
高周波デバイス用圧電基板の研究

Piezoelectric Substrate for High Frequency Elastic Devices

H27助自30

代表研究者	門 田 道 雄	東北大学 大学院工学研究科 特任教授
	<i>Michio Kadota</i>	<i>Professor, Engineering, Tohoku university, Graduate school</i>
共同研究者	ナジオア アシラ	東北大学 大学院工学研究科 博士前期課程2年
	<i>Najoua Assila</i>	<i>Graduate school, Tohoku university</i>
共同研究者	田 中 秀 治	東北大学 大学院工学研究科 教授
	<i>Syuji Tanaka</i>	<i>Graduate school, Tohoku university</i>

The last few years have been mainly marked by exponential increase in the usage of smartphones and mobile phones in particular and various mobile communication terminals in general. This increase has led to a depletion of frequencies allocated for wireless communication. To overcome this issue, higher frequencies need to be used. Since the frequency of an acoustic device is set by the velocity of the wave propagating along it and the designed interdigital transducer (IDT) wavelength, two options are possible to increase frequency. The first is to narrow the wavelength: with common waves propagating at velocities around 4000 m/s, to achieve at least 4 GHz, the line and space (L&S) needs to be 250 nm or smaller. High electric power properties of acoustic devices for mobile phones is required, however, a narrow IDT L&S cannot satisfy this criterion. The second possibility is to use higher velocities. However, available substrates (LiNbO_3 , LiTaO_3 , ...) for conventional surface acoustic waves (SAW) do not offer velocities high enough for the intended frequency.

It has been reported that plate waves in $(0^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$ LiNbO_3 propagates at velocities lower than 15,000 m/s, which is not suitable for high frequency devices, because the temperature coefficient of frequency (TCF) is not good. Usually, for SAWs, the TCF of LiTaO_3 is superior to that of LiNbO_3 .

This paper investigates plate waves in LiTaO_3 , aiming to find a mode suitable for high frequency acoustic devices, with a small TCF. Phase velocities and electromechanical coupling factors (k^2) have been investigated for various plate wave modes, Euler angles and plate thicknesses. High frequency resonators of 5 and 5.8 GHz with large impedance ratios of 72 and 48 dB, respectively, have been fabricated using a $(0^\circ, 42^\circ, 0^\circ)$ LiTaO_3 thin plate (0.4 μm). The measured TCFs of resonance and anti-resonance frequencies were -43 and -45 ppm/ $^\circ\text{C}$, which were almost similar to those reported on SAW devices on generally used $(0^\circ, 132^\circ, 0^\circ)$ LiTaO_3 . So, the TCFs are adequate for practical use.

研究目的

スマートフォン、携帯電話、タブレット等の普及により、世界の周波数資源、特にそれらで使用されている700 MHzから3 GHz帯の周波数が枯渇している。そのため、スマートフォンやタブレットのデータ通信に制限がかけられており、今後、さらなる通信サービス向上により、周波数資源はさらに枯渇化していく。

その対策として、総務省の電波の有効利用に関する研究開発促進事業の中で、(1)周波数を効率的に利用する技術、(2)周波数の共同利用を促進する技術、(3)高い周波数へ移行する技術の3つがあげられている。今回、検討したのは(3)の高い周波数へ移行する技術に関する研究である。

現在、スマートフォン等で使用されている周波数より高い周波数への移行の中で、最も困難な課題は、デュプレクサ等のフィルタ機能の箇所である。このフィルタには、主に弾性表面波(SAW)が使用されており、SAWを励振するすだれ状運極(IDT)とその両側に電極指が配置された反射器からなっている。その周波数 f_0 は、圧電基板の音速 V とIDTの波長 λ から、 $f_0=V/\lambda$ で決定される。そのため、周波数を高周波化するためには、IDTの波長を短くするか、高音速をもつ基板を使用するかどちらかである。しかし、現在、適した圧電性(電気機械結合係数)、適した温度特性(周波数温度係数:TCF)をもつ36-44°回転Y板X伝搬LiTaO₃(以下36-44°YX・LiTaO₃)基板に適度な反射係数を持たせるために波長の8%の厚みのアルミニウム電極を形成したときの音速は3,900 m/sと高くない。そのため、たとえば3.5 GHzのSAWのフィルタを作成する場合には、IDTの波長は、1.1 μm 、IDTの1本の電極の幅は0.27 μm と非常に狭くなり、大きな電力を受信したときに、電極が破損する恐れがある。それに加え、電極幅が狭いため、電極の断線や短絡が生じやすく、生産上、大きな課題となると考えられる。また、この基板を使用する以上、さらに高周波

への対応も困難となる。そのため、高周波化のためには、IDTの微細化以外の方策である、高音速な基板を探索することが本研究の目的である。

概要

There are two kinds of plate waves on a thin plate, Lamb and shear horizontal (SH) waves. There are two kinds of Lamb wave, anti-symmetric mode (fundamental mode A_0 and its higher mode A_1, A_2, \dots) and symmetric mode (fundamental mode S_0 and its higher mode S_1, S_2, \dots) with longitudinal and shear vertical displacements. The SH plate wave has mainly an SH displacement.

Authors investigated phase velocities and electromechanical coupling factors (k^2) of the above-mentioned plate wave in LiTaO₃ plate as function of Euler angle and plate thickness of the LiTaO₃.

Among various plate waves in thin LiTaO₃ plate, A_1 mode Lamb wave in (0°, 42°, 0°) LiTaO₃ thin plates has high velocity (higher than 15,000 m/s) and suitable coupling factor.

High frequency resonators using A_1 mode Lamb waves in (0°, 42°, 0°) LiTaO₃ thin plates have been fabricated and optimized. The resonance frequency as high as 5 GHz, with a relative bandwidth of 7.3% and an impedance ratio of 72 dB was obtained. Finally, the TCFs of (0°, 42°, 0°) LiTaO₃ of -43 and -45 ppm/°C at resonant and anti-resonant frequencies, respectively, were measured, which are as same as SAW resonators on conventionally used (0°, 132°, 0°) LiTaO₃ substrate. Therefore, it is proven that A_1 mode Lamb wave propagating in LiTaO₃ at an Euler angle close to (0°, 42°, 0°) is suitable for high frequency devices.

－ 以下割愛 －