

革新的光科学技術を駆使した最先端科学の創出
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

大饗 千彰

電気通信大学 量子科学研究センター
助教

非線形光学過程の自在な操作技術を基盤とした真空紫外域における原子・分子・光科学の創出

研究成果の概要

非線形光学が創始された当初、非線形光学過程は効率が悪く、これを長い相互作用長にわたってコヒーレントに積算する試みがなされてきた。結晶の複屈折性や媒質の分極反転を用いた位相整合の技術によって、このような非線形光学過程のコヒーレントな積算が可能となり、実用的な効率が得られるようになった。その後、この積算過程において様々な機構を組み込むことで、非線形光学現象の多様な操作がなされた。

非線形光学過程の操作という観点では、非線形光学過程そのものを操作するというアプローチも考えられる。非線形光学過程の進行方向とその速度はそこに関与する光の位相関係に強く依存することから、その位相関係を媒質内で任意に制御することができれば、非線形光学過程の進行を媒質内で自在に操作できる。実は、分散性の媒質を光路に挿入してその厚みを制御するという簡便な手法で、このような任意の光位相の操作が実現できる。報告者はこれまで、パラ水素を媒質としたラマン共鳴4波混合過程において、そこで発生する多数の周波数の光のうち特定の周波数を選択して発生する、すべての周波数の光を均等に発生するといった、非線形光学過程の多様な形態への操作が可能であることを示した[1]。

上記の光の位相関係を媒質中で任意に制御する技術の持つ高い自由度、位相操作量および位相操作位置の自由度、を用いることで、位相整合のようなコヒーレントな積算過程についてもより自由度の高いデザインが可能となる。本報告では、疑似位相整合(QPM)に着目し、ここに上記の位相操作技術を組み込むことを考える。従来、疑似位相整合は非線形光学媒質の分極反転によって実現されてきた。分極反転による位相操作量は基本的にはすべての非線形光学過程で一定の値、通常は π 、を取り、これが媒質による位相不整合量と一致するように、分極反転の周期を選択する。これに対して、本手法では非線形光学過程ごとに位相操作量を任意に選択できることから、非線形光学過程ごとに疑似位相整合条件を満たす/満たさないを選択する、といった自由度の高い操作が可能となる。

本研究ではこれを、パラ水素を用いたラマン共鳴4波混合過程に適用し、そこで発生するストークス・反ストークス光について疑似位相整合条件が、ストークス光・反ストークス光の両方で満たされる、片方のみで満たされるといった非線形光学過程の操作を実現し、非線形光学媒質中に光位相関係を任意に操作する機構を組み込むことで、疑似位相整合(QPM)について非常に自由度の高い非線形光学現象の操作が可能であることを示した。

【代表的な原著論文情報】

1. Weiyong Liu, Chiaki Ohae, Jian Zheng, Soma Tahara, Masaru Suzuki, Kaoru Minoshima, Hisashi Ogawa, Tetsushi Takano & Masayuki Katsuragawa, "Engineering nonlinear optical phenomena by arbitrarily manipulating the phase relationship among the relevant optical fields", *Commun. Phys.* 5, 179 (2022).