

## ++++++++ 研究ノート ++++++++

# マイクロ波可変遅延線

堤

誠\*

通信工学において、一定の期間情報を遅らせて処理するようなことはしばしば直面する重要な問題である。たとえば、よく経験することでテレビジョンの信号を受信する場合、放送局から直接受信器のアンテナに入る信号と、建物などに反射して迂回するために遅れてアンテナに入る信号があると、像が二重になるゴーストという現象が生じる。また、別の例で、広い周波数スペクトルを有する信号をマイクロ波回線で送る場合、ケーブルの伝送特性が周波数によって異なるため、受信側ではあるスペクトル成分を持つ信号が早く到着し、他の信号は遅れて到着することが起こり、送信信号を忠実に再生しないことがある。いずれの場合も早く到着した信号を遅く到着した信号に歩調を合わせるように遅らせれば、これらの問題は解決する。この動作を行わせるデバイスが遅延線である。とくに周波数によって遅延時間が変わる遅延線を分散性遅延線と呼ばれている。

最近ではこの遅延線を圧電性材料における弾性表面波により実現しようとする努力がなされており、テレビジョンのゴースト防止にこの弾性表面波遅延線が有望視されている。しかしながら、弾性表面波遅延線は使用周波数が数100 MHz 以下と低く、さらに遅延特性を自由に可変することが困難である。

一方、低損失フェライトであるYIG(Yttrium Iron Garnet)における静磁波(磁気波)を用いた遅延線の研究が行われており、この場合、遅延時間を自由に制御できるとともに、数GHz (1 GHz=10<sup>9</sup>Hz)のマイクロ波帯で動作させることができる。これは磁気共鳴現象の応用であり、スピンの才差運動にマイクロ波がトラップされるために波の速度が落ち、遅延が生じる

るという原理に基くものである。

筆者はここ数年間、静磁波によるマイクロ波可変遅延線の研究を行っており、ここでは得られた結果を簡単に述べる。

実験に用いたYIGは表面を鏡面仕上げした単結晶で厚さ0.0056cm、巾0.45cm、長さ0.56cmのスラブ状のものである。このスラブを図1に示すように直流磁界中に置き、パルス変調したマイクロ波を一端を短絡した線状アンテナを通じてYIGに供給し、静磁波を励振させる。YIGを伝搬した静磁波は同じ構造の受信アンテナに捕われ、この信号を増巾した後、シンクロスコープにより遅延を観測する。遅延は直流磁界または周波数を変えると、変化し、さらに磁化方向を変えることによっても変わる。たとえば図1に示すように磁界の方向をAのように選ぶと周波数を高くするにつれて遅延は増し、Bのように選ぶと遅延は減少することが起こり、筆者はAとBの間の任意方向に磁化した場合の遅延特性を明らかにした。

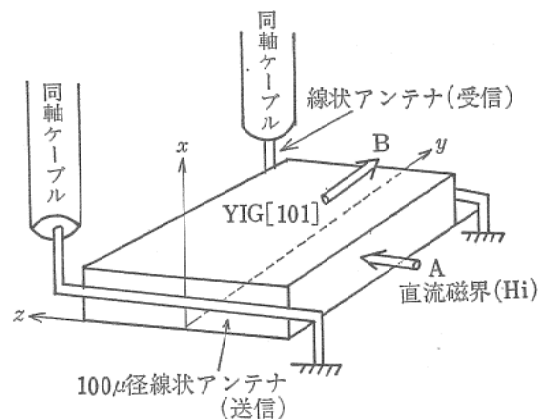


図1 遅延線の実験装置

図2は図1に示す実験装置を用いて磁界をBの方向に選んで求めた遅延の実験結果を示している。この場合、4 GHzのマイクロ波をパルス巾0.2μ sec変調し磁界を変化させることにより遅延を観測し、図2に示すA曲線のように

\* 堤 誠 (Makoto TSUTUMI), 大阪大学, 工学部, 通信工学科, 学内講師, 工学博士, マイクロ波磁気工学

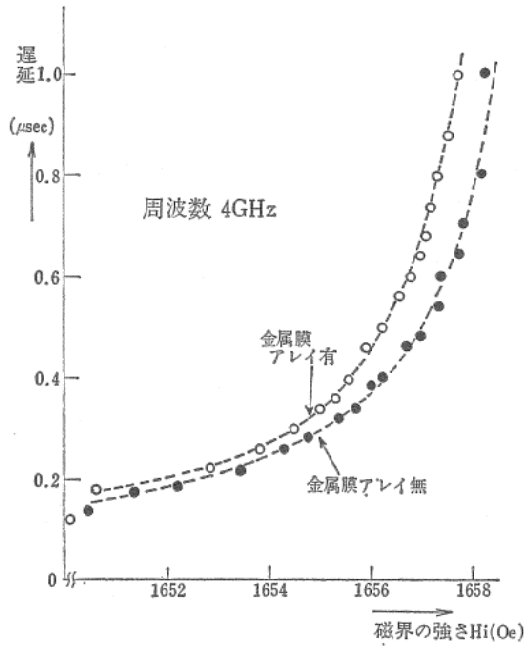


図2 遅延の実験結果

約 8 Oe 磁界の変化により、遅延時間が  $0.2 \mu \text{sec} \sim 1 \mu \text{sec}$  まで変化することを見出した。

