

大阪大学工学部

応用物理学科第六講座



研究室紹介

中 島 信 一*

1. は じ め に

本第六講座は昭和43年に改組拡充によって発足した。三石明善教授が最初に本講座を担当され、平成3年から中島信一が担当している。現在研究室は播磨弘助教授、溝口幸司助手、木曾田賢治教務職員が研究スタッフとして、大学院後期課程2名、前期課程7名、学部4年生5名の陣容である。

本講座は遠赤外分光、光散乱分光、蛍光分光などの分光手段を用いた固体材料の物性研究を目指して出発した。現在は、ラマン散乱分光を重点的に取り上げているが、顕微ラマン分光法の開発と、半導体を中心とした固体材料の評価解析に力を入れている。また最近ではミリ波・サブミリ波領域の分光手段として干渉分光器の開発を行い、この領域での種々の物質に対する光学特性の測定に応用している。

研究室で現有している主な装置は

ラマン散乱分光装置

走査型ラマン顕微鏡装置

ミリ波・サブミリ波干渉分光計(透過型)、及び(反射型)

ホットウオール超格子作製装置

であり、遠赤外FT-IRの装置も現在整備を進めている。

2. 研究の概要

(a) ラマン散乱分光法の開発

*Shin-ichi NAKASHIMA

1935年9月4日生

昭和35年京都大学大学院修士課程物理学専攻修了
現在、大阪大学工学部応用物理学科、教授、理学博士、光物性、分光学

TEL 06-877-5111 (内4666)

強力な単色光源であるレーザーの出現以来、ラマン散乱分光の研究は飛躍的な発展を遂げ、種々の物質に対するデータが豊富に蓄積されてきた。これらのデータを基にして材料の評価、分析をする試みがこの10年間に盛んになってきた。我々は固体材料の評価解析を行うためには、マイクロアナリシスの手法が不可欠であると考え、顕微ラマン分光法の開発に取り組んできた。

我々はレーザーの点照射方式とピエゾ素子を用いたX-Y可動ステージを組み合わせた、マルチチャネル検出器を導入することによって、波数精度の良いスペクトルが得られ、レーザー照射再結晶シリコン膜やイオン注入シリコン表面層の結晶性の評価、GaPダイオードのキャリア濃度分布の解析などに威力を発揮した。

この顕微ラマン測定に付随して、レーザー再結晶化シリコン薄膜の局所結晶方位を決める必要性にせまられて、溝口と共にラマン散乱によるダイヤモンド型結晶の結晶方位決定法を開発した。これはシリコンの結晶方位が1ミクロンの空間分解能で、また±1度の精度で求められるユニークな手法である。

ラマン顕微鏡は、電子顕微鏡のように二次元イメージが得られれば、情報量は格段に増加する。しかし、点照射方式では100×100ミクロンの領域のラマンイメージを1ミクロンの空間分解能で得ようとすれば20時間以上を要していた。最近、マルチチャネル光検出器としてCCD検出器を用い、レーザーの線状あるいは面照射方式を採用して短時間でかつ精度の良いイメージを得ることを検討している。

(b) ラマン散乱分光法の応用

本講座でラマン散乱の研究を始めた頃は、へ

リウムネオンレーザーとダブルモノクロメーターが一台あるだけで、写真乾板測定から始めたが、しばらくしてロックイン増幅器が入り、やっと電子計測が出来るようになった。しかし励起光としてのレーザーの出力が小さく、また可視の長波長領域では光電子増倍管の感度が悪く、測定出来る物質が限られていた。そこで共鳴効果が大きい赤色の物質を色々と探して測定を行った。この中にたまたまGaSeやHgI₂のような層状物質があった。これがきっかけで低次元物質の代表例である層状物質を取り扱うようになり、ラマン散乱の測定を通じて、層状物質の原子結合の性質をある程度解明できた。この仕事は、層状物質に3次元物質がシート状になってインターカレートされた構造を持つ「非整合層状物質」の研究につながっている。

