

フリップチップボンディングによる高周波駆動薄膜磁界センサ

工藤春陽, 植竹宏明*, 小野寺英彦**, トンタット ロイ, 薮上 信, 早坂淳一*, 荒井賢一*
(東北大学, *電磁材料研究所, **東北学院大学)

Flip-chip bonded high-frequency thin-film magnetic field sensor

H. Kudo, H. Uetake*, H. Onodera**, L. Tonthat, S. Yabukami, J. Hayasaka*, K. I. Arai*
(Tohoku University, *Research Institute for Electromagnetic Materials, **Tohoku Gakuin University)

はじめに フリップチップボンディングにより実装したコプレーナ構造の高周波駆動薄膜センサを開発し, 磁性薄膜の膜厚と位相変化感度, および低周波磁界検出について検討した.

計測方法 Fig. 1 に直線コプレーナ線路により構成される薄膜センサの構造を示す. センサ素子はガラス基板上 (25 mm×25 mm, 1 mm 厚) にアモルファス CoNbZr 薄膜 (18.2 mm×1.15 mm) を RF スパッタにより成膜し, SrTiO 薄膜を介して Cu 薄膜によるコプレーナ線路 (長さ 19.8 mm, 0.3 mm 幅, ギャップ 0.05 mm, 膜厚 4 μm) をそれぞれリフトオフにより加工した. コプレーナ端部の電極はフリップチップボンディングにより基板へ実装した. CoNbZr 薄膜は回転磁界中熱処理 (300 °C, 2 時間 0.3 T) の後, 静磁界中熱処理 (300 °C, 1 時間 0.3 T) を施し, コプレーナ幅方向に異方性を付与した. キャリア信号はコプレーナ導体の流れ, CoNbZr 薄膜に通電しない. センサの評価は磁界をコプレーナ長手方向へ, ヘルムホルツコイルで 0-10 Oe の範囲でゆっくり変化させ, ネットワークアナライザ (R3767CG) の透過法測定によりキャリアの位相変化を S_{21} から求めた. 周波数範囲は 0.3 MHz-4 GHz とし, バンド幅は 1 kHz, 平均化回数は 16 回とした.

計測結果 Fig. 2 に Fig. 1 のボンディング実装後のセンサについて, CoNbZr 薄膜の膜厚とキャリアの外部磁界に対する位相変化の傾き (感度) の関係を示す. センサ素子はそれぞれの膜厚で約 10 個試作した. キャリアのゲインは -40 dB 以上の範囲とした. 位相変化感度は CoNbZr 膜厚が 1 μm のときに最も高かった. これは磁化が面内磁化回転を得られやすいことを反映していると考えられる. ウェハプローブを用いて測定したボンディング前の同センサにも同様の傾向が見られた. これはフリップチップボンディングによりインピーダンス整合がおおむね維持されるため高感度な周波数帯等の変化が小さかったためと考えられる. ボンディング後の最高感度は 295.8 deg/Oe で, キャリア周波数は 1670 MHz, 外部磁界は 4.5 Oe となった. 次に, 高速 AD コンバータ (FPGA 搭載, NI 5734) を用いてデータを高速で処理し, センサに微弱磁界が加えられたときのキャリアの振幅変化を測定した. Fig. 3 にセンサへ 20 Hz, 2.7×10^{-9} T の微弱磁界を与えた時のセンサ出力のスペクトルを示す. ノイズレベ

ルは 20 Hz 付近でおおよそ $100 \text{ pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ 程度となった.

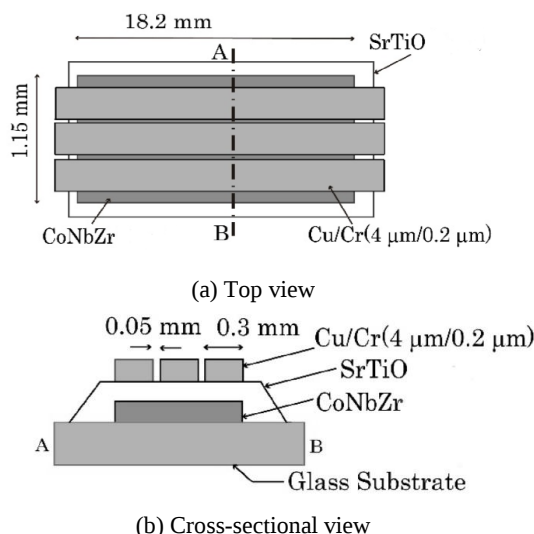


Fig. 1 Structure of the thin film sensor.

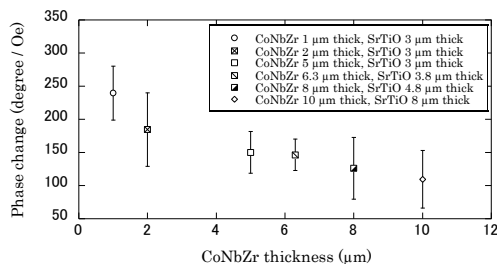


Fig. 2 Phase change as a function of thickness of CoNbZr film.

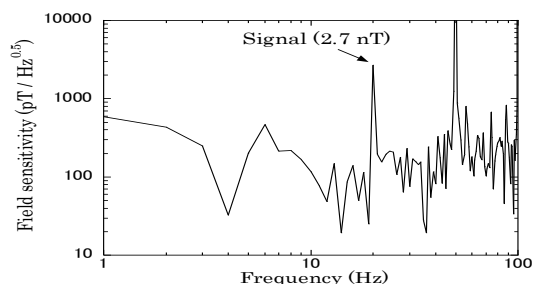


Fig. 3 Signal and noise of sensor when a small AC field (2.7 nT and 20 Hz) was applied.

参考文献 1) H. Uetake, S. Yabukami et al. *J. Magn. Soc. Jpn*, 38 (3-1), pp. 83-86 (2014)