また YIG の表面に巾  $200 \mu$  の金属膜のアレイを多数配置すると、図 2 に示す B 曲線のような遅延特性が求まり、さらには僅かの磁界の変化にたいして遅延が変化し、すなわち分散性が強くなることを見出した。

このように静磁波によるマイクロ波の遅延は僅かの磁界の変化によって可変できることは分かったが、これが逆に遅延後のパルス波形をくずしてしまうという欠点につながり、遅延線の応用にたいして大きな障害になることが分かってきた。そこで分散性を弱めるという研究を行ない、筆者は 3 つの方法を考案した。一つは 2 枚の YIG スラブを使い、これらのスラブによって空隙をつくり、空隙に静磁波を伝搬させる方法、2 枚のスラブの内、一つは磁気的な性質の異なる Ga-YIG スラブを用いる方法、さらに Ga を YIG スラブの表面から厚みの方向に拡散させて飽和磁化に分布を持たせる方法などである。いずれの方法も 2 種類以上の磁気共鳴周波数を干渉させることにより分散性を弱めるという原理に基くものである。

図 3 は二つの YIG スラブを用い、空隙を狭めることにより分散性を改善した実験結果を示す。この図で分散性の度合いは曲線の傾むき、 $\frac{df}{d\beta}$  から評価でき、空隙が  $20 \mu$  ではかなり分散性が弱まることになる。この場合、遅延時間

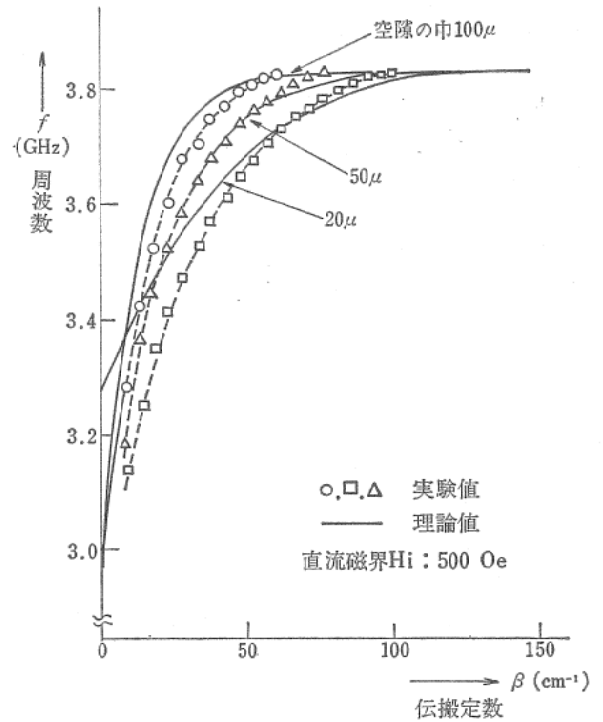


図3 分散性の軽減に関する実験結果

は  $0.2 \mu \text{sec}$  以下と小さくなるが、数 10 Oe の磁界の変化で  $0.05 \sim 0.2 \mu \text{sec}$  の遅延時間を可変することができる。

これらの結果から、 $0.2 \mu \text{sec}$  以下の遅延を可変する遅延線にたいしては静磁波を用いることは有用であることが分ったが、数  $\mu \text{sec}$  以上の遅延時間が得られ、しかも分散性の少ない遅延線を静磁波で行なうことは限度があるように思える。筆者は静磁波に代わる波として磁気弾性波による可変遅延線の研究を並行して行なっている。磁気弾性波は静磁波と弾性波とが結合した波で励振法を変えると、YIG にこの波を発生させることができる。とくに表面波モードである磁気弾性表面波は応用にたいして多称性があり、数  $10 \mu \text{sec}$  の遅延時間を数 100 Oe の磁界の変化で可変できるが、この波による可変遅延線を実用化するためには、伝搬損や励振法などの多くの解決せねばならない問題が山積みしており、今後の基礎研究の結果を待たねばならない。

おわりに YIG における静磁波、磁気弾性波は遅延線の応用に限らず、マイクロ波のフィルタ、非可逆性弾性波回路素子、さらに半導体のようなアクティブな媒体と組み合わせることにより磁界により周波数が変わる発振器などの応用も考えられることを付記する。