

磁性薄膜を用いた 伝送線路デバイスの低損失化技術

長野工業高等専門学校
電子制御工学科

助教 中山 英俊

研究背景

情報通信機器が広く普及し、小型・薄型・軽量で多機能な装置へのニーズが高まっている。

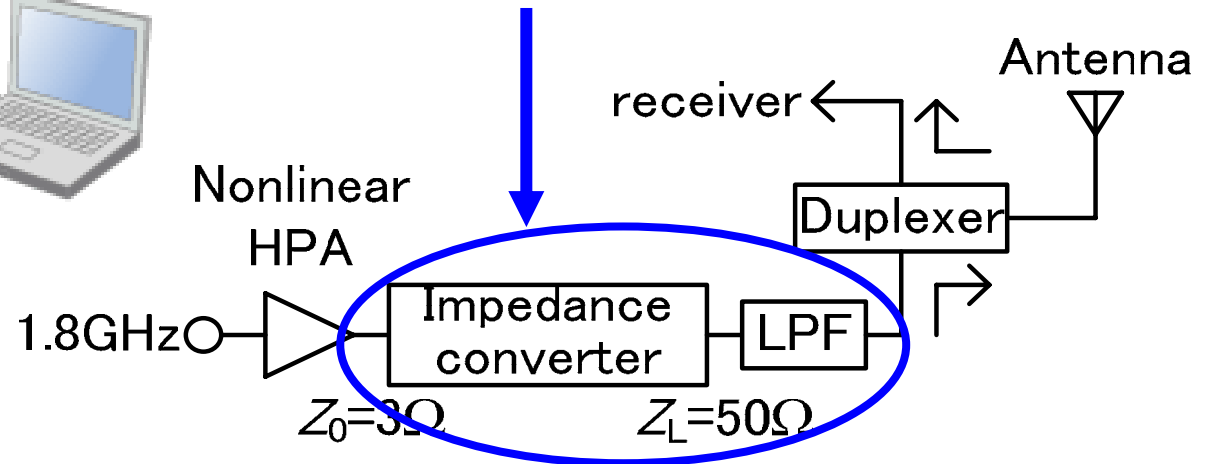
これに伴い、電子部品は、更なる小型・薄型化が強く要求されている。

本技術は、情報通信機器の高周波電子部品を小型・薄型化することを目的として、磁性薄膜を用いた伝送線路デバイスを提案し、その実用化を目指すものである。

研究背景



携帯電話などの内部回路で、インピーダンス整合器やフィルタなどの高周波部品に使用されるインダクタ等が大きな面積を占めている。

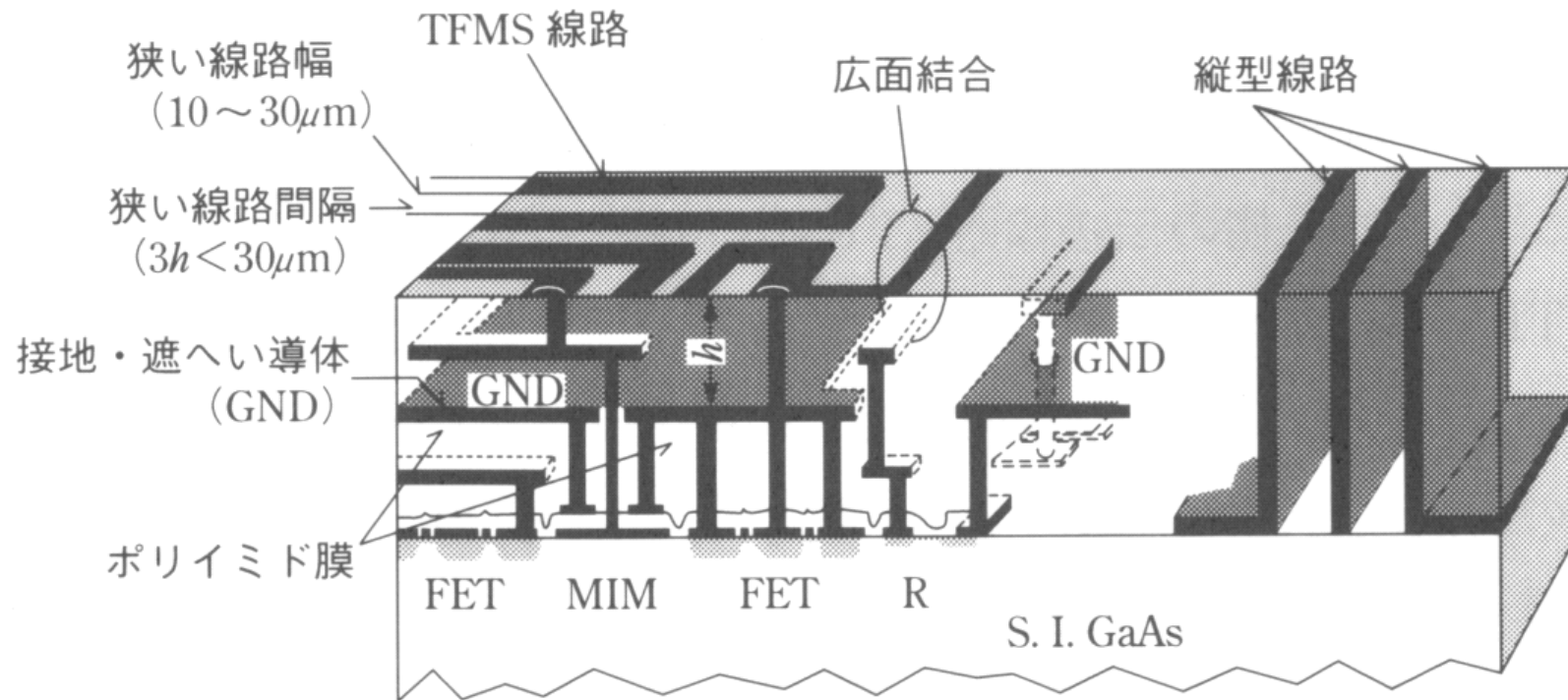


GHz帯無線情報通信機器

- 携帯電話 (800MHz ~ 2GHz)
- 無線LAN (2.4GHz ~ 5.8GHz)
- ETC機器 (~ 5.8GHz)

