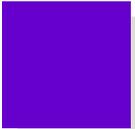


(135002101)

TVホワイトスペース利用のための 超広帯域弾性波共振子を用いた 可変フィルタの研究開発



研究代表者: 田中秀治

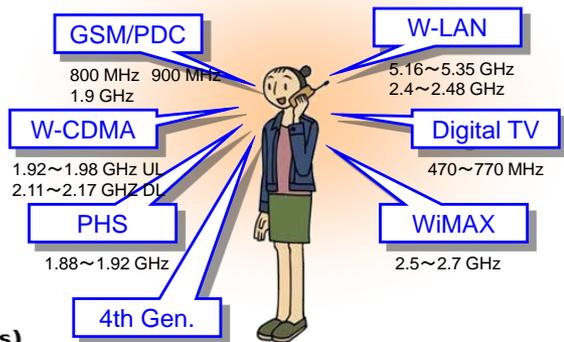
(東北大学大学院工学研究科)

研究分担者: 門田道雄

(東北大学大学院工学研究科)

1 研究開発の目的

増え続ける無線通信トラフィック



無線通信トラフィック(総務省)

スマートフォンの普及によって、無線通信トラフィックはどんどん増える。一方、利用できる周波数資源は有限。このままいくと、周波数資源が枯渇するのでは？

デジタルテレビ(DTV)の空いたチャンネル(ch)の周波数帯を使用する方式(コグニティブ無線システム)が注目

そのためには、周波数と帯域を可変できるフィルタが必要

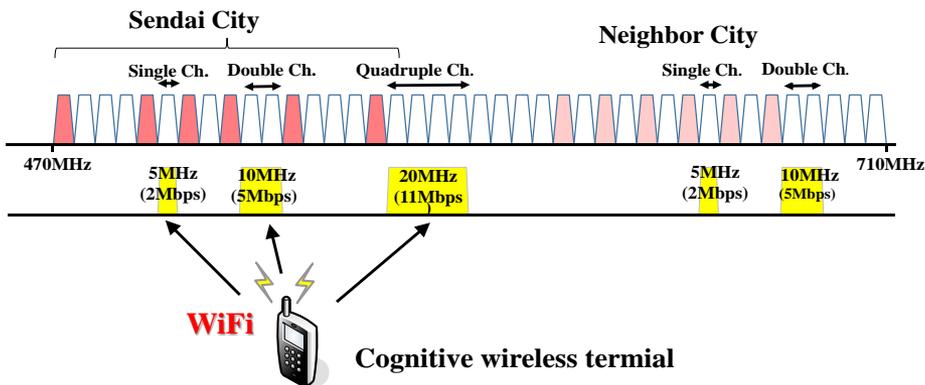


図1.仙台地区におけるDTVのチャンネル配置.

2 研究開発の内容及び成果(1)

2.1 大きな電気機械結合係数を持つSH型板波

周波数可変範囲の大きいフィルタには広い帯域(BW)をもつ共振子が必要。共振子の帯域は振動モードの電気機械結合係数(k^2 :結合係数(Coupling factor))に比例。

厚みが波長の10%以下の $(0^\circ, 120^\circ, 0^\circ)$ 方位角LiNbO₃(LN)基板上の横波型(SH₀モード)板波は50%以上の大きな結合係数(図2)(従来の弾性表面波(SAW)の1.7倍の大きさ)。(登録特許番号:5747987,2015.5.22登録)

2.2 超広帯域共振子とラダーフィルタ

0.5 μm の超薄板のLN基板上のSH₀モード板波を用い、DTV帯用共振子を作製し(図3)、帯域22%、インピーダンス比80 dBを実現。従来SAW共振子に比べ、帯域は1.8倍広く、インピーダンス比は1.8倍大きい。

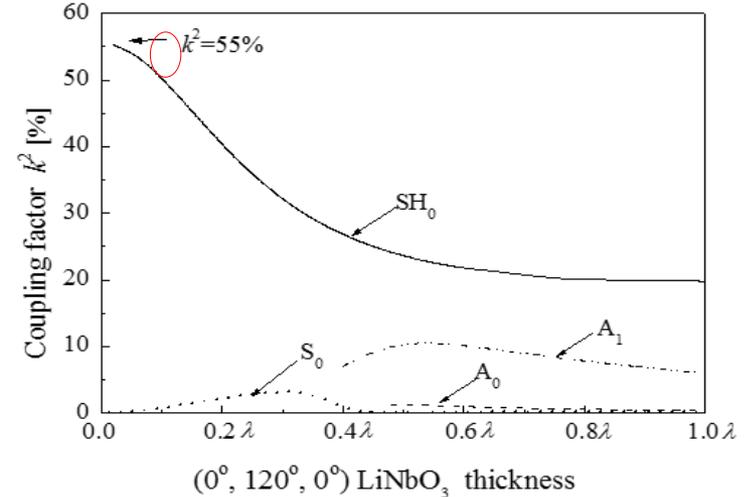


図2. $(0^\circ, 120^\circ, 0^\circ)$ LiNbO₃板上の各種板波の結合係数の板厚図依存性.

