

周期的パルス光源を用いた表面音響波イメージングにおける 任意周波数音響波の生成・検出

Generation and detection of acoustic waves at arbitrary frequencies in surface acoustic wave imaging with periodic light pulses

北大院工 ○ 松田 理, 兼子 翔伍, 友田 基信, オリバー B. ライト

Faculty of Engineering, Hokkaido University ○ Osamu Matsuda, Shogo Kaneko,

Motonobu Tomoda, Oliver B. Wright

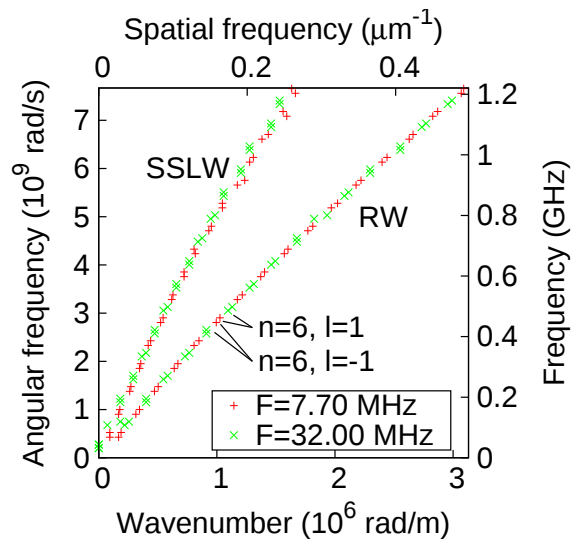
E-mail: omatsuda@eng.hokudai.ac.jp

ピコ秒時間幅の光パルスを固体試料表面に集光して照射すると、急峻な熱応力発生等により GHz 周波数領域の表面音響波が励起される。この音響波の伝播による表面変位の二次元空間分布を遅延された光パルスと干渉計を用いて検出することにより時間分解二次元表面音響波イメージングが実現される [1]。測定された時空間データからは試料の構造や弾性的性質についての様々な情報が得られる。特に時空間データのフーリエ変換から得られる音響波の分散関係は試料の音響的性質を理解する上で有用で、フォノン結晶等の様々な試料について研究が行われている [2]。

これらの測定では周期的な光パルス列を生成するモードロックレーザーを光源として用いることが一般的である。しかしながら、この場合、励起・検出される音響波の周波数がレーザーの繰り返し周波数の整数倍に限られ、分散関係の解析において十分な周波数分解能が得られないという問題が生じる。

我々は、この問題を解決するために、周期的光源を使用しつつ任意周波数の音響波を生成・検出する方法を開発した [3]。音響波の生成においては、繰り返し周波数 f_0 のポンプ光パルス列強度を周波数 F で変調したものを用いることで、周波数 $nf_0 \pm F$ (n は正整数) の音響波を生成する。検出においては、プローブ光による検出信号から二位相ロックインアンプを用いて F の変調信号との同相成分と直交成分を抽出し、これらから複素信号を構成する。これは遅延時間の関数となっており、遅延時間領域でフーリエ変換すると $nf_0 + lF$ ($l = \pm 1$) の成分が

正負の周波数域に分離される。右上図はクラウンガラス基板上に 40 nm 厚の金薄膜を蒸着した試料について $f_0 = 75.69$ MHz, $F = 7.70$ MHz および $F = 32.00$ MHz で測定した結果から得られた分散関係である。 $l = \pm 1$ に対して異なる波数が得られている。周波数分解能はここでは 20 MHz 程度となっているが、必要に応じて如何様にも細かくできる。この手法は音響波測定に限らず、周期的な励起を用いるポンププローブ法全般に適用できる。



[1] T. Tachizaki, T. Muroya, O. Matsuda, Y. Sugawara, D. H. Hurley, and O. B. Wright, Rev. Sci. Instrum. 77 (2006) 043713.

[2] D. M. Profunser, O. B. Wright, and O. Matsuda, Phys. Rev. Lett. 97 (2006) 055502.

[3] S. Kaneko, O. Matsuda, and M. Tomoda, AIP adv. 4 (2014) 017142.