研究背景

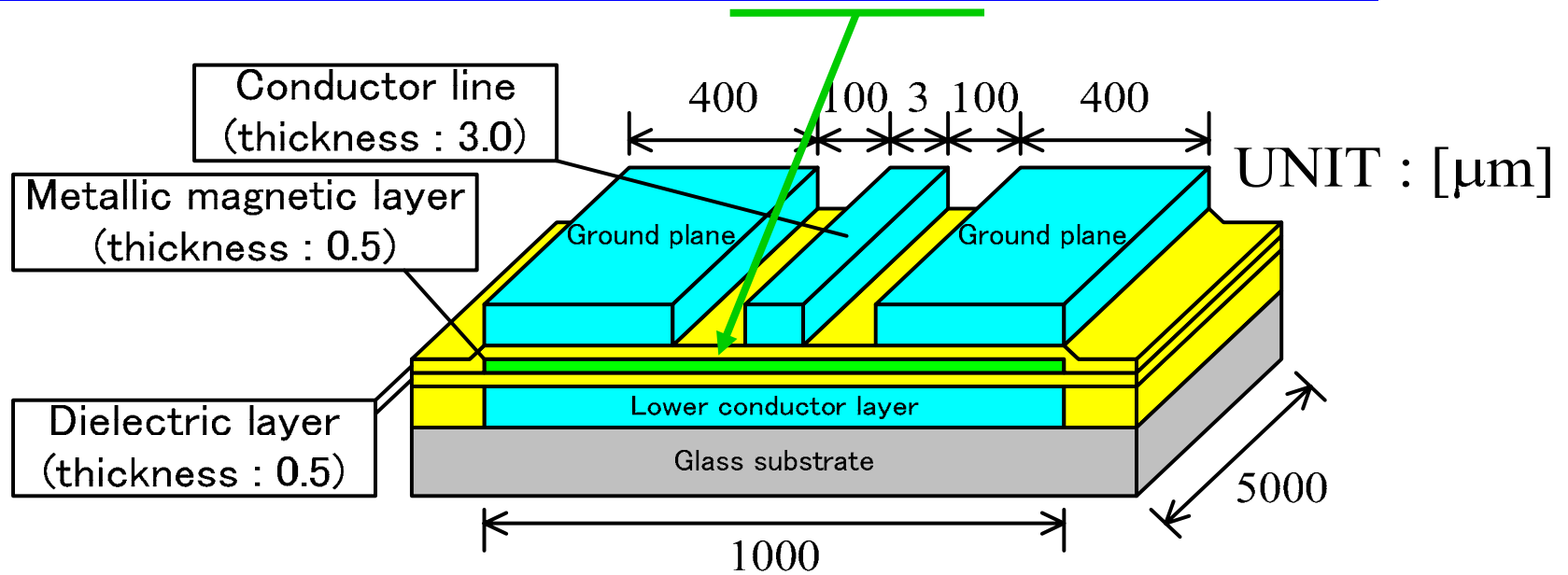
将来のMMIC(モノリシックマイクロ波集積回路)化にも
適合した次世代薄膜デバイスの開発が必須



Ref.:モノリシックマイクロ波集積回路(MMIC),相川政義他著,電子情報通信学会編,(1997).

新技術の基となる研究成果・技術

伝送線路デバイスに磁性薄膜を適用

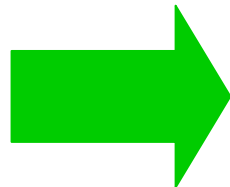


1/4波長伝送線路デバイス

デバイスの機能

- インピーダンス整合器
- フィルタ
- 方向性結合器 などなど

サイズが信号波長に依存
1GHzの自由空間波長は30cm



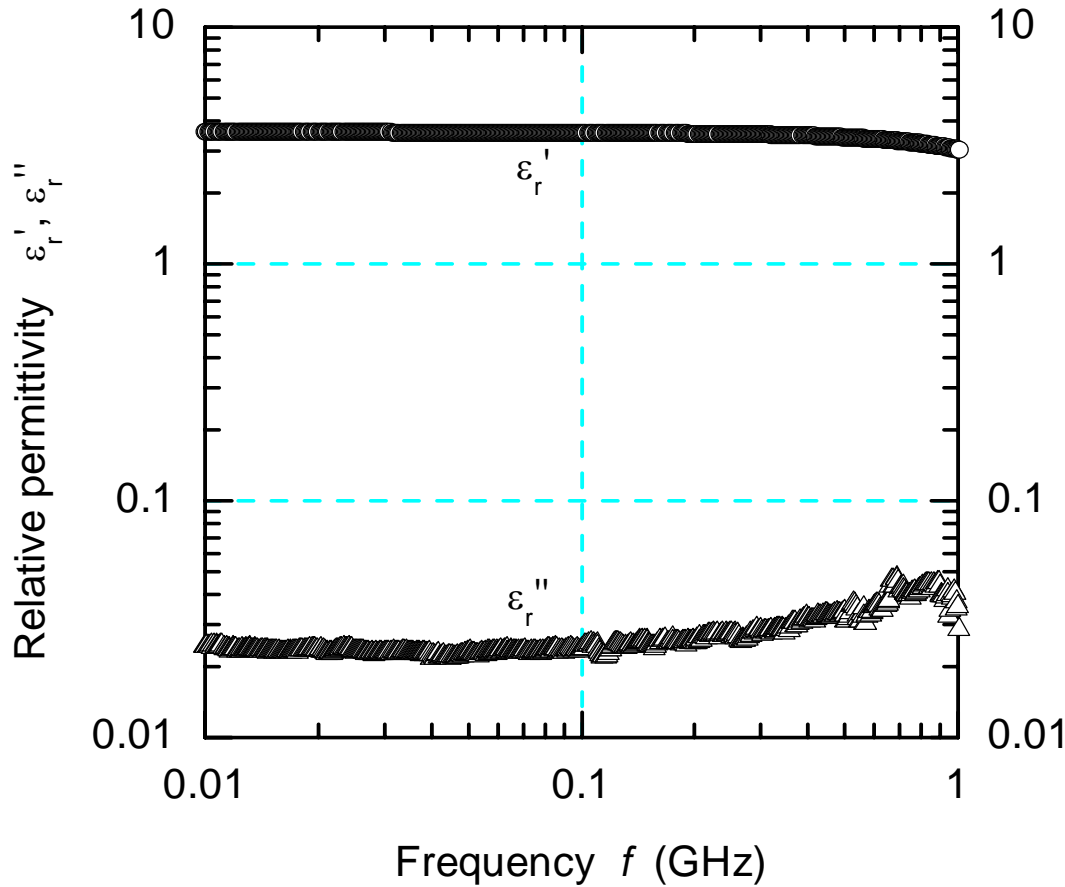
磁性薄膜の適用

信号波長 $\lambda \cong \frac{1}{f \sqrt{L_0 C_0}}$ **大幅な小型化**

(L_0 : 分布インダクタンス、 C_0 : 分布キャパシタンス)

