

水晶を用いた二層構造厚みすべり振動子の動作特性の検討 Consideration on operating characteristics for double layered thickness-shear resonator using α -quartz

東北大金研¹, 東北大 NICHe², XMAT³

○(M1)野口太生¹, 大橋雄二², 面政也³, 横田有為¹, 黒澤俊介², 鎌田圭², 佐藤浩樹², 豊田智史², 山路晃広², 吉野将生¹, 花田貴¹, 吉川彰^{1,2}

IMR Tohoku Univ.¹, NICHe Tohoku Univ.², XMAT³

○(M1)Taisei Noguchi¹, Yuji Ohashi², Masaya Omote³, Yuui Yokota¹, Shunsuke Kurosawa², Kei Kamada², Hiroki Sato², Satoshi Toyoda², Akihiro Yamaji², Masao Yoshino¹, Takashi Hanada¹, Akira Yoshikawa^{1,2}

E-mail: taissei.noguchi.q1@dc.tohoku.ac.jp

【緒言】振動子の共振周波数温度特性の改善を目指して、我々は二層構造厚みすべり振動子を提案し、ランガサイト型圧電単結晶である $\text{Ca}_3\text{TaGa}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$ [CTGS] を用いてその動作特性の検討を進めてきた^[1]。これまで、貼り合わせ構造による温度補償効果を実証するとともに、その温度特性は単純な貼り合わせ基板の厚み比で決まるのではなく、電束密度比に依存することを明らかにしてきた。本報告では異なる材料として水晶を取り上げて二層構造厚みすべり振動子を作製し、特に 100-300 °C の温度領域の動作特性を検討した。

【実験方法】組み合わせる基板方位として電気機械結合係数の大きい 0° 回転 Y 板 (0°Y) と、温度係数の符号が 0°Y とは反対となる 129.5° 回転 Y 板 (129.5°Y) を選択し、二層構造厚みすべり振動子を作製した。厚みをそれぞれ 0.11 mm、0.12 mm (厚み比 $x=0.48$) とした。インピーダンスアナライザ (HP4294A) を用いて、0°Y 板、129.5°Y 板単層振動子、二層構造振動子について共振周波数温度特性を測定した (Fig. 1)。

【結果と考察】これまでの CTGS での検討から、二層構造振動子の共振周波数変動は圧電定数とひずみの積で求めた電束密度比を用いて次式のように予測できる。

$$df_{DL} = df_{\#1} \cdot R_D + df_{\#2} \cdot (1 - R_D)$$

ここで、 $df_{\#1}, df_{\#2}$ は各基板の共振周波数変動、 R_D は電束密度比である。

Fig. 1 の結果から、二層構造振動子は周波数変動量が 0°Y、129.5°Y の単層振動子のそれらに比べて小さいことから、貼り合わせによる温度補償効果が確認できたが、上式による計算値 (実線) とは一致しなかった。また、共振波形を比較したところ二層構造にしたことで共振が弱くなっていることが確認された (Fig. 2)。これらの現象は貼り合わせ境界での反射の影響が考えられる。両基板の音響インピーダンスは、0°Y が 10.4、129.5°Y が 9.4 [$10^6 \text{ kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$] であり、この場合の反射率は 5.2% となる。この振動子を Air / 0°Y / 129.5°Y / Air の 4 層からなる音響伝送線路と考えると、音響インピーダンスは、 $Z_{0^\circ\text{Y}} > Z_{129.5^\circ\text{Y}} > Z_{\text{Air}}$ の関係があり、厚さ比がほぼ 0.5 であるため、129.5°Y 層が $\lambda/4$ 音響整合層と考えることができる。このとき、貼り合わせ境界で反射する波を考えると、0°Y から 129.5°Y へ向かう波の反射波は弱め合い、129.5°Y から 0°Y へ向かう波の反射波は強め合うことになる。したがって、129.5°Y 層の定在波の振幅が相対的に大きくなり、Fig. 1 の結果は計算値よりも 129.5°Y に近い特性を示したと考えられる。また 129.5°Y 板は電気機械結合係数が小さいため、Fig. 2 のように共振が弱くなったものと考えられる。

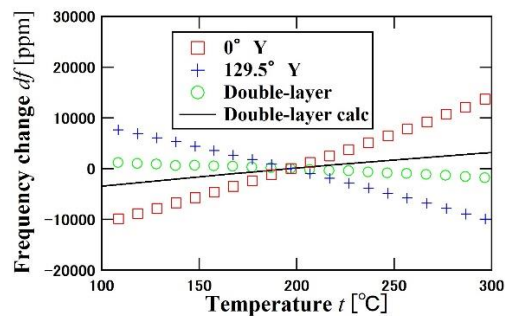


Fig. 1 Temperature dependence of resonance frequency.

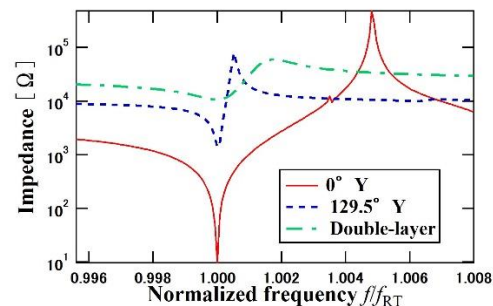


Fig. 2 Impedance response for resonators measured at room temperature.

[1] 大和田、大橋、吉川他、第 81 回応用物理学会秋季学術講演会、10p-Z22-8 (2020).