層状物質の中で、あるものは層内の構造が同じでも、層の積み重なり方が異なるポリタイプ（結晶多型）を示す。このポリタイプには折り返しモードと呼ばれる特有のラマン線が現れるが、このスペクトルと積層構造には密接な関係があることが分かってきた。我々は測定した折り返しモードの強度分布の解析から、積層構造が決定できる事を見いだしたが、この純光学的な手法とx線回折の結果とは完全に一致した。この解析手法は、多くのポリタイプを持つシリコンカーバイド(SiC)に拡張され、層状物質の場合と同様にラマン散乱からポリタイプ構造が決定できることが確かめられた。現在では単位胞に44層のSi-C二重層を持つ132Rポリタイプの構造決定が出来ている。

SiC結晶は最近青色発光素子の候補として、また高温動作トランジスタの材料として注目されている材料である。SiCでは異なるポリタイプが発生し易く、このバンドキャップや電子移動度がポリタイプに依存して変わるので、ポリタイプの制御はSiCの素子作製にとって欠かす事が出来ない。マラン測定はポリタイプ判定法として強力な手段で、x線回折に代わる手段として多く利用されるであろう。

II-IV族半導体の超格子や量子井戸は青色領域でのレーザーダイオードとして有望視されている。しかし格子定数がほぼ等しい2つの結晶

の組を選ぶことが難しく、ヘテロ接合系には常に歪が発生する。本研究室ではII-VI族化合物としてZnTe, ZnSe, CdSeを取り上げ、組み合わせを変えた超格子をホットウォール装置で作製し、その物性をラマン散乱やルミネッセンス測定から解析している。ラマン散乱は物質の構造解析に強力な武器になるだけでなく、その物質の原子結合の性質についても情報を与える。本研究室ではさらに酸化物高温超伝導体、半導体超薄膜、有機結晶などを取り上げ、これらの物質が示す特異な性質や機能と関連付けてラマン散乱を調べている。

(c) ミリ波・サブミリ波分光法の開発

本研究室におけるミリ波・サブミリ波領域での分光計の開発は、科学技術庁の委託を受け、「新ビーム技術による高機能性材料の分析・評価技術に関する研究」の一環として行われた。ミリ波・サブミリ波領域の分光は星間物質の検出をねらいとする赤外天文学、プラズマ計測、生体物質計測、さらには衛星通信にとって重要な技術である。しかしこの帯域では強い連続光源がなく、純光学的手法を用いる赤外分光と、導波管立体回路を用いるマイクロ波分光の中間にあって、分光計の構造が複雑になるなどの原因で分光法の開発がほとんど進んでいなかった。またこの帯域の素子を設計するのに必要な固体材料の光学定数も知られていないのが現状である。我々のグループでは各種の結晶（半導体、誘電体、磁性体）など、セラミックス、ガラス、高分子などについてこの領域の出来る限り精密なデータを得る目的で分光計を試作した。

まず我々はコヒーレントで波長が連続可変な後進波管(BWO)の光源を用いたマッハツエンダー型干渉分光計を試作した。この分光計は透過モードでの測定には適しているが、測定精度の低下の原因となる定在波が立ち易い。また不透明で反射率の高い物質には適していない。

従って我々は吸収係数が大きく、反射測定しかできない物質の解析のために平衡型変形マイケルソン干渉分光計を次に設計、試作した。試作した分光計の特徴は、定在波の発生を避けて干渉法で電磁波の強度と位相を測るために、同一装置で複素誘電率の実部、虚部が広い波長範

罅にわたって求められることにある。

これらの試作した装置を用いてこれまで、セラミックス、誘導体、Si、GaAsなどの半導体、

酸化物高温超伝導体の測定を行い、75—170 GHzの領域における光学定数の決定、伝導率の推定などを行ってきている。