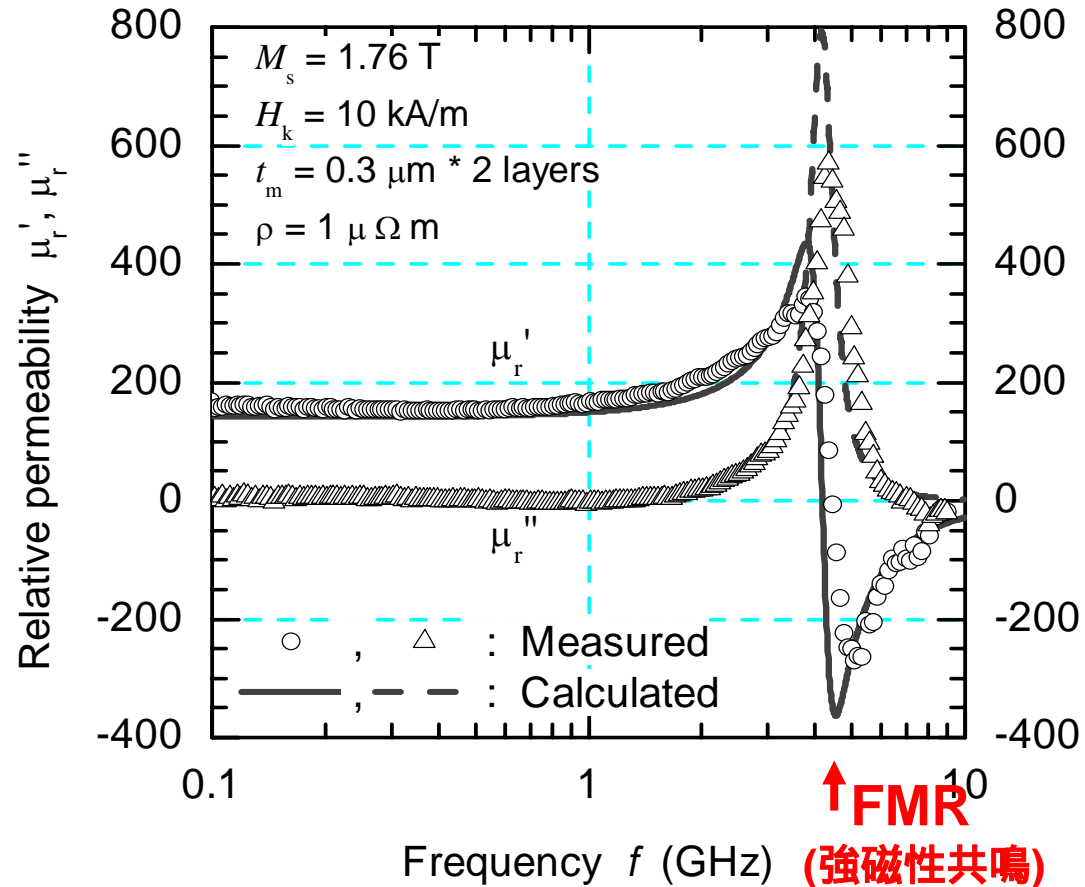
波長短縮効果の増大
磁性薄膜損失によるフィルタ効果向上

試作に用いた材料の基礎特性



ポリイミド膜の複素比誘電率の周波数特性
 測定: インピーダンスマテリアルアナライザ(HP4291A).

ポリイミド膜 : $\epsilon_r' \sim 3.5$
 $\tan\delta \sim 0.01$

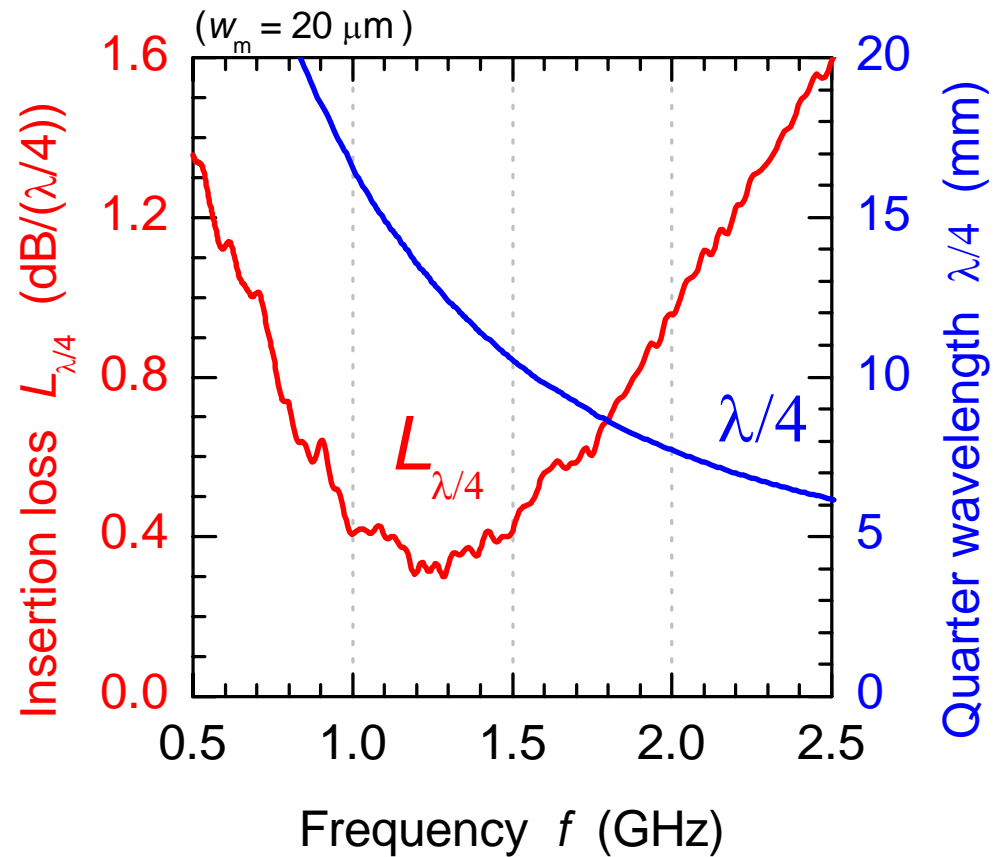
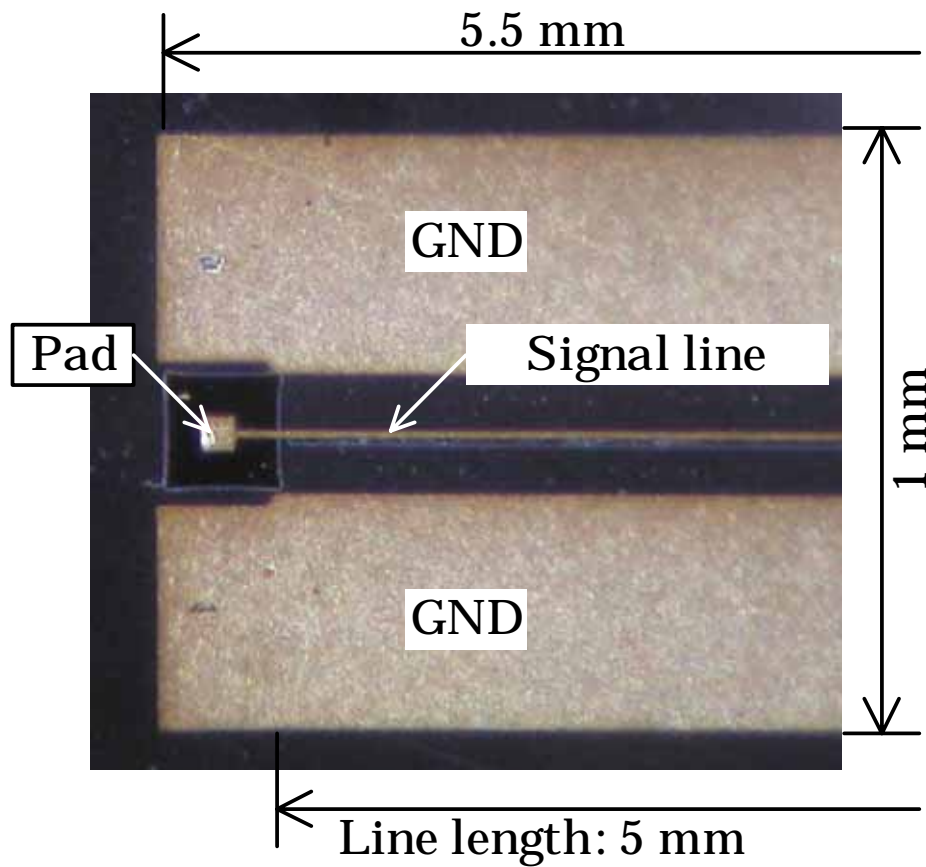


