

ピコ秒超音波法による透明媒質中の音速と屈折率の ナノスケール分解能 3次元イメージング

3D picosecond ultrasonic nanoscale imaging of

sound velocity and refractive index in transparent materials

北大工, °(M1)窪田 晃久, 友田 基信, 松田 理, O. B. Wright

Hokkaido Univ., °Kubota Akihisa, Tomoda Motonobu, Matsuda Osamu, Oliver B Wright

E-mail: kubota-713-elms@eis.hokudai.ac.jp

薄膜の利用において物性値の空間的な不均一さは重要な要素になっている。不均一性の要因としては、内部と界面での物理的・化学的な作用の違いや、膜成長法によるものなどが挙げられる。その不均一性のため、サブミクロンの薄膜に対して非接触・非破壊で機械的・光学的な性質の分布をナノスケールの分解能で測定する技術が必要になってきた。

そこで Lomonosov らはピコ秒超音波法によって、厚さが $1\mu\text{m}$ のフィルムに対して、 80nm 程度の分解能で音速と屈折率の深さ分布を測定することに成功した。^[1]ポンプパルス光により超音波パルスを励起し、そこに異なる波長のプローブパルス光を入射させる。プローブ光は試料の界面と超音波パルスで反射するため、干渉し、プローブ光の反射率が時間変化する。この反射率の振動をブリルアン振動と呼ぶ。ブリルアン振動の振動数は超音波が局在する場所での音速と屈折率の情報を持つ。またその振動数は入射角によって変化する。したがって複数の入射角でのプローブ光の反射率時間変化から、それらの物性値の深さ分布を抽出することができる。しかし、その手法では実験系が複雑なため、測定に大幅な時間と手間がかかり、かつ、横分解能が $1.5\mu\text{m}$ 程度と深さ分解能より大変劣っており、横方向の分布測定が行えずいた。

本研究では前述の Lomonosov らの手法を改良した新たな手法を提唱するものである。対物レンズに液浸の高開口対物レンズを用いることによって横分解能をあげ、試料を横方向に移動させて測定することで、音速と屈折率の空間分布を測定できる。また高開口レンズによって、プローブ光パルスの入射角の操作の自動化に成功した。今回の実験では測定精度の確認のため、音速 5.660km/s 、屈折率 1.53 のカバーガラスで測定を行った。Fig.1 はブリルアン振動の角度依存性を示したものである。音速と屈折率が一定という近似のもの

とでは音速 5.662km/s 、屈折率 1.510 と高い精度の測定を行うことに成功した。今後は音速と屈折率が不均一に分布している試料の 3次元イメージングを行っていく。

[1] A. M. Lomonosov, et al, ACSNANO 6, 1410-1415 (2012)

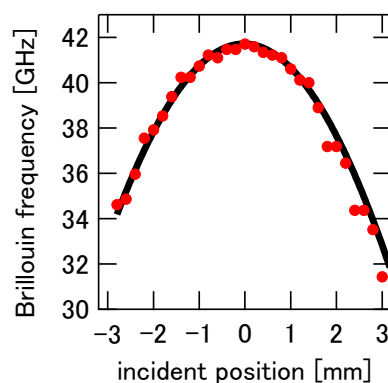


Fig.1 Incidence angle-dependent Brillouin frequency. Red dots show experiment data, and black line show fitting curve.