

## 審査の結果の要旨

論文提出者 與儀 剛史

本論文は「光ビート分光ブリュアン散乱による気体の超高分解能フォノンスペクトロスコーピー」と題し、高感度・高分解能の動的光散乱装置を開発し、気体における熱フォノンスペクトロスコーピーを確立することを目的として行われたものである。

熱フォノンスペクトロスコーピーはレーザーの出現とともに着実に進展を遂げ、物性研究における動的構造測定の重要な手法の一つとなっている。しかし測定可能な周波数帯や相が限られ、特に気体の緩和現象を測定することが非常に困難であるのが現状であった。本論文はこの状況を打開すべく、フォノン測定の標準技術として用いられるべき動的光散乱手法を確立することが目的とされている。

本論文の特色は、気体の熱フォノンスペクトルが約 1GHz 以下の低周波数域で測定困難であった原因を明らかにし、それらの問題を独自の手法を用いて解決したことにある。まず、ヘテロダイン原理を用いた光ビート分光手法を高感度化している。これにより従来、他の手法を含めても測定が不可能であった固体や気体における 1GHz 以下の熱フォノンスペクトル（ブリュアンスペクトル）を捉えることが可能になった。さらに一般的な前方散乱における集光方式を見直し、低周波数帯におけるスペクトル測定において影響の大きくなる装置幅を大きく減少させた。これにより気体の振動緩和を熱フォノンの位相速度分散を精密に捉えることに初めて成功した。さらに気体の熱フォノンスペクトルを詳細に解析することにより、緩和による光散乱スペクトルの変化を測定した。これにより、緩和現象を反映した緩和モードスペクトルが現れることを確認し、実験的に緩和パラメータを計測した。そこから、圧力による緩和パラメータの変化がないことを直接観察した。

本論文は 7 章から構成されている。

第 1 章は「序論」であり、本研究の背景と目的、および本論文の構成について述べられている。

第 2 章は「フォノンスペクトロスコーピーの背景」であり、熱フォノン測定における背景について述べられている。

第 3 章は「光ビート分光動的光散乱測定の高感度化」と題し、ヘテロダイン原理を用いた光ビート分光手法における感度の向上を行い、光学素子である BK7 ガラスや常圧下における気体における熱フォノンスペクトルに成功した手法とその結果が詳細に記述されている。

る。その結果、従来のスポット集光では前方散乱において測定波数幅がひろがり、非常に大きなスペクトル測定誤差を生じて測定精度が低下することが明らかになった。

第 4 章では「前方散乱における集光方式の開発」と題し、前方光散乱において感度と測定精度を同時に成り立たせるために開発した集光方式とその結果、および波数空間における考察が詳細に記述されている。

第 5 章では「Brillouin 光散乱による緩和測定」と題し、本研究で開発した高感度・超高分解能動的散乱装置を用いて、 $\text{CHClF}_2$ (freon22)ガス、 $\text{CHF}_3$ (freon23)ガスの熱フォノンスペクトル測定を行い、そのピークシフトから熱フォノンの速度分散を求め、振動緩和により生じる分散を捉えている。また、超音波測定による緩和定数と熱フォノンスペクトルによる緩和定数が一致することを確認している。

第 6 章では「気体における緩和モードスペクトル」と題し、上記で開発した動的散乱手法をより改良することで、freon23 ガスにおける並進-振動緩和によって熱フォノンスペクトル（ブリュアンスペクトル）の一部が、ゼロ周波数にピークをもつモードとして現れることを実験的に確認している。また、スペクトルを動的構造因子でフィッティングすることで緩和周波数、緩和強度を求め、それらが熱フォノン分散から得られる値と一致することを示している。ここで、熱フォノン測定または音波測定では、圧力又は測定周波数を変化させることではじめて緩和情報を得ることができるが、一方、緩和モードスペクトルひとつからは、緩和情報を完全に得ることができる。そこで、各圧力下における緩和周波数、緩和強度を緩和モードスペクトルから測定し、理想気体状態から明確なずれが現れる高圧下においても、緩和定数は低圧下における値と一致することを明らかにしている。

第 7 章は「結語」と題し、本論文の内容を簡潔にまとめている。

以上のように、本研究では汎用性の高い高分解能動的散乱手法を開発し、従来測定ができなかった前方光散乱による熱フォノンスペクトルスコーピーを確立している。本研究の成果は、動的散乱測定の今後の発展のために不可欠であると同時に、ソフトマターの物性研究全般への寄与が大きく、したがって物理工学への貢献も大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。