

転写法による強誘電体バラクタと SAW 共振子の集積化と 可変型フィルタへの応用

Integration of ferroelectric varactors on acoustic wave resonators using film transfer technique and their application to tunable RF filters

平野栄樹¹, 木村哲也², 掘露伊保龍², 江刺正喜¹, 門田道雄², 橋本研也³,
田中秀治¹ (¹東北大学, ²村田製作所, ³千葉大学)

Hideki Hirano¹, Tetsuya Kimura², Ivoyl P. Koutsaroff², Masayoshi Esashi¹,
Michio Kadota², Ken-ya Hashimoto³ and Shuji Tanaka¹
(¹Tohoku Univ., ²Murata MFG. Co. Ltd., ³Chiba Univ.)

E-mail : hirano@mems.mech.tohoku.ac.jp

1. まえがき

表面弾性波(SAW)共振子や薄膜バルク波共振子(FBAR)を利用した RF フィルタが携帯無線端末に多用されている。今後、携帯無線端末には、周波数資源を有効活用する切り札となる「コグニティブ無線技術」、仕様変更等に柔軟に対応できる「リコンフィギュラブル無線技術」などの適用が期待されており、周波数可変型の RF フィルタが求められている。また RF フィルタの温度補償にも周波数可変機能は有効である。しかし、SAW 共振子や FBAR の共振周波数はそれぞれすだれ電極(IDT)のピッチや圧電体膜厚でほぼ決まるため、広い周波数可変幅を持つ弾性波フィルタは実現できていなかった。

最近、広帯域の弾性波フィルタに可変容量を付加することでフィルタの帯域幅を調整する可変方式が提案されている[1]。具体的には、図 1 に示したラダー型構成において、並列腕共振子に付加した可変容量 C_p により共振周波数 f_r を制御し、直列腕共振子に付加した可変容量 C_s により反共振周波数 f_a を制御することで、フィルタの通過帯域の上限と下限を独立に制御できる。我々は、ラダー型 SAW フィルタに MEMS 可変容量をモノリシックに集積化した可変 SAW フィルタを作製し、通過帯域の制御を確認した[2]。本研究ではより実用的な可変 RF フィルタを目指して、小面積で大きな容量可変幅を持つ強誘電体バラクタと SAW 共振子の集積化を検討した。

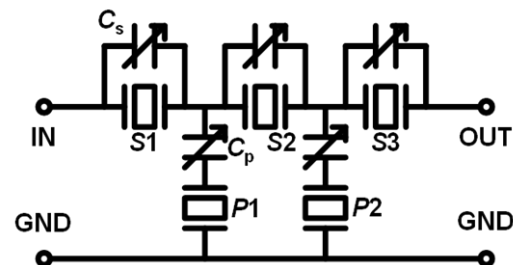


図 1 可変フィルタの回路構成例

2. 転写による集積化プロセス

バリウムストロンチウムチタン酸 (BST) に代表される強誘電体膜は 700°C 前後の成膜温度が要求される。したがって、LiNbO₃ (LN) 基板との熱膨張率差に起因する膜応力等のため、LN 基板上に BST 膜を直接形成することは困難である。この課題を解決するために、予め Si 基板に成膜した BST 薄膜を、低温で圧電基板に転写するプロセスを開発した。

図 2-a に示すように 100nm の熱酸化膜を形成した 200 μ m 厚の Si 基板に、スパッタ法で Pt, BST, Au 膜をそれぞれ 100nm, 200nm, 100nm 成膜した後にバラクタ構造を形成した。LN 基板側は図 2-b に示すように IDT および電極を 100nm 厚の Au 膜で形成した。次に両基板を Au 膜同士の金属接合により 150°C で接合した。接合後の Si 基板は SF₆ プラズマで完全に除去し、最後に BST 層の配線を行った。図 3 および図 4 に、それぞれ LN 基板に転写された BST と完成したデバイスの顕微鏡写真を示す。

