

3. 周期的レーザー光誘起グレーティングによるコヒーレント フォノンの生成と応用

石川 潔

本研究は光学的方法によるコヒーレントフォノン(超音波)の生成と、その基礎的な応用に関するものである。

光学的方法による音波の生成は単一パルス光照射によっても行うことができるが、方法的にもまた応用的にも特色があるのは、光誘起された過渡的グレーティングを用いる方法である。この方法では、空間的コヒーレンスのよいレーザーパルス光(平面波)を2つに分けて媒質中で交差させ、強度の空間周期的分布(干渉縞)を持った励起が行われる。光エネルギーが熱に変換されると媒質が空間周期的に熱膨脹をして、熱的グレーティング及び超音波が発生する。音波の波長はグレーティングの間隔によって決まる。また伝播方向は干渉縞に対して直角方向である。

本研究の特色の1つは交差する単一パルス対による励起だけではなく、パルス対による励起をフォノンの周波数(あるいはその整数分の一)で繰り返して、共鳴的に増強されたフォノンを発生させていることである。励起光として Nd:YAG レーザーの第二高調波(532nm)を使用し、このQスイッチ・モードロックパルス列を励起パルス列とした。この方法により振動数が 82MHz(モードロックパルスの繰り返し周波数)の整数倍(実験では 13倍の振動数の超音波まで)のかなり強い超音波を生成することができた。

超音波生成及び検出の基礎実験はエタノール、メタノール、やや粘性率の大きなものとしてエチレングリコール、熱膨張率の小さいもの

として水、を用いて行った。プローブ光を用い、その回折光強度と時間変化を観測することにより超音波の伝搬速度、減衰、周期的励起による共鳴効果などを調べた。また同時に熱的グレーティングの振舞いについても調べた。

次に等方的液体だけでなく、異方性を示す液晶についても同様の実験を行った。我々はまずネマティック液晶の MBBA、強誘電性液晶の DOBAMBC を手始めに選んだ。使用した液晶は棒状分子であり近接力により分子の配向が決まっている。そのため(光学的)性質は温度変化に対して敏感である。セルの壁に配向処理を施しその全体的な配向方向を決めることが多く、薄い(数 μm ~ 数 $100\mu\text{m}$)セルに充填された場合の液晶の性質に特に興味がある。過渡的グレーティングにより生成された音波(疎密波)はセルの壁面に沿った伝播方向になっており、このモードの音波に関してはトランスデューサーで励起することは困難である。液晶は粘性が大きく分子の回転には時間がかかる。つまり温度が上昇しても超音波の周期程度の時間では配向が温度分布に応じた秩序にならない。そこで超音波のように速い現象だけでなく、熱的グレーティングを観測することにより液晶の示す異方性を観測した。

プローブ光は媒質中に作られたグレーティングにより回折されるが、回折光強度の時間変化は、超音波と時間的に一定と見なせる熱的グレーティングの重ね合わせを反映している。液晶の場合、分子の配向方向により光学的主軸が決まっているだけでなく非線型性が大きいので、プローブ光の偏光方向(直線偏光)、励起光強度、液晶温度等をかえると、回折光強度に様々な時間的振舞いが見られる。その中でも我々は熱的グレーティングと超音波の干渉により、回折光強度の振動成分の位相がプローブ光の偏光方向・励起光強度に依存していること、また、遅い時定数しか持っていないと思われた液晶により回折光がパルス的

($\sim 100\text{nsec}$)に切り出されることを見出だした。

4. WT-IIIにおける複合電流駆動とトムソン散乱 による電子温度・電子密度計測

伊藤 岳彦

通常の誘導電場によるパルストカマク炉では熱的、機械的な疲労を避けることができないため、定常的なトカマク炉を実現することが必要になってくる。定常トカマク炉の手段として考えられているのは、高周波、中性粒子等による電流駆動である。高周波による電流駆動で最も成功しているのは低域混成波(LH波)による電流駆動である。しかし、将来、核融合炉を想定した場合、LH波はプラズマ表面加熱が効いて中心部への波の伝搬は難しいと言われている。このような制限を克服するものとしてLH波で電流駆動した電流に他のrfを複合させるのがよいと考えられ、その中でも電子サイクロトロン波(EC波)による加熱は近接条件が電子温度に依存しないので、最も有利だと考えられる。さらに

- 1) LH波は共鳴粒子のランダウ減衰に基づき運動量入力による電流駆動であるのに対してEC波は共鳴粒子のサイクロトロン減衰に基づきエネルギー入力による電流駆動でこの二者は違った原理に基づいていること。
- 2) EC波の共鳴条件より、トロイダル磁場を適当に選ぶことでLH波で生成した電流をになう高速電子を選択的加熱ができる。

などの物理的に興味深い点がある。

WT-IIIトカマク(大半径65cm, 小半径20cm)ではLH波(周波数2GHz, $P_{LH} \leq 350$ kW)により電流駆動したプラズマにEC波(周波数56GHz, $P_{EC} \leq 200$ kW)を重畳し高速電子加熱による電流駆動の実験を行った。その結果LH波で電流が保持されたプラズマにEC波を印加したところ、高エネルギーの電子と共鳴する磁場では、EC波入射に応じて後、硬X線の信号は増大した。但し、低エネルギー電子から放射される軟X線やトムソン散乱で測定したバルク電子の電子温度には変化がなかった。また電流上昇率が80kA/sのLHCDプラズマにEC波を印加したところ電流上昇率は200kA/sへ増大し、EC波がLH波の生成した高速電子を選択的に加熱し、より高い電流上昇率を得ることができた。以上の実験から、複合電流駆動の有効性が示された。