

金属軟磁性材料薄帯を用いた電波時計用アンテナの検討

日大生産工(院) ○石井 景登 日大生産工 矢澤 翔大 工藤 祐輔
東静工業株式会社 丸子 展弘 渡邊 洋

1. まえがき

電波時計は時刻を合わせるという煩わしい操作が不要という点から、スマートフォンが普及している現在でも様々な場所で使用されており、今後も一定の需要が見込まれている。電波時計は、内蔵されているアンテナにより送信所から送信される日本の標準時刻電波を受信し、時刻やカレンダー等を自動修正する機能を持つ時計のことである。また、日本には東日本と西日本で電波を送信する発信局が2つあり、その局から送信される電波の標準周波数は40、60 kHzのものを使用している¹⁾²⁾。電波時計の受信部には、棒状のフェライト(軟磁性材料)に約0.2 mmのエナメル線を数百ターン巻いたコイル等が用いられており、受信アンテナの役割を果たしている。しかし、フェライトは焼結材料であるため³⁾⁴⁾、極端な薄型化が難しい。本研究ではフェライトより薄型化できる可能性がある金属軟磁性材料であるナノクリスタル磁性材料の薄帯を用いた積層型アンテナについて検討する。積層型アンテナとは、磁性体コアに磁性材料薄帯を複数枚重ねたものであり、アンテナの薄型化が期待できる。金属軟磁性材料を用いる理由は、高透磁率・低損失な磁性材料を扱うことによって、インダクタンスLと品質係数Qの向上を狙う。

本研究では、金属軟磁性材料薄帯に熱処理を行って積層したアンテナのインダクタンスL、抵抗R、品質係数Qを測定し、熱処理を行ってない金属軟磁性材料薄帯を用いたアンテナと比較・検討した。

熱処理を行う理由は、ナノクリスタル磁性材料は、初期のアモルファス構造を高温の熱処理によって全体が微細結晶化され、透磁率が高くなり磁心損失が小さくなるためである⁵⁾⁶⁾。そのため、熱処理を行うことで、熱処理を行ってないものと比べてインダクタンス

Lと品質係数Qが高くなることが見込まれる。

2. 実験方法および測定方法

積層アンテナ作製にあたり、熱処理前の金属軟磁性材料薄帯と熱処理を行った金属軟磁性材料薄帯をそれぞれ用意した。アンテナに用いる金属軟磁性材料薄帯の大きさは幅が5 mm、厚さが0.016 mmのものを長さ50 mmに切断し用いた。金属軟磁性材料薄帯を積層するためのケースは幅5.9 mm、長さ51.6 mm、厚さ7 mmのものをを用いた。コイルについては、長さ30 mmのボビンに線径Φ0.23 mmの銅線を300ターン巻いた。

熱処理については、電気炉(ヤマト科学株式会社 Electric Furnace FO100)を用いて金属軟磁性材料薄帯の熱処理を行った。

インピーダンスアナライザ(HIOKI IM3570)を用いて周波数fを40 kHz、電圧を1.00Vとして設定し、L、R直列等価回路モードでインダクタンスL、抵抗R、品質係数Qを測定した。

品質係数Qとは、コイルの品質を表すパラメータであり¹⁾、Quality Factor(品質係数)の略である。同じインダクタンス値であれば品質係数Qが高いほど損失が少なく、優れた受信性をもっている。品質係数Qは

$$Q = \frac{2\pi fL}{R} \dots (1)$$

で求められる。

3. 実験結果および検討

Fig.1に磁性体の積層枚数に対するインダクタンスLを示す。横軸は磁性体積層枚数(枚)、縦軸はインダクタンスL(mH)である。Fig.2に磁性体の積層枚数に対する抵抗Rを示す。横軸は磁性体積層枚数(枚)、縦軸は抵抗R(Ω)である。Fig.3に磁性体の積層枚数に対する品質係数Qを示す。横軸は磁性体積層枚数(枚)、縦軸は品質係数Qである。

Fig.1の結果より、熱処理後の金属軟磁性材料薄帯用いたアンテナは熱処理前の金属軟磁

Examination of Antennas for Radio Wave Clocks using Thin Bands of Metallic Soft Magnetic Material