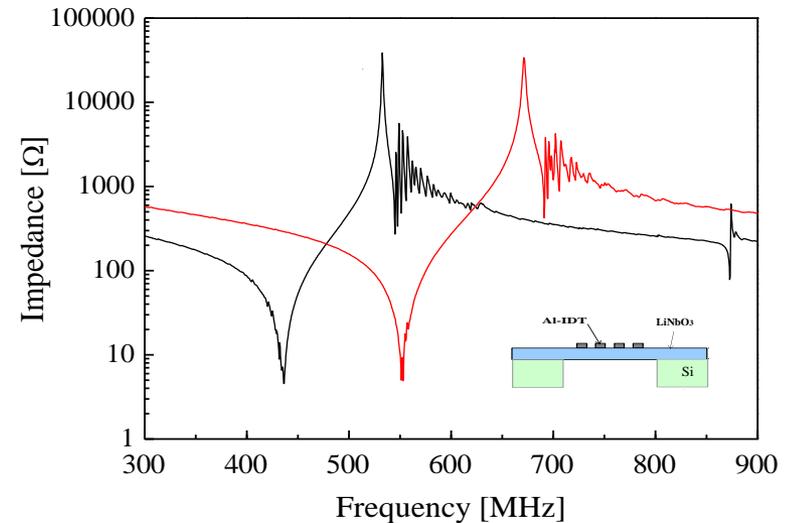


図3. SH0板波共振子の特性

2 研究開発の内容及び成果(2)

さらにこの共振子を3個梯子型に接続したラダーフィルタを試作し、日本のDTV帯域やEUのDTV帯をフルカバーできる超広帯域(3dB)45~56%を実現(図4)。このような広帯域は世界初。

DTVをフルカバーする超広帯域フィルタの応用例

図5に示す帯域可変IFフィルタを用いたコグニティブ無線用アップコンバージョン方式が提案されているが、用いられているローパスフィルタはサイズ大、急峻性悪い、DTV外の470MHz以下まで通過という欠点有

開発した超広帯域フィルタは、低ロス、急峻性良好、DTV帯のみ通過という特徴を持ち、この用途に有効

帯域可変IFフィルタの代わりに、3種の帯域の異なるIFフィルタをRFスイッチで切り替える方式にも有効

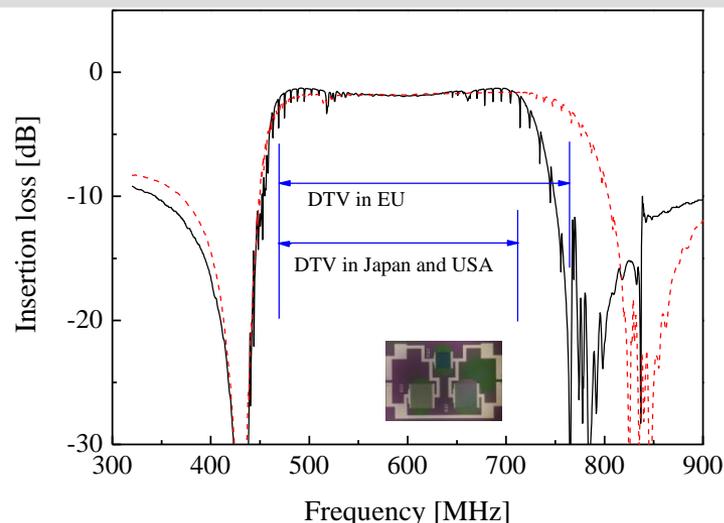
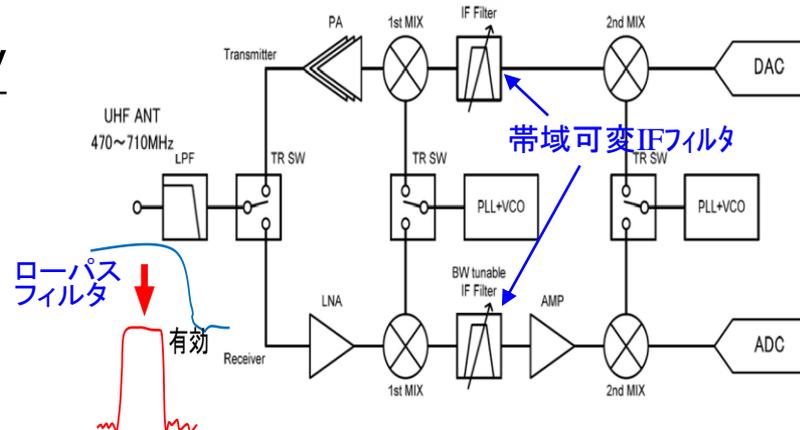