CoFeB 膜の複素比透磁率の周波数特性
 測定: 超高周波透磁率測定装置 (PMM-9G1).

CoFeB 膜 : $\mu_{rs}' \sim 180$ (static)
 $f_{\text{FMR}} \sim 4$ GHz

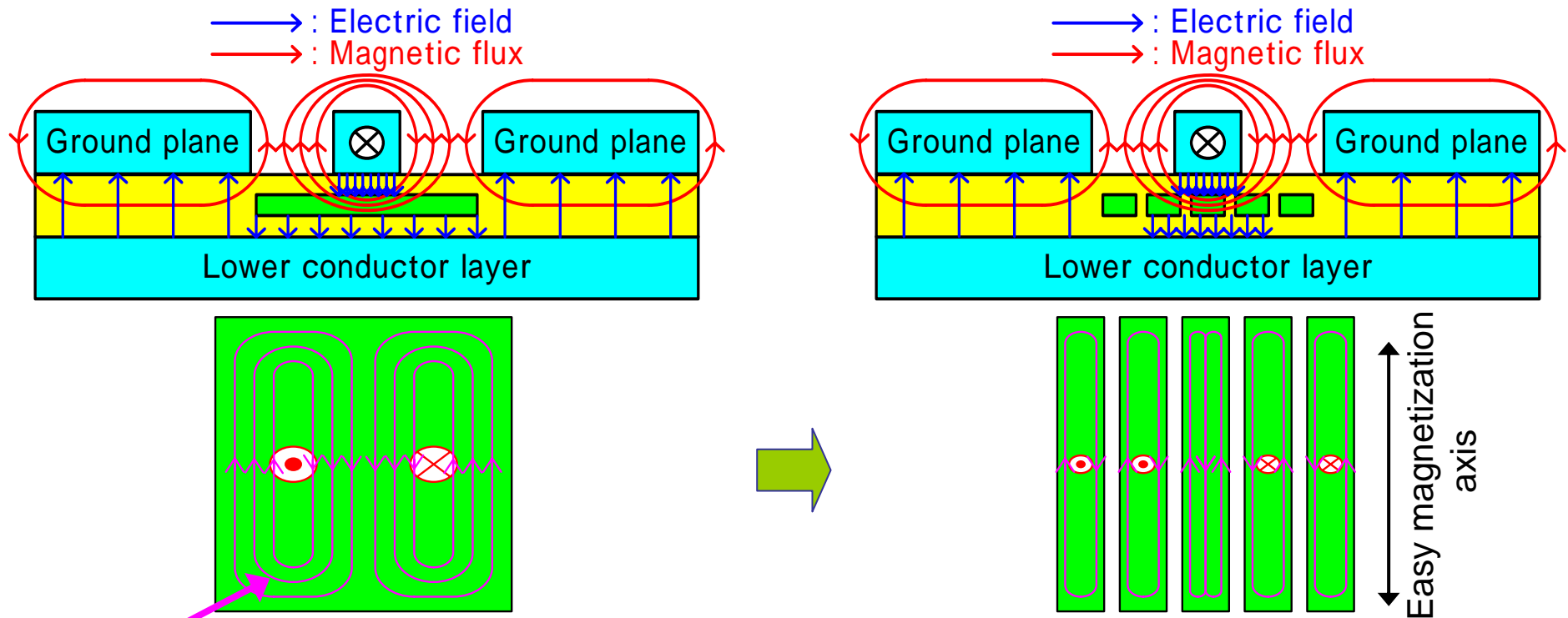
