほうが実験に近い結果をもたらすこと がわかった。また、最適な β-BBO、および α-BBO 結晶の 厚みについて、実験結果とより定量的な一致をみた。これ は、時間幅の短い光パルスを短焦点の集光素子(放物面 鏡)で集光することにより空気が強くイオン化し、中性分 子の寄与を凌駕していると考えることで理解でき、空気 プラズマを使ったコヒーレント赤外パルスの発生におけ る励起条件最適化の重要性を示唆する。

本研究は、JSPS 科研費(17K05084)の支援を受けて行われたものである。



Fig. 1 Simulated electric field profiles of two-color pulses for β -BBO crystals with thickness of 0.1, 0.3, and 0.5 mm.

参考文献

- [1] K. Y. Kim, J.H. Glownia, A. J. Taylor and G. Rodriguez, Opt. Express 15, 4577 (2007).
- [2] D. J. Cook and R. M. Hochstrasser, Opt. Lett. 25, 1210 (2000).
- [3] V. A. Andreeva, O. G. Kosareva, N. A. Panov, D. E. Shipilo, P. M. Solyankin, M. N. Esaulkov, P. González de Alaiza Martínez, A. P. Shkurinov, V. A. Makarov, L. Bergé, and S. L. Chin, Phys. Rev. Lett. 116, 063902 (2016).
- [4] E. Matsubara, M. Nagai, and M. Ashida, J. Opt. Soc. Am. 30, 1627 (2013).
- [5] E. Matsubara, M. Nagai, and M. Ashida, IRMMW-THz 2016, RA1-5 (2016).