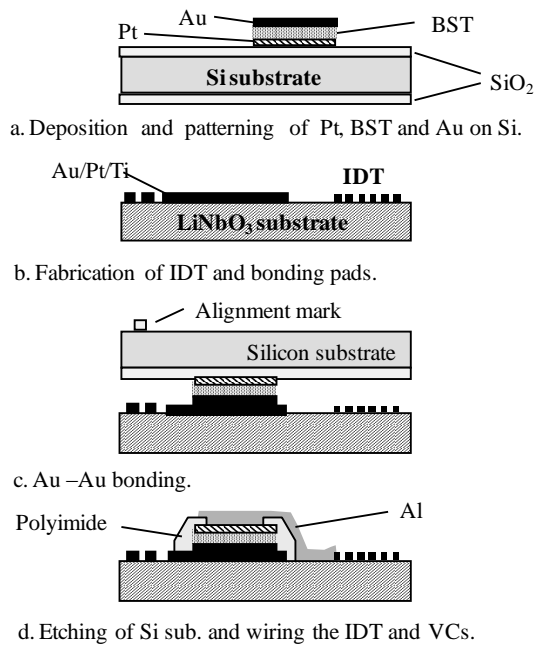


図2 LN基板へのBST転写プロセス

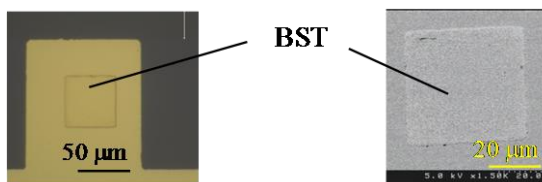


図3 LiNbO₃基板に転写されたBST膜

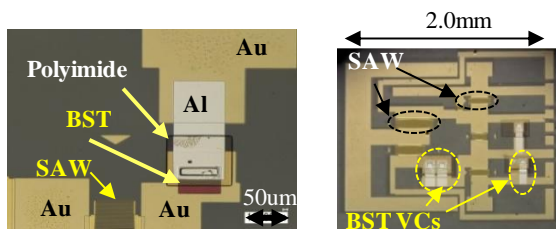


図4 完成した可変フィルタ

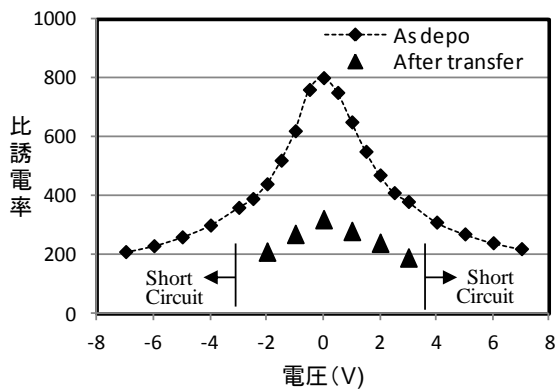


図5 転写BST膜の誘電率-電圧依存性

3. 結果と考察

図5にSi基板上に成膜直後のBST膜、およびLiNbO₃基板への転写後のBST膜に電圧を印加した際の誘電率を示す。転写したBST膜も印加電圧に応じて誘電率が変化することが確認できた。ただし、成膜直後のBST膜と比較すると誘電率および可変率とも低下していた。これは転写プロセス中にBST層と電極間に形成される低誘電率の変質/劣化層が原因と考えられる。また、転写後のBST膜に±4V以上の電圧を印加するとバラクタが絶縁破壊した。これはPt層のエッチングプロセス中に膜側壁に再付着したPtでBST膜が短絡したためだと考えられ、短絡を防止するためのプロセスと構造の再設計を行っている。

BST転写の収率が十分でないためにフィルタ特性の評価までには至っていないが、今後、抽出された課題を解決し、ラダー型SAW共振子フィルタの通過帯域可変性を検証する予定である。

4. あとがき

SAW共振子と強誘電体バラクタのヘテロ集積化による可変RFフィルタの実現を目的として、LN基板へのBST素子の低温転写を実証し、バラクタ特性を確認した。本研究で開発した異種要素の転写プロセスは、LSIと弾性波共振子など、一般に集積化が困難と考えられてきた異種要素の集積化に幅広く展開できると期待される。

謝辞

本研究は、日本学術振興会の「最先端開発支援プログラム」の支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] T. Komatsu, K. Hashimoto, T. Omori and M. Yamaguchi, "Tunable radio-frequency filters using acoustic wave resonators and variable capacitors", Jpn. J. Appl. Phys., 49, 07HD24, 2010.
- [2] T. Yasue, T. Komatsu, N. Nakamura, K. Hashimoto, H. Hirano, M. Esashi and S. Tanaka, "Wideband tunable Love wave filter using electrostatically-actuated MEMS variable capacitors integrated on Lithium Niobate", Tech. Digest, Transducer'11, Beijing, China, June 5-9, 2011, pp. 1488-1491.