

内藤 喜之 「薄型電波吸収体及び電磁波回路の開拓」

NAITO Yoshiyuki “Development of Thin Microwave Absorbers and Electromagnetic Wave Circuits”

1. 略歴

1936-11-22 生誕，1959 東京工業大学理工学部卒，1961 東京工業大学大学院理工学研究科修士課程了，1964 東京工業大学大学院理工学研究科博士課程了，1964 理工学部助手，1967 工学部助教授，1980 工学部教授，1986 理工学国際交流センター長，1992 教務部長，1993 工学部長，1997 東京工業大学名誉教授，1997 東京工業高等専門学校校長，1997 東京工業大学学長，2002 大分大学学長，2004 国立高等専門学校機構理事長，2001 電子情報通信学会会長，1988 IEEE フェロー，1961 電気通信学会稲田賞，1967 電子通信学会論文賞，1994 電子情報通信学会業績賞・論文賞，2000 電子情報通信学会功績賞，1996 東京都科学技術功労表彰，2011-6-15 逝去（74 歳）



（内藤 喜之）

2. 要約

内藤喜之は、マイクロ波、ミリ波及び光波の各周波数帯にわたり、電波吸収体及び電磁波回路の研究と後進の育成に携わってきた。特に、フェライトを用いた薄形で広い周波数帯域の電磁波を吸収する電波吸収体の研究成果は学術的に国内外から高く評価されるとともに、建物外壁や電波暗室に設置され、電波吸収体の実用化にも大きく貢献した。また、磁化されたフェライトを用いて、一方向性の伝搬特性をもつアイソレータ、サーキュレータといった非相反素子を平面電磁波回路において実現する研究を推進した。さらに、教務部長、工学部長、学長を務め、東京工業大学の運営にも大きく貢献した。

3. 研究業績

3.1 電波吸収体の開発・実用化

電磁波による電子情報機器等の障害を無くすための方針は、機器等から放射される不要な電磁波のパワーを低減することと、不要電磁波に対する機器の耐性を大きくすることである。電波暗室は、電子情報機器からの放射電磁波の測定や、機器の妨害電磁波に対する耐性を測定する空間として重要である。この空間をつくるためには電波暗室の外壁面を電気的な遮蔽物、すなわち導体で覆って電波暗室外部からの電磁波の侵入を防止する。さらに、電波暗室の内部には電波吸収体を設置し、電波暗室内で不要な電磁波の反射を防止することが必要不可欠である。従来の電波吸収体は、炭素粒子を含有した誘電損失材料を用いて形成されていた。この電波吸収体は、十分な電波吸収特性を得るためには電波到来方向の厚さが約 60 cm と厚いという欠点があった。

電波暗室内部の空間をできるだけ広く確保するためには電波吸収体の厚さをできるだけ薄くすることが望まれており、内藤喜之はこの課題に対してフェライトの磁性損失を用いる新規な電波吸収体として、格子形（グリッド形）電波吸収体を開発した（図 1）[1]。この電波吸収体は、電波到来方向の厚さがわずか 2 cm であるが、周波数範囲 30 MHz から 700 MHz の電磁波の反射を 1/100 以下に抑えることができ、

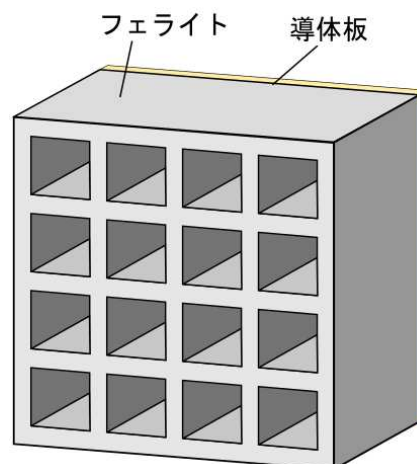


図 1 グリッド形電波吸収体の構造図

FCC（Federal Communication Commission：米国連邦通信委員会）が定める特性をもつ EMC 測定環境を実現することができた。さらに、フェライトと誘電損失材料を組み合わせることによって、よりいっそう広帯域な周波数範囲で機能する電波吸収体を開発し、30 MHz から 1800 MHz の電磁波の反射を 1/100 以下に抑えるという特性を実現することに成功した[2]。

3.2 電磁波回路

マイクロ波、ミリ波、及び光波の各周波数領域において、受動電磁波回路の研究を推進した。特に、磁性材料フェライトの特徴を活かして、アイソレータ及びサーキュレータと呼ばれる非相反素子を平面回路で実現する研究を精力的に行った。マイクロ波及びミリ波周波数帯において、磁化されたフェライト基板上にマイクロストリップ線路を形成し、この線路を伝搬するエッジ導波モードと呼ばれる新しい伝搬モードに着目した。この伝搬モードは、伝搬方向によって電磁界分布が異なる。これを利用して一方向のみに電磁波を伝搬させることができるアイソレータや、電磁波の入出力ポートが循環的に配置されるサーキュレータを実現した。

さらに、光波周波数帯においても、磁化された単結晶磁気光学材料 YIG ($\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$) 薄膜を導波層とする光導波路を形成し、この導波路中を伝搬する光波が伝搬方向によってわずかに異なる速度で伝搬する非相反移相効果を実験によって示し[3]、この効果を利用した導波路形光アイソレータの研究を推進した。この研究は、非相反移相効果を実験的に検証してから約 25 年後に、導波路形光アイソレータ及び光サーキュレータの実現につながった[4]。

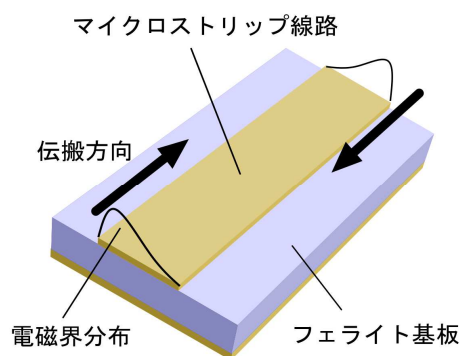


図2 エッジ導波モード

4. 参考文献

- [1] 内藤喜之, 高橋道晴, 安斎弘樹, 水本哲弥, 格子形フェライト電波吸収体の反射特性,” 電子情報通信学会論文誌, vol. J76-B-II, pp. 898-905 (1993).
- [2] 内藤喜之, 水本哲弥, 高橋道晴, 脇田雄一, ”ゴムフェライト装荷によるフェライト系吸収体の経済的広帯域化,” 電子情報通信学会論文誌, vol.J76-B-II, pp.647-655 (1993).
- [3] T. Mizumoto and Y. Naito, “Nonreciprocal propagation characteristics of YIG thin film,” IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-30, pp. 922-925 (1982). DOI: 10.1109/TMTT.1982.1131173/
- [4] Y. Shoji, T. Mizumoto, H. Yokoi, I-Wei Hsieh, and Richard M. Osgood, Jr., “Magneto-optical isolator with silicon waveguides fabricated by direct bonding,” Applied Physics Letters, vol. 92, 071117 (2008). DOI: 10.1063/1.2884855

5. 主な著書

- [1] 情報伝送入門 (昭晃堂 1976)
- [2] 基礎電気回路 (昭晃堂 1976)
- [3] 電気数学I・II (森北出版 1976)
- [4] 電気・電子基礎数学 (電気学会 1980)
- [5] マイクロ波・ミリ波工学 (コロナ社 1986)
- [6] 電波吸収体 (オーム社 1987)

(2023-6-6 水本哲弥-談)