Keito ISHII, Shota YAZAWA, Yusuke KUDO,
Nobuhiro MARUKO, Hiroshi WATANABE

性材料薄帯用いたアンテナと比べて、インダクタンス L が1.2~1.3倍増加していることが分かった。

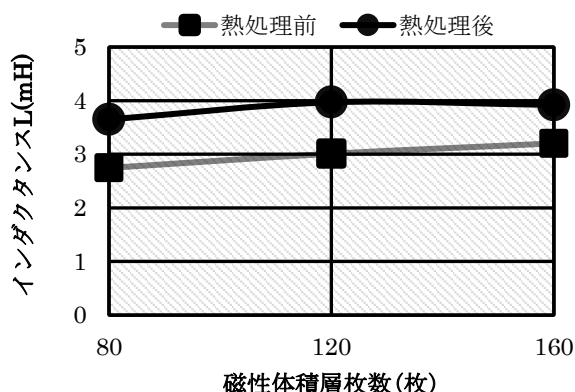


Fig.1. 磁性体の積層枚数に対するインダクタンス L

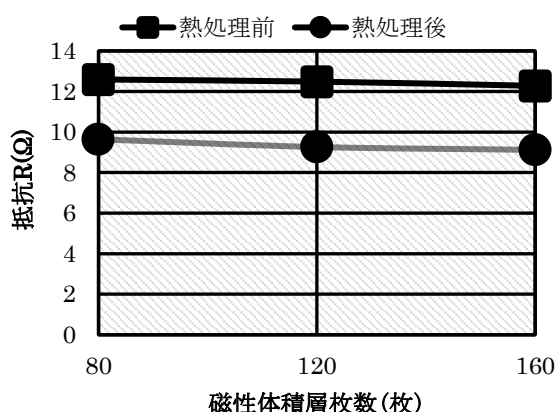


Fig.2 磁性体の積層枚数に対する抵抗 R

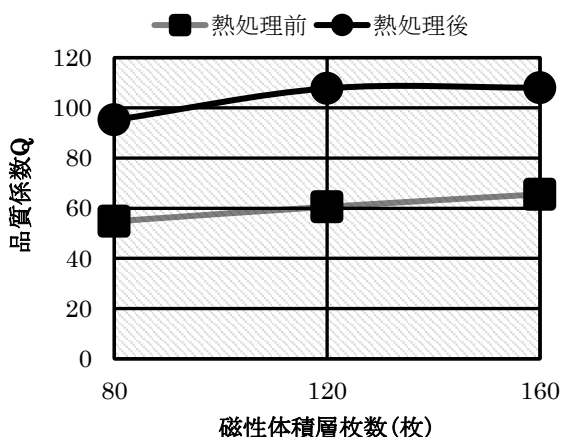


Fig.3 磁性体の積層枚数に対する品質係数 Q

Fig.2より、熱処理前の金属軟磁性材料薄帯を用いたアンテナは熱処理後の金属軟磁性材料薄帯用いたアンテナと比べて、抵抗 R が0.7倍に減少していることが分かった。

Fig.3の結果より、熱処理後の金属軟磁性材料薄帯用いたアンテナは熱処理前の金属軟磁性材料薄帯用いたアンテナと比べて、品質係数 Q が増加していることが分かった。これはFig.1とFig.2と(1)式より、熱処理後の金属軟磁性材料薄帯を用いたアンテナは、熱処理前の金属軟磁性材料薄帯を用いたアンテナと比べてインダクタンス L が1.2~1.3倍増加し、抵抗 R が0.7倍減少したため品質係数 Q が1.6~1.7倍増加したと考えられる。

インダクタンス L 大きくなり、抵抗 R が小さくなったことで品質係数 Q が大きくなった理由についての考察は今後行うこととする。

4. まとめ

本研究では、熱処理を行った金属軟磁性材料薄帯を積層し、インダクタンス L 、抵抗 R 、品質係数 Q を測定し、熱処理前の金属軟磁性材料薄帯と比較・検討した。実験結果から、熱処理を行った金属軟磁性材料薄帯を用いたアンテナは熱処理を行ってない金属軟磁性材料薄帯を用いたアンテナと比べて、インダクタンス L が増加し、抵抗 R が減少したことが分かった。また、熱処理を行った金属軟磁性材料薄帯を用いたアンテナは熱処理を行ってない金属軟磁性材料薄帯を用いたアンテナと比べて、品質係数 Q が増加した。これは、(1)式からインダクタンス L が増加し、抵抗 R が減少したことで品質係数 Q が増加したことが分かった。

参考文献

- 1) 川合茂一, 電波時計 (長波受) 用フレキシブルアンテナの開発, 日本時計学会誌, vol.48, No.4 (2004) pp.28-47
- 2) 八宗岡正, ウォッチ電波時計の技術動向と展望, 日本時計学会誌, vol.53, No.200 (2009) pp.39-51
- 3) 高田顕斉, 時計技術解説クォーツ時計, VII.電波修正機能付き時計, 日本時計学会誌, vol.62, No.219, (2018) pp.46-55
- 4) 松谷 伸哉, 井上 修, 釘宮 公一, 超低損失フェライト材料, vol.41, No.1 (1994) pp75-780
- 5) 吉沢克仁, 山内清隆
Fe73.5Cu1Nb3Si13.5B9合金の磁気特性の熱処理による変化, 日本金属学会誌 vol.55, No.5 (1991) pp588-595
- 6) 高梨弘毅, 日本磁気学会編, 「現代講座・磁気工学 1 磁気工学入門—磁気の初歩と単位の理解のために」, 共立出版株式会社 (2008) pp47-48