

誘電率 ϵ^T と ϵ^S の差を用いた圧電薄膜の電気機械結合係数 k_{33}^2 の抽出 Intrinsic k_t^2 Evaluation Method from HBAR without Substrate Removal Using the Difference between dielectric constant ϵ^T and ϵ^S

早大先進理工¹, 材研技術研究所²,

○(M2)内田拓希^{1,2}, (M2)浴田航平^{1,2}, (M2)島野耀康^{1,2}, 柳谷隆彦^{1,2}

Waseda Univ.¹, ZAIKEN², ○Hiroki Uchida^{1,2}, Kohei Ekida^{1,2}, Yohkoh Shimano^{1,2}, Takahiko Yanagitani^{1,2}

E-mail: hiroki.uchida@fuji.waseda.jp, yanagitani@waseda.jp

1. まえがき

圧電デバイスの性能を評価するうえで、電気機械結合係数 k_t^2 は重要な指標である。 k_t^2 の評価では、一般的に、自立薄膜構造(FBAR)が用いられる[1]。一方、基板が付いた状態の薄膜共振子(HBAR)での k_t^2 の評価法も多数報告されている[2-5]。

本報告では、基板を除去せずに、電気機械結合係数 k_{33}^2 を測定する新手法を提案する。本手法では、RLC電気共振を利用し、 k_{33}^2 を抽出する。まず、本提案と同じ手順をシミュレーション上で行い、算出した k_{33}^2 値がモデルに代入した k_{33}^2 値に一致するか調べた。実測データにおいても、本手法でHBARから抽出した k_{33}^2 値と、従来の変換損失法で推定した k_t^2 値を比較した。

2. 本報告手法

電気機械結合係数 k_{33}^2 は、音波の基本共振周波数より低周波数での誘電率 ϵ^T と高周波数での誘電率 ϵ^S の差を利用して $k_{33}^2 = (\epsilon^T - \epsilon^S) / \epsilon^T = (C^T - C^S) / C^T$ より算出できる。さらに、圧電体の膜厚や電極面積を考慮すると、誘電率をキャパシタンスとしても問題ない。今回、 C^T は低周波極限でのアドミタンスの傾きを用いて算出した。一方で、高周波帯では電極抵抗の影響により、 C^S を同様に算出できない。そこで、寄生インダクタンス L_s を計算上で挿入して、生じたRLC共振を用いることで電極抵抗の影響を避けて C^S を算出し、 k_{33}^2 を算出した。

3. 検証

Masonモデルの検証には、Au/ScAlN/Ti/石英ガラス基板(共振周波数 $f_s = 550$ MHz)の定数を用いた。Fig.1に示すように、RLC共振より算出した C^S より求めた k_{33}^2 はRLC共振周波数に対して振動する。RLC共振周波数を音波励振(青色)の影響がない周波数に合わせると、算出した k_{33}^2 値が入力

値($k_{33}^2=10\%$)に一致することがわかる。

4. 実験結果

実際のHBAR(基板付き共振子)Au/Mg_{0.05}Zn_{0.95}O/Ti/石英ガラス基板(共振周波数 $f_s = 320$ MHz)に対して本手法を用いて圧電層の k_{33}^2 を抽出した結果($k_{33}^2=8.85\%$)をFig.2に示す。また、変換損失法で推定した k_t^2 値は7.2%と推定され、本手法で抽出した k_{33}^2 値はおよそ妥当な値が得られた。

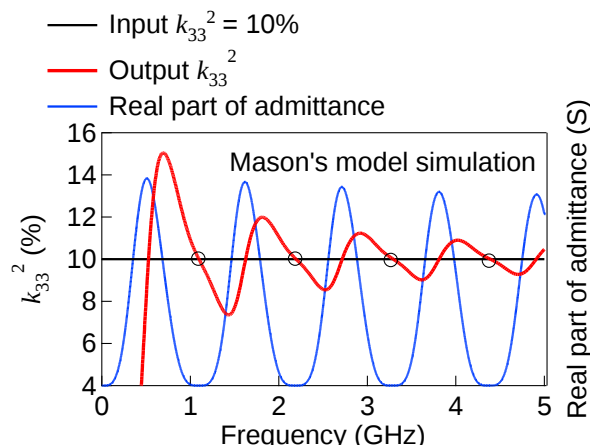


Fig.1 RLC resonance frequency dependence of k_{33}^2 in Mason's model simulation

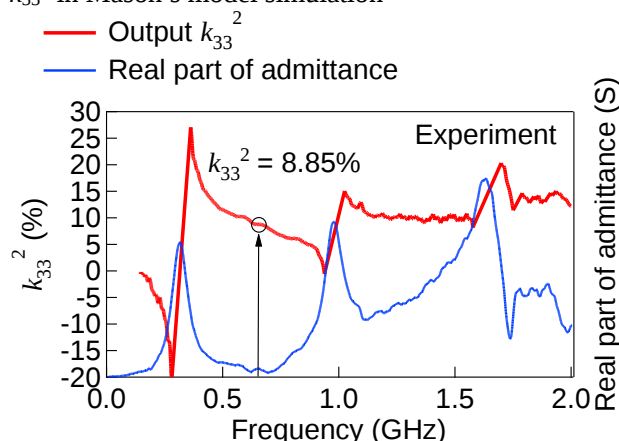


Fig.2 RLC resonance frequency dependence of k_{33}^2 in actual measurement

参考文献

- [1] "IEEE Standard on Piezoelectricity," IEEE TUFFC 43, 719 (1996).
- [2] T. Yanagitani, et. al., JAP 102, 024110 (2007).
- [3] Y. Zhang, et. al., IEEE TUFFC (2003).
- [4] 戸塚誠, 他, 圧電材料・デバイスシンポジウム (2018).
- [5] 島野耀康, 他, 圧電材料・デバイスシンポジウム (2023).