新技術の基となる研究成果・技術1

直線型伝送線路デバイスとしての基礎特性評価



新技術の基となる研究成果・技術2

磁性薄膜のスリット加工による低損失化

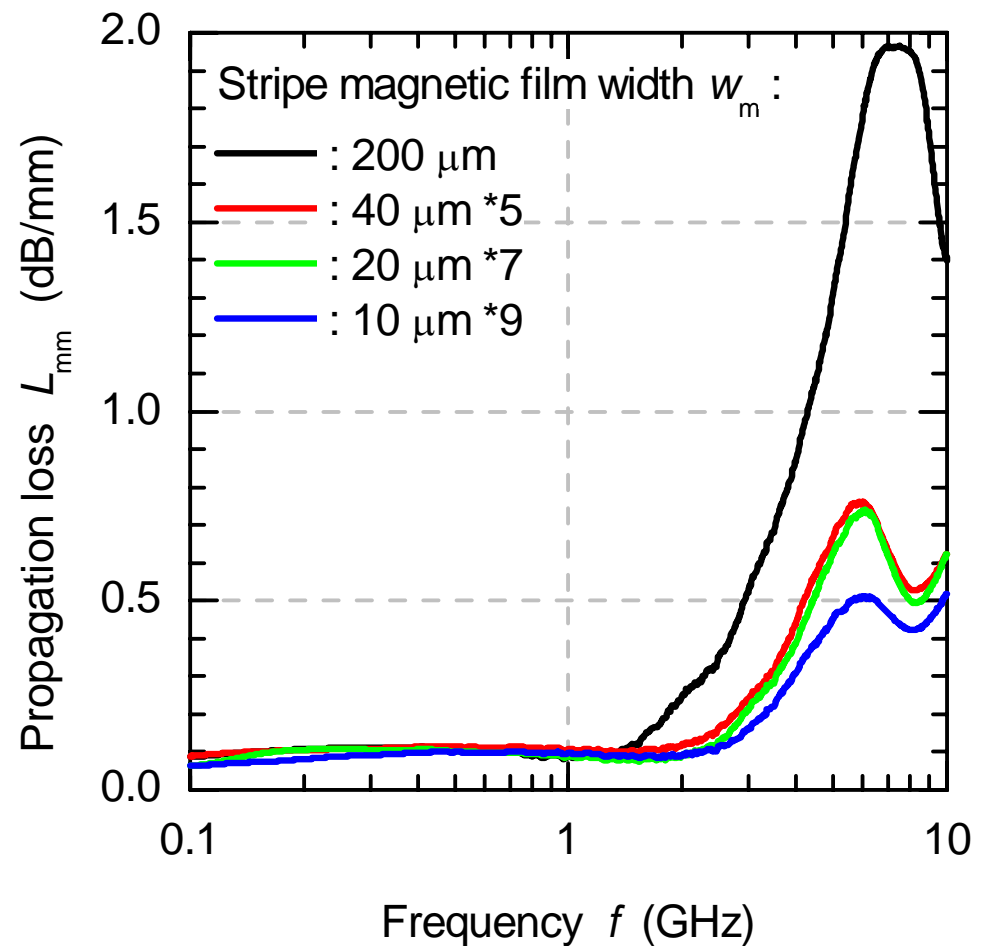
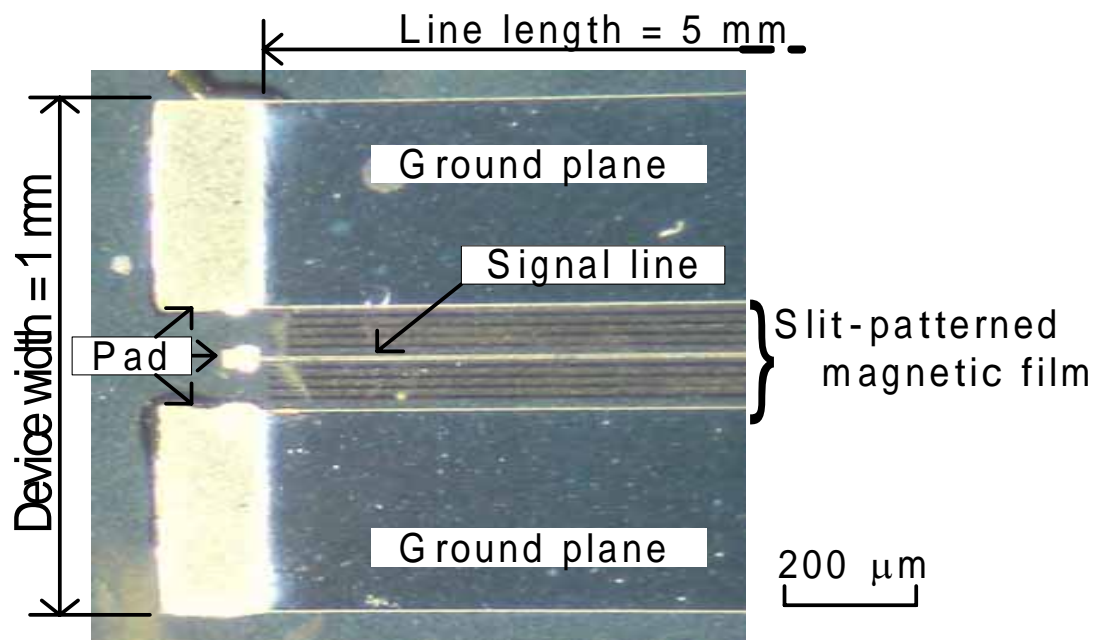