図4. DTV帯をフルカバーするラダーフィルタ特性



DTV用超広帯域フィルタ

図5. アップコンバージョン方式コグニティブ無線システム

2 研究開発の内容及び成果(3)

2.3.1 広い帯域をもつ帯域阻止フィルタ

周波数の異なる共振子を複数個使用し、広い阻止帯域をもつ帯域阻止フィルタを実現。それらに並列あるいは直列に接続されたSiダイオードに電圧を印加して容量を可変することにより周波数可変量の大きい帯域阻止フィルタを実現(図6)。

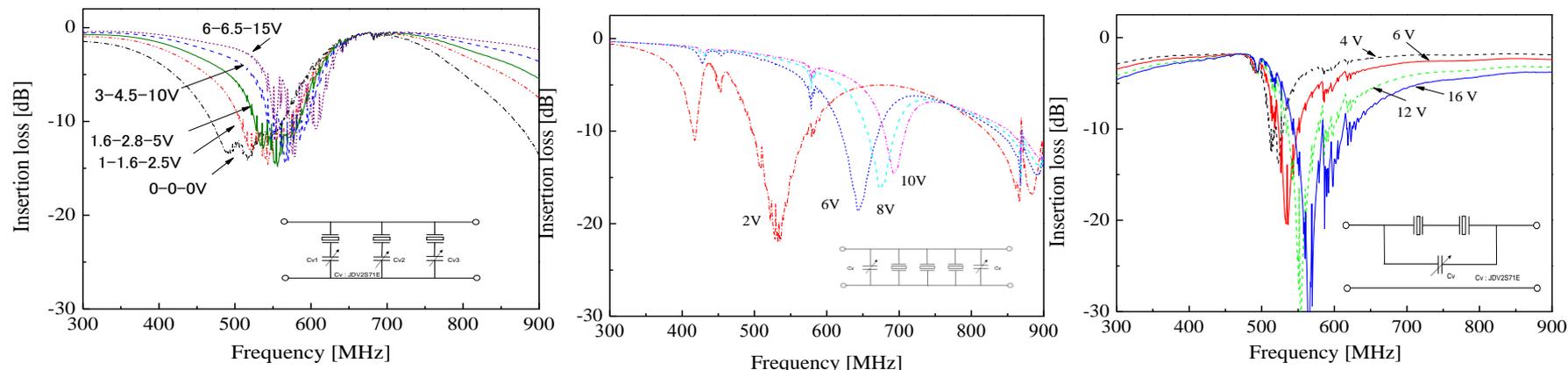


図6. Siダイオードの容量を変化させたときの3種の帯域阻止フィルタの周波数特性.

2.3.2 広帯域ラダーフィルタと帯域阻止フィルタとの組み合わせ

前述の図4の広帯域ラダーフィルタと上の図6の帯域阻止フィルタとを組み合わせることにより、480から690MHzまで周波数を可変できる(可変幅36%)周波数可変フィルタを実現(図7)。

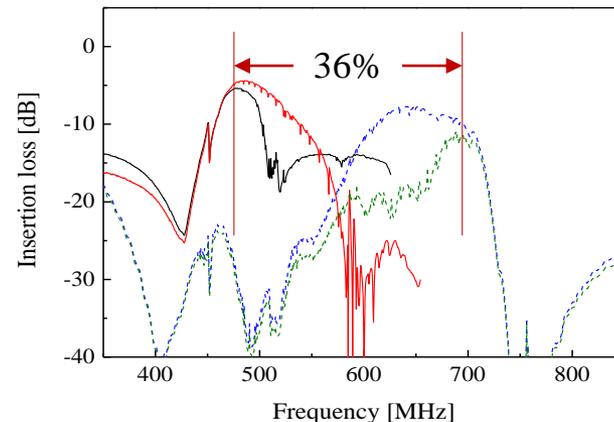


図7. フィルタと帯域阻止フィルタとの組み合わせたときの特性

2 研究開発の内容及び成果(4)

2.4 音響多層構造SH波

上記のSH₀モード板波デバイスは空洞が必要な上(図8(a))、板厚が薄く(0.5μm)、機械的強度に課題。空洞不要な音響多層膜構造(図8(b))を検討。空洞構造のSH₀モード板波と多層膜構造では、以下のように最適条件が異なる。

