

# 磁場微分検出を用いたベクターネットワークアナライザ強磁性共鳴測定装置の開発

田丸慎吾、常木澄人、久保田均、湯浅新治  
(産総研 スピントロニクス研究センター)

Vector network analyzer ferromagnetic resonance spectrometer with field differential detection

S. Tamaru, S. Tsunegi, H. Kubota, S. Yuasa  
(AIST, Spintronics Research Center)

## はじめに

各種高速磁気デバイスの開発において、磁化ダイナミクスの理解は不可欠であり、その為に行われる最も一般的な測定は、強磁性共鳴(FMR)である。FMR 測定には従来電子スピン共鳴(ESR)測定装置が用いられてきた。ESR 測定装置は、マイクロ波をキャビティ共振器に導入し、その中に置かれたサンプルのマイクロ波吸収をモニターする。この方式では励起周波数はキャビティ共振器の共振周波数で決まってしまうため、磁化ダイナミクスの周波数依存性を測る事は出来ない。このため近年では、広帯域で FMR 測定を行う事が出来る、ベクターネットワークアナライザ強磁性共鳴(VNA-FMR)測定装置が使われてきている。VNA-FMR では、平面導波路(CPW)上に磁性サンプルを配置し、CPW にマイクロ波を注入して透過係数( $S_{21}$ )を測定しつつバイアス磁場を掃引する。FMR 共振条件が満たされると、磁性体の共振によりマイクロ波が吸収されるので、それを  $S_{21}$  の変化として測定する。しかしながら、この方式では FMR 共振に伴う  $S_{21}$  変化が、VNA の S パラメータ測定の感度揺らぎ(トレースノイズ)より小さくなると、信号がトレースノイズに埋もれてしまい測定出来なくなってしまうという問題があった。この問題を解決する為、我々は従来の VNA-FMR に磁場微分検出法を組み合わせ、測定感度の向上を試みた。

## 装置の概要

図1は本研究で構築した VNA-FMR のブロック図である。本システムでは、従来の VNA-FMR に変調コイルが追加されており、これにより、バイアス磁場に加えて変調磁場をサンプルに印加し、その変調磁場による  $S_{21}$  の変化分だけを数値計算により抽出する。図2は従来と本研究で構築された VNA-FMR それぞれで測定された、FeB(1.6 nm)/W(0.1 nm)/FeB(1.1 nm)積層膜の FMR スペクトルの比較である。従来法によって測定された結果は、VNA のトレースノイズによってベースラインが揺らぎ、SN 比が非常に低くなっているのに対し、本研究の VNA-FMR による測定結果は、非常に高い SN 比を示している。これは、VNA のトレースノイズは低い周波数に偏っており、その為長時間に渡る測定では、一連のシーケンスの最初に測ったベースラインノイズの結果が、時間の経過とともに不正確となり、ノイズとして表れてしまうが、変調法ではそのような低周波のトレースノイズが効果的に除去されるためである。本発表では、本方式で構築された VNA-FMR のハードウェア構成、測定シーケンス及びデータ処理方法等について詳細に解説する。

## 参考文献

- 1) S. Tamaru et. al., Rev. Sci. Instrum, 89, 053901 (2018)

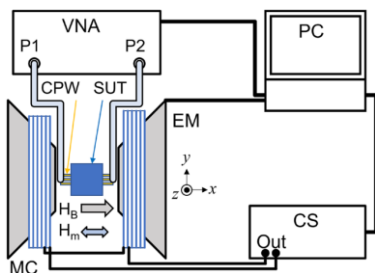


図1,本研究で構築された磁場微分検出 VNA-FMR のブロック図

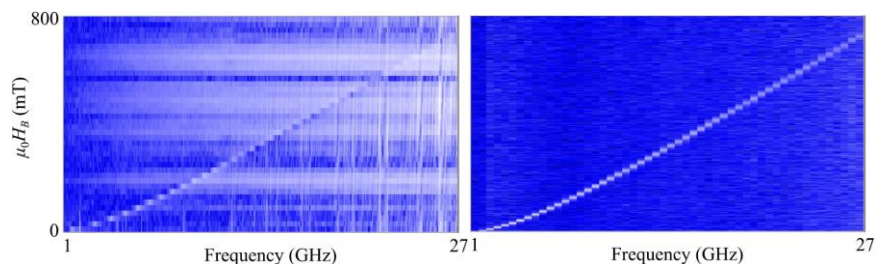


図2,FMR 測定結果の比較。(左)従来の VNA-FMR、(右)本研究で構築された磁場微分検出 VNA-FMR