■ 面内うず電流による損失が磁性薄膜損失の主因となった

- ### 磁性薄膜のスリット加工
- 面内うず電流経路の遮断
 - 形状磁気異方性を有効利用
 - 反面、磁性膜体積が減少してしまう

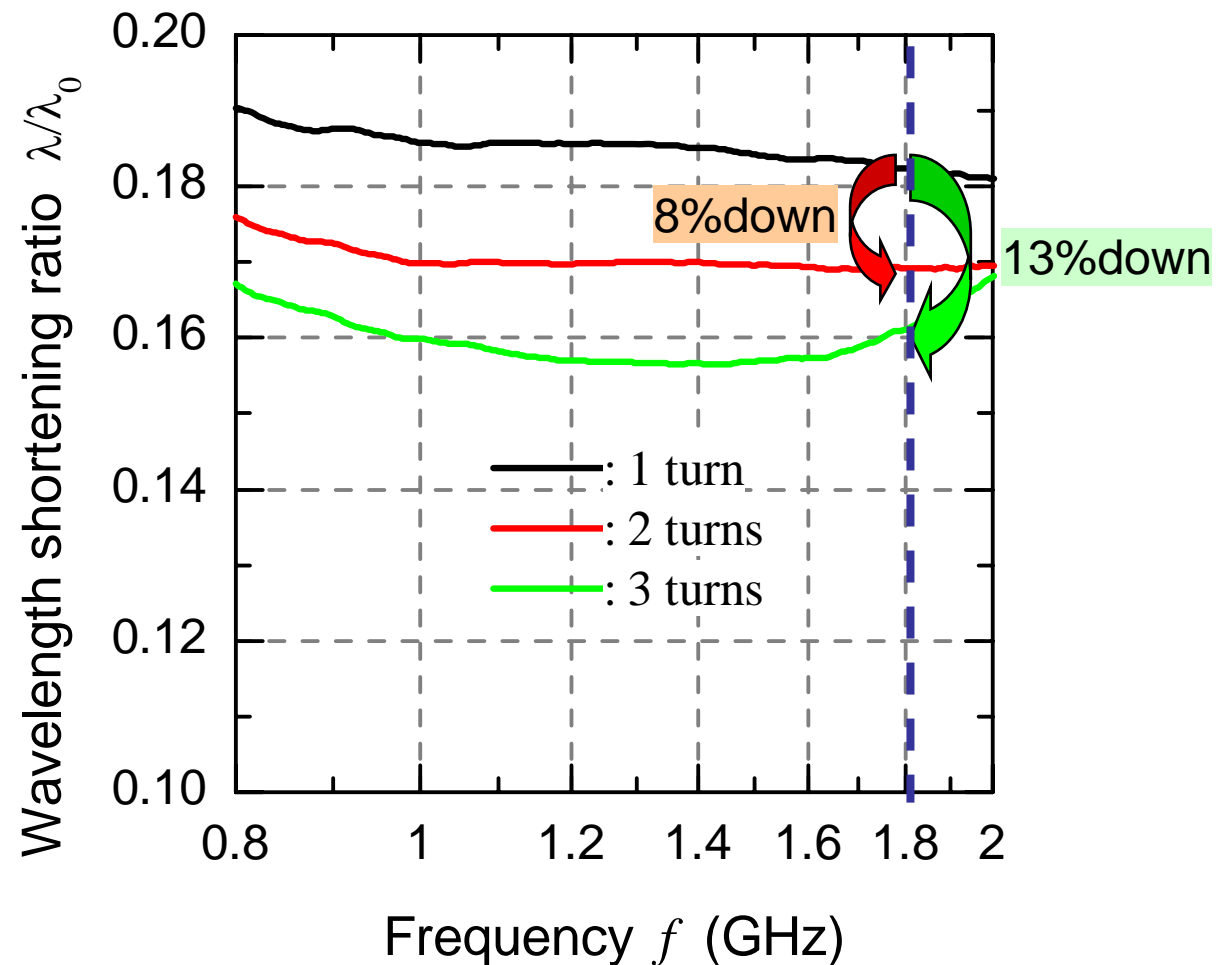
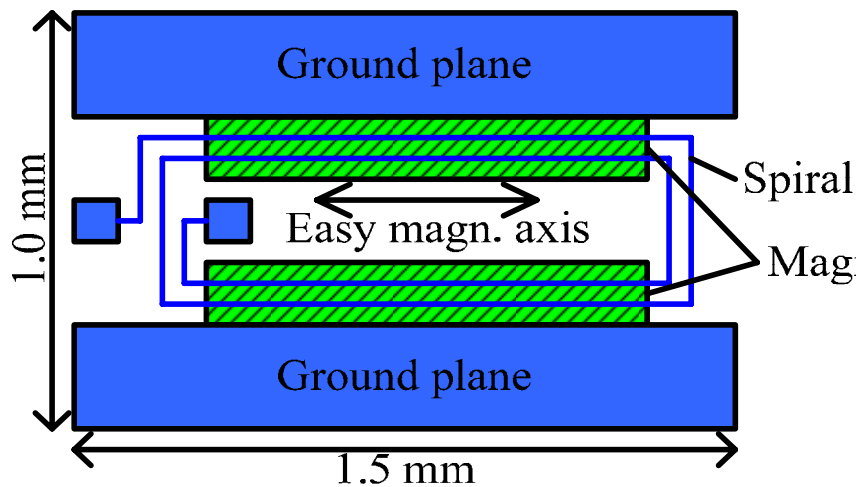
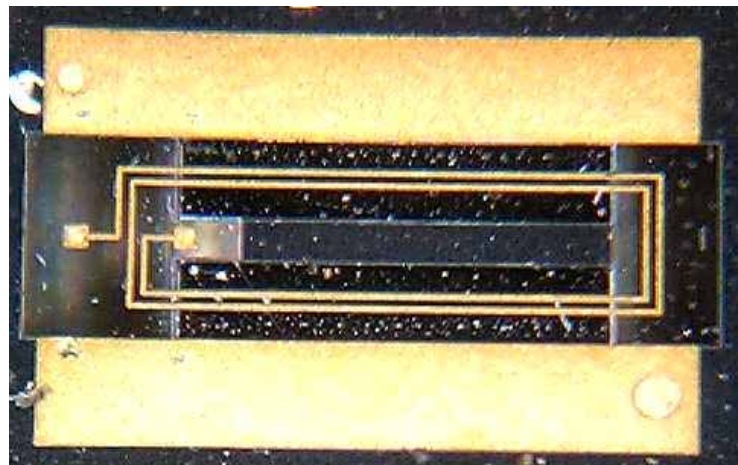
新技術の基となる研究成果・技術2

磁性薄膜のスリット加工による低損失化



新技術の基となる研究成果・技術3

スパイラル型伝送線路デバイスによる更なる小型化



新技術の基となる研究成果・技術

これまでに、磁性薄膜を伝送線路デバイスに適用することによる、小型化の効果が実証された。

[例]ポリイミド誘電体のみを用いた伝送線路は、自由空間波長の約1/2サイズに小型化されるが、CoFeB磁性薄膜とポリイミドを用いた伝送線路は、自由空間波長の約1/5サイズに小型化できる。

