

直線集束ビーム超音波顕微鏡によるオプトエレクトロニクス材料 特性解析評価法に関する研究

櫛引 淳一（東北大学大学院工学研究科）

1. はじめに

近年、光通信技術と密接な関係にあるオプトエレクトロニクスの発展は目覚ましく、光制御あるいは光応用諸技術を支える電子材料の中でLiNbO₃、LiTaO₃単結晶の果たす役割は大きい。デバイスの究極的性能はその材料の品質によって左右され、デバイスの作製プロセスの制御に依存する。現在の重要課題は、これらの単結晶の大口径化・超高品質化であり、それらの材料の基板間および基板内の電氣的・物性的諸特性の均一化である。材料の問題としては、第一には、単結晶中のバルク特性の改善であり、第二には、単結晶の基板を作製・加工する過程で導入される表面加工層・変質層の問題である。また、デバイス作製プロセスを含めた材料の問題としては、Ti拡散層、プロトン交換層、分極反転層など材料基板表面に形成された層状構造の薄層付基板材料の特性がある。表面加工層や薄層に関わる問題は、とりわけ導波路型光デバイスのように表面1 μm近傍の基板の物理特性が要となるデバイスにおいては、極めて重要である。上記の問題を解決するためには、材料あるいはその表面の高精度の特性解析・評価を行う必要があり、新しい材料解析評価技術として直線集束ビーム（LFB）超音波顕微鏡を開発し、応用している。最新の本研究課題と関連した結果の概要を報告する。

2. LFBシステム

最新のシステムでは、測定環境をより精密にコントロールし、システム校正法を確立し、漏洩弾性波表面波（LSAW）速度の相対測定分解能0.002%、絶対測定制度0.02%を達成した[1]。単結晶インゴットあるいはウェハの選別という実際的な利用も可能となっている。最近では、下記のLiNbO₃、LiTaO₃単結晶材料およびデバイス作製プロセスの諸問題の解決手段として検討を進めている。

3. 応用例

A. 市販の光用LiTaO₃単結晶の化学組成評価[2]：Y軸方向に引き上げた直径101mm、長さ79mmの結晶から、結晶内の引き上げ軸方向の均質性を検討するためZ-cut板を作製した。超音波周波数を225MHzとし、LSAW速度の分布を測定した。化学組成の分布を定量的に評価するために、あらかじめ、化学組成比の異なる3本の結晶を引き上げ、LSAW速度と密度およびキュリー温度の関係を求め、検量線を作製した。市販の単結晶においては引き上げ軸方向には0.45 m/sのLSAW速度の分布があり、これを化学組成比および密度の分布に換算すると、それぞれ、0.015 Li₂O-mol%、0.25 kg/m³の変化に対応することを明らかにした。

B. 光導波型デバイス作製システムの評価[3]：プロトン交換層作製システムの評価に適用し、シミュレーション実験を行った。システムパラメーターの一つとしてピーカーサイズを取り上げ、200cc、300cc、500ccの3種類のピーカーを用いて2インチのLiTaO₃ウェハ全面をプロトン交換した試料を作製した。異なったプロファイルのLSAW速度分布が得られ、これは処理温度の分布の違いを反映していることを明らかにした。また、プロセス中に基板表面に形成されたダメージ（マイクロホール）をこのシステムで初めて検出した。これは、プロセスと結晶欠陥の相互作用の結果として現れたものと考えられる。

4. おわりに

より高性能のデバイスの実現、あるいはより歩留まりのよいデバイスの作製のためには、均一な高品質基板の供給が重要なポイントであり、近い将来、非破壊的・非接触的選別という観点からLFBシステムが大いに貢献できるだろう。基板表面の特性は今後の最も重要な難しい研究課題である。いずれにしても、精密測定ができるようになってはじめて、新しい材料の問題が明示されてきたように思える。

最後に、本研究に対してご援助いただいた石田（實）記念財団に謝意を表したい。

文献：[1] J. Kushibiki and M. Arakawa, "A method for calibrating the line-focus-beam acoustic microscopy system", IEEE Trans. UFFC, Vol. 45, pp. 421-430 (1998). [2] 奥澤匡, 櫛引淳一, "直線集束ビーム超音波顕微鏡による光学用LiTaO₃単結晶の均質性の評価", IEICE Technical Report Vol. 98, No. 270, US-98-46, pp. 23-30 (1998). [3] 宮下雅仁, 櫛引淳一, "直線集束ビーム超音波顕微鏡による光導波型デバイス作製システムの評価", IEICE Technical Report Vol. 98, No. 270, US-98-47, pp. 31-38 (1998).