

GHz 表面弾性波を用いた超音波トモグラフィーによる画像再構成

Image reconstruction in GHz surface-wave ultrasound tomography

北大工¹ ○(M1)武田 颯¹, Paul Otsuka¹, 友田 基信¹, Oliver B. Wright¹

Hokkaido Univ.¹, ○Hayato Takeda¹, Paul Otsuka¹, Motonobu Tomoda¹, Oliver B. Wright¹

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

トモグラフィーは断層撮影法とも訳されるように、測定対象の内部構造を断面図として取得する方法である。画像取得には対象の外周をスキャンすることのみを必要とし、一切の損傷を与えずに構造を明らかにする利点がある。そのため X 線 CT など臨床検査を中心に、建材の亀裂検査や地質調査など多くの領域で応用されている。超音波トモグラフィーの場合、構造により散乱を受けた超音波の波形をもとに物体内部の音速や超音波の減衰率分布を再構成する[1]。再構成画像の空間分解能は超音波の周波数に依存し、特に GHz 帯の超音波はミクロスケールの分解能を実現しうるが、励起・検出の技術的な問題や高減衰性から未だ報告はない。表面画像の取得に限定した場合、GHz 帯超音波を用いたイメージングとしてポンププローブ法に基づく表面弾性波イメージングがある[2]。この方法はポンプパルス光の吸収から生じる熱応力により超音波を励起し、伝播の様子をプローブパルス光の反射率変化から観測する。ミクロスケールで表面イメージングを可能とし、測定領域全体に対してプローブ光の空間スキャンを行う必要があった。

本研究はこれら 2 つの手法を組み合わせることで、測定領域外周のスキャンのみにより領域内の表面イメージングを目指すものである。実際には測定領域を囲う円上の 1 点を表面弾性波の励起点とし、同一円周上の複数点において散乱波の測定を行う。検出波をフーリエ変換した後、検出点と周波数成分ごとに逆空間上の定められた点に値を配置する。この操作を励起点が円周上を一周するまで繰返すことで逆空間を埋め、逆フーリエ変換により表面構造の再構成を実現する。ただし、このような再構成の方法は弱散乱体構造に対して用いられることが前提となっている。今回、有限要素法ソフトウェア PZ-Flex を用いた数値計算によりガラス基板の中心に穴を開けたモデルの再構成画像を取得した。測定領域は直径 40 μm の円内とし、5° 毎計 72 点を測定点とした。測定点のうちの 1 点を中心に直径 4 μm の領域を点波源とし、動径方向にガウシアン微分形応力を与えた。振幅は 1/4 周期分の sin 形で変化するよう設定し、継続時間を 8.4 ps とした。Fig.1 は 1.0 - 1.1 GHz、波長 3 μm 程度の表面弾性波から 40 μm 四方領域の減衰率分布を再構成したものであり、直径 8 μm 深さ 0.2 μm の穴に対応する像を得た。再構成の理論上では波長程度の空間分解能で画像が得られるが、この結果から期待される分解能で弾性特性の再構成が実現可能であると考えられる。本手法により、全体スキャンを必要としない表面イメージングの確立が見込まれる。また深さ方向にも画像再構成ができるよう測定系や解析方法を拡張することで、ミクロスケールでの三次元超音波トモグラフィーの開発が期待できる。

[1] A. J. Devaney *et al.*, Ultrasonic Imaging, **6**, 181 (1984)

[2] Y. Sugawara *et al.*, Phys. Rev. Lett., **88**, 185504 (2002)

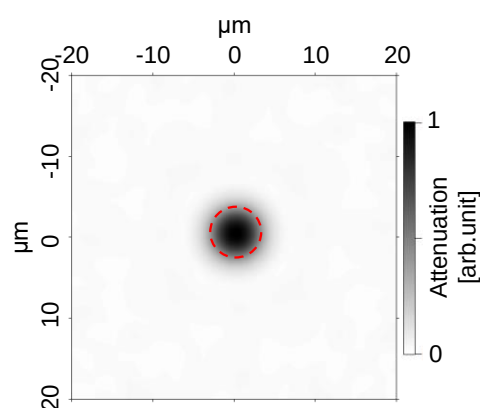


Fig. 1 Reconstructed image of 40 $\times$ 40 μm glass surface with 8 μm diameter cylindrical hole of depth 0.2 μm . The reconstructed value is proportional to attenuation of surface acoustic wave. The dashed line shows the position of the hole.