従来技術とその問題点

現在、実用化されている高周波回路は、インダクタのサイズが小型化のボトルネックとなっている。

磁性薄膜を用いた伝送線路デバイスの提案

小型化のメリットは十分に得られるが、損失が大きいが、実用化の最大の課題である。

小型かつ低損失なデバイスの開発

- ・様々な損失低減対策を総合的に実施する必要がある

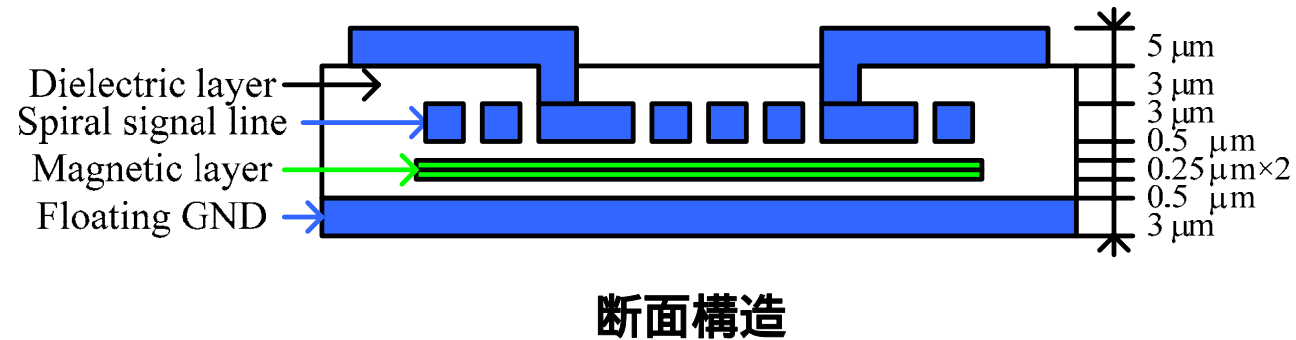
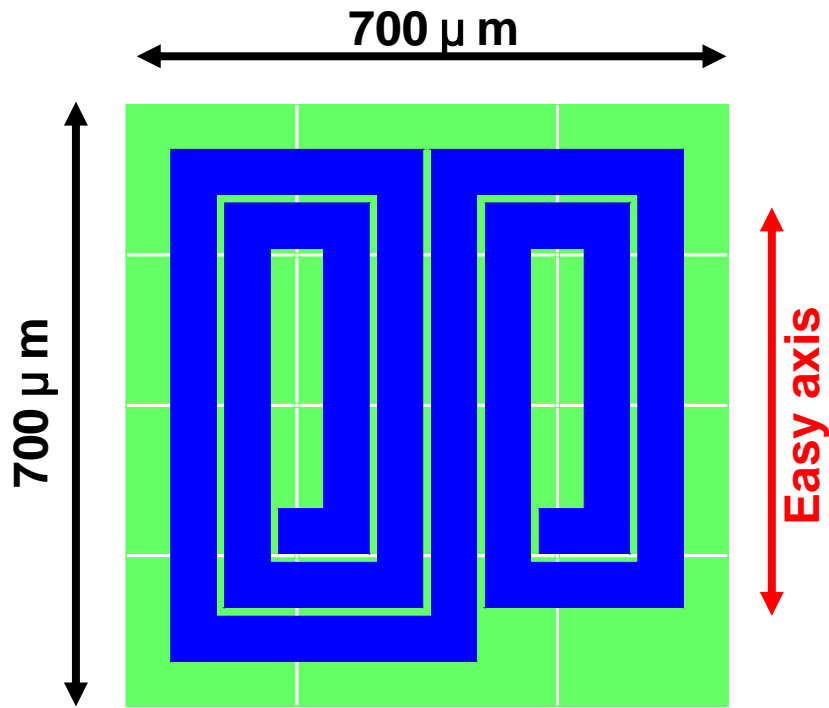
新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の課題であった損失低減の課題に有効な対策を新技術とした。
- ダブルスパイラル構造は、磁性薄膜利用に対して効果的な構造。
- 相互インダクタンスを利用し、うず電流を抑制する磁性薄膜パターンニング。
- 導体ライン分割による導体ライン損失の低減

実用仕様を満足する低損失で良好な特性を得るためには、これまでの技術を総合した設計の最適化が必要である。

新技術の構造

ダブルスパイラル伝送線路による特性改善

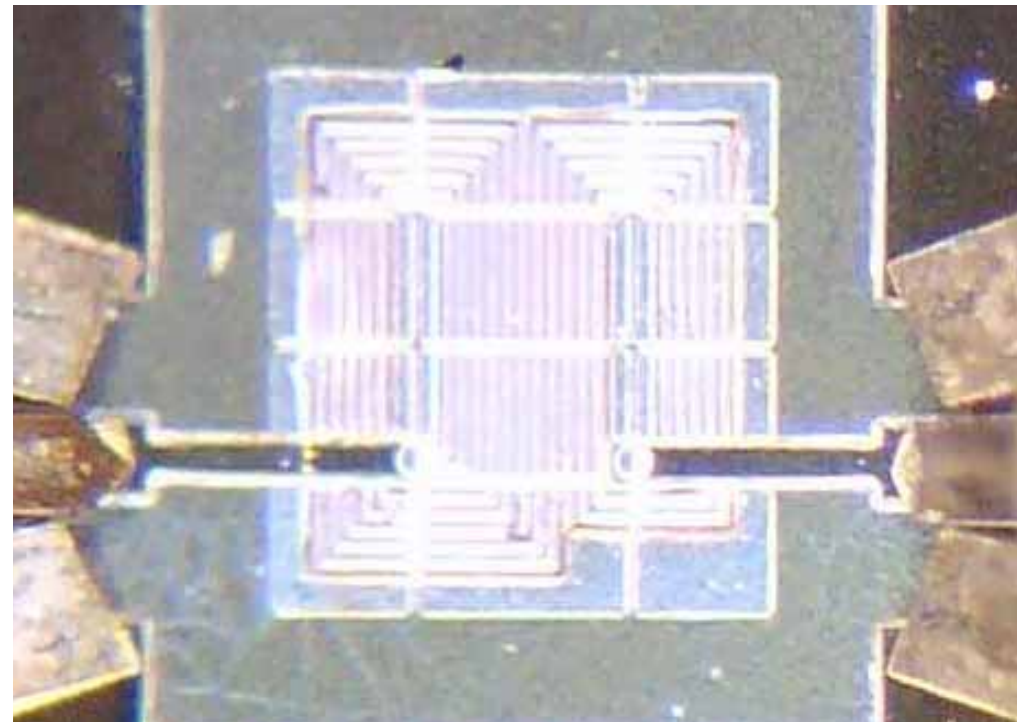
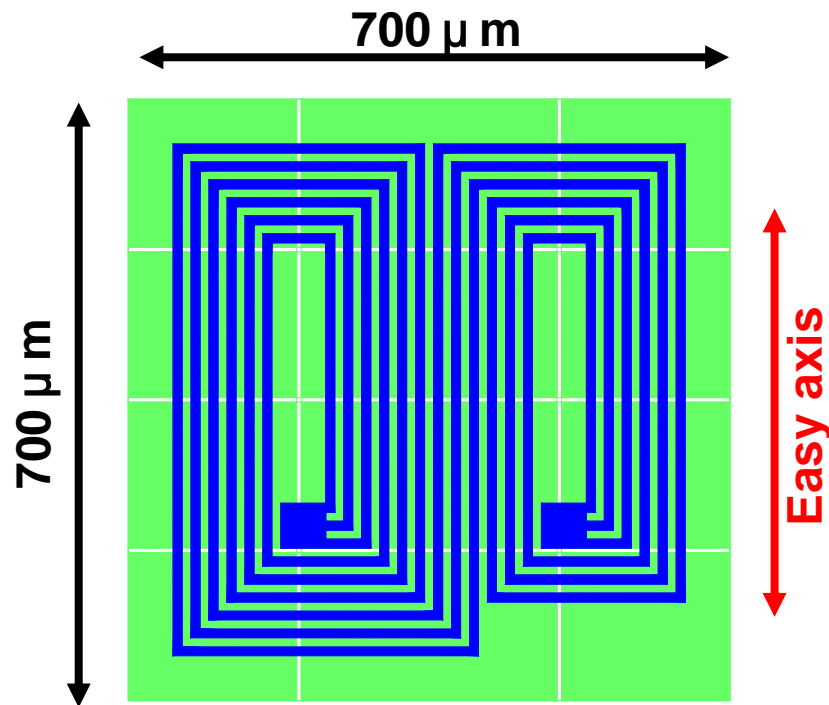


