逆磁歪効果型薄膜歪センサの振動センサへの応用

久保 結人，荒井 薫，枦 修一郎，石山 和志
（東北大学 電気通信研究所）

Application of strain sensor using inverse-magnetostriction effect to vibration sensor

Y. Kubo, K. Arai, S. Hashi, K. Ishiyama
(RIEC, Tohoku Univ.)

はじめに

近年、老朽化が進行した建造物の数は増加しており、建造物の損傷や崩落の危険性が高まっている．しかし，その点検方法は目視やハンマー等による打音点検など人の手による検査が中心となっている[1]．本研究では、現在広く行われている人の手による打音検査に代わる，橋梁等の微小振動を検出できる超高感度振動センサの開発を目標としている．

これまで，磁歪膜と導体層の積層構造からなる逆磁歪効果を利用した歪センサの検討を行ってきた[2]．このセンサは，センサ素子への歪印加時の磁化変化に伴う透磁率変化を，高周波通電時の素子のインピーダンス変化として検出するものであった．今回，その歪センサの振動センサへの応用を目指し，歪印加時の透磁率変化に伴う高周波電流通電時の素子の位相変化に着目し，その位相変化を電圧変化として検出できる回路を作成した．さらに，Fig. 2 のように，歪センサを片もち梁構造とし，外部振動に伴い片もち梁が振動する構造とした．これにより，外部振動による片もち梁の振動で，素子に歪が印加され，透磁率変化に伴う位相変化を電圧として検出できるような振動検出システムを構成した．本報告では，その振動検出の特性について報告する．

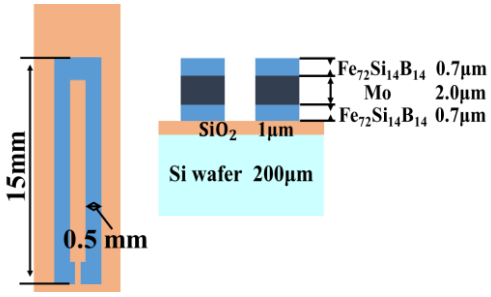

Fig. 1　Schematic diagram of the sensor element.

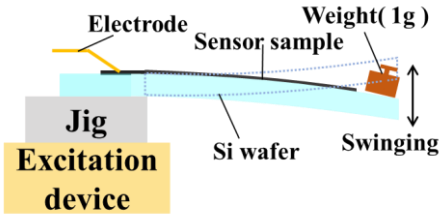

Fig. 2　Experimental setup of vibration detection.

実験方法

素子の作製には RF スパッタ，リフトオフ法を用いた．Fig. 1 に示すように，非磁性金属層の Mo 膜を磁性層の $Fe_{72}S_{i14}B_{14}$ 膜で挟み込んだ積層構造にした．また，Mo，$Fe_{72}S_{i14}B_{14}$ ともに同一の 1 ターンミアンダ形状に成膜した．Si ウェハの厚みは 200μm，Mo の膜厚は 2.0μm，$Fe_{72}Si_{14}B_{14}$ の膜厚は 0.7μm とした．成膜後に 360℃，240kA/m の回転磁場中のみで熱処理を行い，積層膜への残留応力を利用して磁性膜長手方向に異方性を誘導した．

Fig. 2 に振動検出実験の模式図を示す．素子の電極側をジグ上に固定し，片もち梁状にして，加振器によりジグを加速度 2.5m/s^2，5.0m/s^2 の正弦波で振動させた．Si ウェハ先端には，機械的共振周波数を下げるために 1g の錘を固定した．また，素子へのキャリア通電電流の周波数は 150MHz とし，位相検出回路を用いて振動を検出した．

実験結果

加振時の検出電圧の周波数特性を Fig. 3 に示す．加振周波数を 20Hz～200Hz まで変化させ，位相検出電圧は peak to peak 電圧とした．加振周波数 150Hz で検出電圧が最大になり，加振加速度 5.0m/s^2 において，0.3V の検出電圧を得た．この点は片もち梁の機械的共振点と考えられる．今回の実験で，片もち梁型の歪センサが振動センサへ応用可能であることが明らかとなった．今後，さらなる振動検出感度の向上のため，片もち梁構造やセンサ素子構造を検討する．

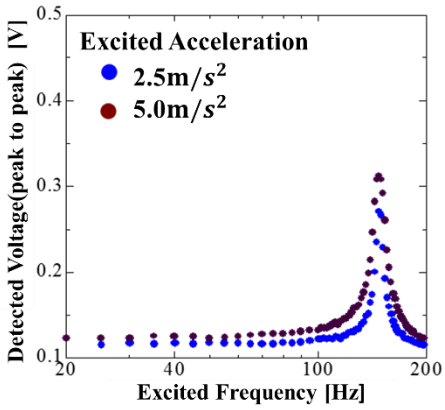

Fig. 3　Frequency characteristic of detected voltage in excitation.

謝辞

本研究の一部は，国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）の「先端計測分析技術機器開発プログラム」による支援によって行われた．

参考文献

[1] 国土交通省：「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」(2014).
[2] Y. Suwa, et al., IEEE Trans. Magn. 46, 666 (2010).