	SH ₀ 板波	音響多層膜構造
最適オイラー角	(0°, 120°, 0°)	(0°, 90°, 0°)
最適基板厚	波長の10%以下	波長の30から70%
最適電極	アルミニウム	金、白金
空洞	要	不要

共振子、フィルタの試作

空洞型SH₀モード共振子に比べ、3 dB大きいインピーダンス(Z)比83 dBと同じ帯域22%を実現(図9青色)。従来SAW共振子(図9黒色)に比べれば、6倍の帯域と27 dB大きいZ比。

空洞型SH₀モードフィルタより0.3 dB挿入損失の良好な2種類のラダーフィルタの実現(図10)。この構造は空洞が不要でLN厚を厚く出来るため、実用上、大きな利点を持つ。

(特願2014-196608, 2014.9.26出願)

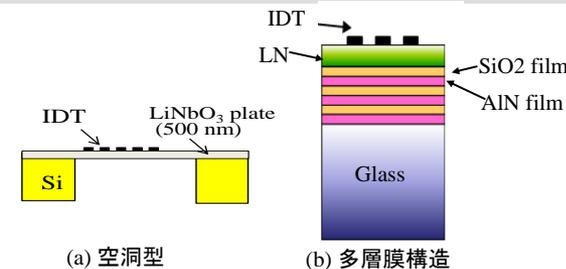


図8. (a)空洞型構造と(b)音響多層膜構造

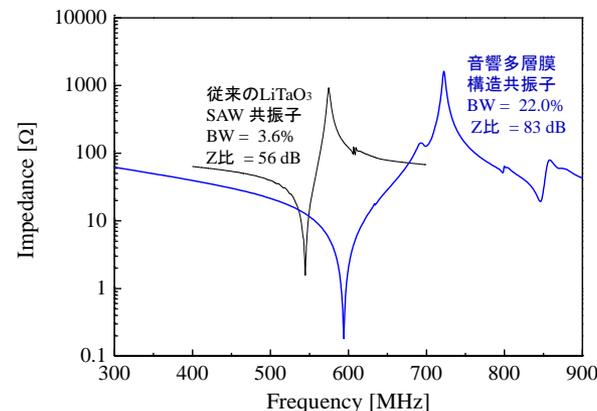


図9. 音響多層膜構造と従来SAW共振子の特性

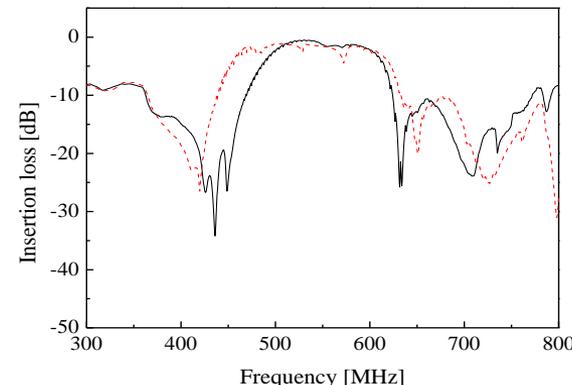


図10. 2種類の音響多層膜構造ラダーフィルタの特性

3 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

- ①SH₀モード板波を用いて、DTV帯域をフルカバーし、急峻で、低損失な超広帯域ラダーフィルタを実現 → 提案されているアップコンバージョン方式のコグニティブ無線システムで使用されているローパスフィルタの欠点を解決するフィルタ。そのシステムに有望。
- ②超広帯域フィルタと広帯域可変帯域阻止フィルタとを組み合わせ、周波数可変幅36%をもつ周波数可変フィルタを実現。→ DTV帯のほとんどの帯域を可変。提案した原理を検証できた。
- ③空洞不要な音響多層膜構造SH波デバイスを開発し、SH₀モード板波より大きいインピーダンス比と同じ帯域をもつ共振子、及び0.3 dB良好な挿入損失をもつフィルタを実現。→ DTV帯で利用するためには、0.5~0.6 μmの超薄板と空洞を構造を必要としたが、新たに開発した音響多層膜構造は、空洞が不要な上、3倍から7倍の厚みでデバイスを実現できる。そのため、今まで、実用が困難であった広帯域で特性の良いデバイスが実現でき、新しい市場、新しい周波数帯への応用が期待される。

これらの成果は、コグニティブ無線用フィルタはもちろん、その他の応用にも適用可能である。LNまたはLiTaO₃薄板を用いた共振子・フィルタに関する民間企業との共同研究開発や技術移管でも画期的な成果を創出し、今後、益々重要になる無線通信デバイスの技術革新に貢献していくものと考えている。