

論文審査の結果の要旨

氏名 上岡隼人

フォノン、エキシトン、プラズモン、マグノンなどの素励起の緩和過程は、固体物理学の基礎および応用分野における重要なテーマの一つであり、近年、活発な研究が展開されている。これまで、固体中の素励起の研究は、おもに中性子散乱、磁気共鳴、ラマン散乱、赤外線分光などの方法により、時間平均された平衡状態について測定が行われてきた。しかし、素励起の動的挙動を調べるには、ピコ秒からフェムト秒の時間分解が必要であり、近年の超短パルスレーザーによって、その研究の端緒が開かれつつある。本研究では、その流れを大きく発展させるねらいから、素励起による誘電変調を実時間観測する時間領域分光法を新しく開発し、いくつかの基本的物質系に応用した。

時間領域分光に用いた装置は、論文提出者が自ら手作りで組み上げたものである。モードロックチタンサファイアレーザーを光源とし、25 fs の時間分解能を達成している。また、シェーカー法と呼ばれる光路長を変調する方法を採用することによって感度を高め、 10^7 のオーダーの誘電変調まで観測できるシステムを作り上げた。

これを用いて、狭ギャップ半導体である InAs, InSb について時間領域分光測定を行い、コヒーレントプラズモン・フォノン結合モードの観測に成功した。プラズモンとフォノンに関する結合モデルを用いてシミュレーション計算を行ったところ、InAs 中のプラズマ振動の位相緩和時間が 4 fs 以下であると見積もられた。

さらに、上記の測定法を二次元スピン梯子物質であるバナジウムブロンズ(NaV_2O_5)に対して適用した。サンプル表面の状態をよく選別することによって、この物質に対する時間領域分光を実現させた。資料の温度を変化させながらスペクトルをとっていくと、スピン整列がおこる臨界温度 (35 K) 前後でスペクトルの様相が大きく変わった。特に、 300 cm^{-1} のバンドは、臨界温度以下で強度が大きく増大することから、これがスピン秩序状態と相関をもったフォノンモードであると考えられる。さらに、円偏光を用いることにより、基底状態からのコヒーレントなスピン波励起 (コヒーレントマグノン) と思われるモードを初めて見出した。この結果は、論文提出者が開発した時間領域分光法が、コヒーレントなスピン波励起の研究に大きなブレークスルーをもたらしうることを意味している。

このように、本論文は固体中の素励起に関して、一般性のある新しい方法論を開拓するとともに、それを実際の物質系に適用し、意義ある科学的成果を収めたものである。また、本論文における成果は、研究協力者の助言の下、すべて論文提出者が自らの着想と努力で切り拓いたものである。よって、審査委員会は全員一致で、論文提出者が博士 (理学) の学位を授けるに十分な資格を有すると判断した。