

最近の BAW デバイス(FBAR)の薄膜材料と評価手法

Piezoelectric thin film bulk acoustic resonators (FBAR)

早大先進理工¹, JST さきがけ², 各務記念材料研究所³ ○柳谷隆彦^{1,2,3}

Waseda Univ.¹, JST PRESTO², ZAIKEN³,[○]Takahiko Yanagitani^{1,2,3}

E-mail: yanagitani@waseda.co.jp

スマートフォンでは、国際ローミング化、Blue-tooth、GPS、Wi-Fi の搭載により、20 近い無線周波数バンドに対応している。これに伴い無線周波数フィルタの数は 50 個を超え、数年後には 100 個にも達することが予想されている。この中でも高性能なフィルタの 1 個あたり価格は 50 円程度にもなり、大きな市場を形成している。さらに今後 5G の立ち上げに伴って、ますます市場が拡大していくことが予想されている。

現状の 2 GHz 帯以下の周波数では主に低コストな SAW (弾性表面波) フィルタが使われている。しかし、4 GHz を超える周波数では、SAW を励振する IDT 電極が数百 nm オーダまで細くなるため、フィルタの Q 値の劣化や耐電力性の不足が問題となる。これに対して圧電薄膜の自立構造を用いた BAW フィルタ (バルク波フィルタ、FBAR) は、製造難易度やコストが高いものの Q 値が高く耐電力性も優れている。そのため 5G 以降の 4 GHz を超える次世代のフィルタとして有望視されており、多くの半導体メーカーが開発に参入し、凌ぎを削っている。

一方、BAW フィルタのバンド幅は、圧電薄膜の圧電性の大きさ (電気機械結合係数) で決定される。バンド幅が大きければ、対応できるバンド規格の数も多くなる。そのため大きな圧電性を持つ薄膜が必要となるが、それ以上にフィルタ応用では Q 値が重要視される。UHF 帯の周波数資源の枯渇に伴いバンド間の間隔が非常に狭くなっており、急峻なフィルタ特性が必要なためである。巨大圧電材料の代表格である PZT 薄膜などの強誘電体薄膜は Q 値が低くフィルタ応用には使われず、その代わりに圧電性は小さいが Q 値が高い AlN 薄膜が実用化されている。

そんななか近年、産総研の秋山らによって Sc を AlN に添加することにより、電気機械結合係数が大幅に増大することが報告されている[1]。この材料は圧電性の小さい AlN の欠点を補うもので、BAW フィルタ材料に非常に有望である。そのため、筆者は先駆けて ScAlN のデバイス応用研究に着手し、超音波の励振および BAW (FBAR) 共振子の作製に初めて成功している[2]。

現在、多くの企業・研究機関が ScAlN の量産、基礎研究に取り組んでいるが、Sc に含まれる酸素と炭素の不純物の影響で、高品質の薄膜を得ることは簡単ではない。本講演では、スパッタ成膜中に発生する酸素と炭素の高速負イオンの影響について議論するとともに、高品質な ScAlN の成長方法について紹介する。また ScAlN を例にとり、BAW フィルタ設計に重要な電気機械結合係数や弾性定数の評価法について解説する。特に薄膜自立構造を作らず、基板が付いた状態での評価法について議論する[3]。

[1] M. Akiyama, T. Kamohara, K. Kano, A. Teshigahara, Y. Takeuchi, and N. Kawahara, *Adv. Mater.* **21**, 593 (2008).

[2] T. Yanagitani, K. Arakawa, K. Kano, A. Teshigahara, and M. Akiyama, *Proc. IEEE Ultrason. Symp.*, p. 2095

[3] T. Yanagitani and M. Suzuki, *Appl. Phys. Lett.*, **105**, (2014) 122907.