ダブルスパイラルコイル(線路長4.85mm)

- ・磁性薄膜の磁気特性を有効利用できる構造
- ・相互インダクタンスを有効に利用する磁性薄膜パターンニング

新技術の構造

ダブルスパイラル伝送線路 + 導体ライン分割



導体ライン分割

- ・導体ライン分割による導体ライン損失の低減
- ・表皮効果・近接効果による電流の偏りを解消
- ・従来技術と総合して、実用化に向けた特性改善が可能となる

想定される用途

- 本技術は、携帯電話などの小型・軽量・薄型化を常に要求される技術分野において、いずれ必要となると考えられる小型化技術である。
- 無線通信が身近で多用される現代の社会ニーズに対し、本技術は、あらゆる無線通信機器の部品として展開される可能性がある技術である。
- 既存のIC製造プロセス技術に、新たに磁性薄膜成膜プロセスの導入を図る必要があるが、導入可能であれば、他の集積回路素子も同様に大幅に小型化される。
- 磁性薄膜の適用は、デバイスの小型化のみならず、集積回路内での不要電磁波のクロストーク抑制にも効果がある技術である。
- 高周波回路に関して、全般的に有用な技術改革となり得る。

想定される業界

- **利用者・対象**

高周波回路部品メーカー（携帯電話モジュールなど）
無線通信機器メーカー

- **市場規模**

携帯電話市場だけでも世界で20億台。

既存IC製造プロセスに磁性薄膜成膜行程の導入が必要

実用化に向けた課題1

- 現在、未だ実用性能に対して損失が大きいことが課題である。これまで蓄積した基礎研究実績に基づき、最適化デバイスの設計とそれらを実現するプロセス技術が得られれば、目標性能を満足する可能性がある。
- スパイラル構造やスリット加工など複雑なデバイス構造と高周波磁気特性に対応した高周波シミュレーション技術を用いて、設計の最適化が図られれば、実用化に向けて大きく加速する。
- 微細加工による損失低減対策を実現するプロセス技術が得られれば、効果的な損失低減が実現すると考えられる。

実用化に向けた課題2

- これまで蓄積した技術を総合したデバイス設計の最適化を図り、具現化することが第一の課題。
- 設計したデバイスを製作する高度なプロセス技術を用いて、デバイスを試作し、実機回路による特性試験を実施することが実用化に必須である。
- 一方で、高周波応用に対してさらに優れた磁性薄膜材料が提供されれば、材料面からの損失低減効果が得られる。
- 材料開発、デバイス設計の両面から課題解決に当たることが高周波デバイス開発に必要な道筋である。

企業への期待 1

デバイス製作:

本技術を用いたデバイスの製作プロセス技術を持つ企業には、実用化に向けたデバイス製作の共同研究を期待する。

実機による評価:

従来、ネットワークアナライザによる小信号評価のみのため、無線通信回路を用いたフィールドテストを担える企業には、実用化に向けたフィールドテストの共同研究を期待する。

- 高周波電子部品・モジュールならびに高周波機器の分野への展開を考える企業には、MMIC化を前提とした本技術の導入が有効と思われる。
- 同分野の開発を手掛ける企業には、実装試験を共同で実施し本技術の実用化に向けた取り組みに協力して頂きたい。

企業への期待2

電磁界シミュレーション:

高周波電磁界シミュレーション技術を持つ企業には、開発効率を高めるために、複雑な構造に対応した電磁界シミュレーションによる技術協力を期待する。

磁性薄膜材料開発:

磁性薄膜材料の開発技術を有する企業には、高周波で低損失な優れた材料特性を有する材料開発により、材料開発面での協力、材料提供などを期待している。

- 高周波での磁気特性に対応した計算技術が必要である。
- 磁性薄膜成膜プロセスをIC製造プロセスに適合させ、一貫して作り上げる製造技術が必要である。

本技術に関する知的財産権

- **発明の名称** : 磁性薄膜を用いた伝送線路デバイス
- **出願番号** : 特願2010-055675
- **出願人** : 独立行政法人国立高等専門学校機構
- **発明者** : 中山英俊

研究略歴

- 2003年-現在 磁性薄膜を用いた高周波伝送線路
デバイスの研究
- 2007年-現在 カーボンナノチューブを用いた
電磁波照射型ハイパーサーミアの研究
- 2008年-現在 左手系マイクロ波デバイスの研究
- 2008年3月-2008年9月 米国UCLAにて在外研究員
(左手系マイクロ波デバイスの研究)
- 2008年10月-2009年3月 JSTシーズ発掘試験事業に採択

お問い合わせ先

長野工業高等専門学校

中山 英俊

T E L 0 2 6 - 2 9 5 - 7 0 7 4

F A X 0 2 6 - 2 9 5 - 7 0 7 4

e - mail nakayama@ec.nagano-nct.ac.jp