

粘弾性—弾性構造を伝搬する Love波の伝搬特性

SATテクノロジー・ショーケース2016

■ 研究背景

あらゆる工業分野で利用されている高分子材料は、弾性と粘性を併せ持つ性質、粘弾性が顕著であることが知られている。例えば光硬化性樹脂は可視光や紫外線の照射により硬化する高分子材料の一種で、ナノインプリントによる半導体製造や液晶ディスプレイに対するコーティング・接着など、半導体・エレクトロニクス分野で盛んに利用されている。一方、光硬化性樹脂は光の照射によって液体から固体へ変化するため、その粘弾性は劇的に変化する。従って、粘弾性材料が要求された機能を発揮するためには経時的な粘弾性評価が必要不可欠である。

これまで提案されている粘弾性評価手法の一つとして、SH-SAW(Fig. 1(a))を用いる手法が挙げられる。SH-SAWは圧電性を有する基板上を伝搬する弾性表面波の一種であり、基板上の粘弾性体にSH-SAWを伝搬させ、その伝搬速度や減衰を測定することで粘性率や密度を推定する。しかしながらSH-SAWは圧電性を有する基板上でのみ伝搬可能な波動であることから、粘弾性体の評価可能範囲がセンサの寸法に制限される、粘弾性体のセンサが接触する等の問題がある。光硬化性樹脂のコーティングなど、広範囲の粘弾性を大域的に評価するためには、SH-SAWと同等の性質を有する波動を用いて直接触れずに粘弾性を評価する手法を検討する必要がある。

■ 研究内容

本研究では、SH-SAWと同等の性質を有する波動としてLove波(Fig. 1(b))に着目した。Love波はSH-SAWと同等の波動的性質を持ちながら、圧電基板上でのみ励振可能という制約が無いため、SH-SAWよりも大域的な粘弾性評価が可能となる。本研究では基礎的検討として、粘弾性パラメータが粘弾性表面層と弾性基材を伝搬するLove波の位相速度に及ぼす影響について有限要素解析を用いて検討した。

Fig. 2に有限要素解析により得られたLove波の周波数-位相速度の関係を示す。表面層の粘性率は $\eta_1 = 1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ である。Fig. 2において、周波数の増加に伴い変化する黒い曲線がLove波の位相速度分散曲線である。この時、弾性率の変化によってLove波の位相速度分散曲線も変化する。特に、表面層の剛性率 $\mu_1 = 0.5 \text{ GPa}$ の時、高周波側で縮退する位相速度が約700 m/sであったが、 $\mu_1 = 1 \text{ GPa}$ の時、1,000 m/sに増加している。この解析結果はLove波の特性方程式から導出される理論分散曲線(図中丸印)と一

致している。

以上より、Love波の伝搬特性変化から表面層の粘弾性パラメータを評価できる見込みを得た。今後は、伝搬特性を測定することで粘弾性パラメータを逆推定する手法について検討を行う予定である。

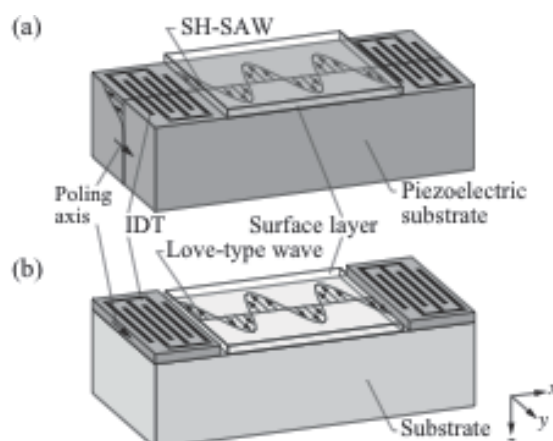


Fig. 1 Comparison of viscoelastic evaluation method; (a) using SH-SAW, (b) using Love-type wave.

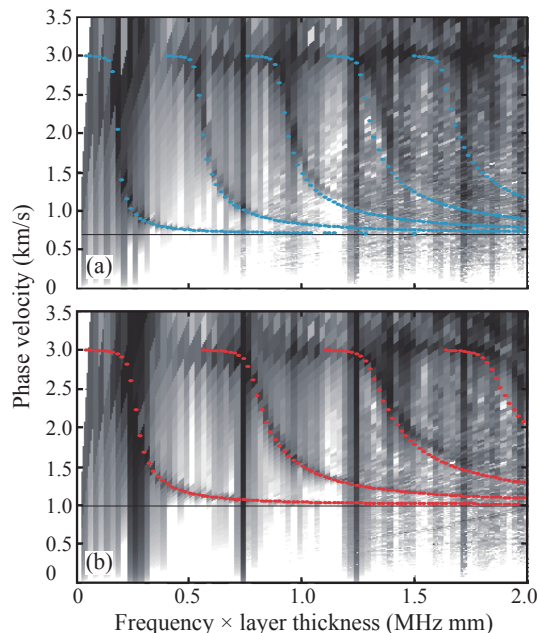


Fig. 2 Frequency vs. phase velocity of Love wave under $\eta_1 = 1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$; (a) $\mu_1 = 0.5 \text{ GPa}$, (b) $\mu_1 = 1 \text{ GPa}$.

代表発表者 千葉 裕介 (ちば ゆうすけ)
所 属 筑波大学 大学院システム情報工学研究科
知能機能システム専攻 通信システム研究室
問合せ先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1
TEL: 029-853-5468
chiba@aclab.esys.tsukuba.ac.jp

■キーワード: (1) 粘弾性体
(2) Love波
(3) 非破壊評価・検査
■共同研究者: 海老原 格(筑波大・シス情系 助教)
水谷 孝一(筑波大・シス情系 教授)
若槻 尚斗(筑波大・シス情系 准教授)