

# レーザーダイオードを用いた自己混合型高分解能 ブラッグ反射光検出装置の構成法および同装置の 超音波スペクトロスコピへの応用に関する研究

Investigation on Synthesis Design of a New Bragg Reflection Detection Instrument for  
Ultrasonic Spectroscopy based on Self-mixing Effects for Laser Diode

矢 来 篤 史

Atsushi YARAI

物質中を伝搬する音波の音速やその減衰係数を測定し、その周波数依存性、つまりスペクトラムを得ることを超音波スペクトロスコピといい、その重要な応用例として物性の研究があげられる。すなわち、物質における緩和機構の解明をはじめとし、物質の相転移、格子欠陥などの研究にそれは広く用いられている。これらの研究においては、超高周波領域（数100MHz～数GHz）における超音波測定が必要とされるが、同領域においては音波エネルギーの減衰が著しく大きいため、一般に広く用いられている簡便なパルスエコー法などを用いる音速等の測定は極めて困難である。この問題を解決するため1982年に高木らは高分解能ブラッグ反射（HRB）法を開発した。本法は同領域の測定において有効な方法ではあるが、その測定装置は機械的な強度が弱く大型でかつ多くの調整箇所をもつと共に高価であり、比較的高出力のレーザー光を使用するため被測定試料に対して損傷を与えるなど多くの問題点を有していた。そこで本研究では、レーザーダイオード(LD)における光帰還による自己混合効果に着目し、超小型高分解能ブラッグ反射検出装置を新たに開発すると共に、これらの問題点の解決を目指した。

まず、本開発装置の動作原理はつぎのとおりである。光学的に透明な試料（主として液体）に100MHz～1GHzの超音波を励起する。そこへLDからの光を照射し、音波の波面と光入射角がブラッグ反射の条件を満足したとき、そこからの反射光はドップラ効果により音波周波数のみシフトしたものとなり、LDに帰還される。LD内部では周波数混合が行われ、LDパッケージ内部に設けられているpinフォトダイオードにより、ブラック信号として検出される。本装置の特徴として、1) 超小型（検出部は手のひらサイズ）、2) 低光出力（1mW以下）、3) 完全無調整、4) 安価、5) 機械的に強固で可搬などがあげられる。

本研究においては、主として、1) 装置構成法、2) 電気的基礎諸特性、3) 音速等既知試料を用いた測定などにつき検討し、本提案装置の有効性を明らかにすると共に、今後の検討課題および改善策を明確化できた。すなわち、測定におけるダイナミックレンジ、検出信号の信号対雑音比(S/N)、音速測定誤差として、それぞれ、少なくとも20dB、25dB以上、5%以下を実現できたと共に、信号揺らぎの測定精度に与える影響を検討しその改善策について見通しを得た。

なお本研究の成果の一部を米国電気電子学会（IEEE）主催の測定に関する国際会議（IMTC/2000）において発表し、同会議論文集により公表した。