19p-A24-11

# MEMS 技術による小型原子磁力計

# Miniature Atomic Magnetometer using Micro Electro-Mechanical System

岩手大工，○ 成田 匡伸，大坊 真洋
Iwate Univ., ○Masanobu Narita, Masahiro Daibo
E-mail: daibo@iwate-u.ac.jp

## 1　序論

微少磁場計測技術は、医療分野、環境計測分野、非接触計測分野などの幅広い分野で応用される。原子磁力計は超伝導のような極低温が必要ないため、装置の小型化、低コスト化が可能である。原子磁力計は、セルと呼ばれるアルカリ金属蒸気が封入された容器を用いて磁場の検出を行う。今回、このセルを MEMS（Micro Electro-Mechanical System）技術を利用して作成し、小型の原子磁力計を実現したので報告する。

## 2　MEMS 技術によるセル製作工程

キャビティを形成するために、シリコン基板に RIE（Reactive Ion Etching: 反応性イオンエッチング）を用いて、貫通する穴あけ加工を行った。縦 10 × 横 10 × 厚さ 1 mm のシリコン基板に直径 5.2 mm の穴を開けた。キャビティの体積は $2.1\times10^{-8}$ $m^3$ である。次に、このシリコンのキャビティをパイレックスガラスにより上下に挟んで封止する。封止方法には AB (Anodic Bonding: 陽極接合) を使用した。

まず、親水性の基板洗浄後、片面のガラス基板とシリコン基板を大気中で AB した。次に、アジ化カリウム（$KN_3$）を大気中でキャビティに移送し、その後、$1\times10^{-6}$ Torr まで真空引きした。最後に、チャンバー内に窒素を 200 Torr 導入し、基板温度 300 ℃で AB した。

金属カリウムは反応性も蒸気圧も高いので、AB が困難であったが、アジ化カリウムを用いることにより、大気中での取り扱いが可能となり、AB も可能になった [1]。アジ化カリウムは、紫外線によりカリウムと窒素に分解可能であるが、紫外線はガラスをほとんど透過しないため封止後の分解が困難であった。そこで、フェムト秒レーザーをアジ化カリウムに照射してカリウムに還元した。

## 3　アジ化カリウムセル評価

Fig.1 は、フェムト秒レーザーで分解後のセルの光透過特性である。130 ℃に加熱時の透過率を常温時で補正している。カリウムの吸収波長である 770.1 nm 付近で吸収率のピークが現れていることから、アジ化カリウムが分解され、カリウムが生成されていることが確認できる。

Fig.2 の実験装置により測定した磁気応答スペクトルを Fig.3(a) に示す。波長 770.117 nm、パワー 12.65 mW の楕円偏光のレーザーを入射し、周波数 2.99 kHz、信号強度 1 $nT_{rms}$ の磁場を z 軸（レーザーと直交方向）に印加した場合の応答である。Fig.3(b) は、磁気信号が無い場合のノイズレベルである。x 軸、y 軸の磁気応答も測定した結果、それぞれの S/N 比が 0 dB となる限界感度は x 軸 49 pT、y 軸 36 pT、z 軸 42 pT であった。

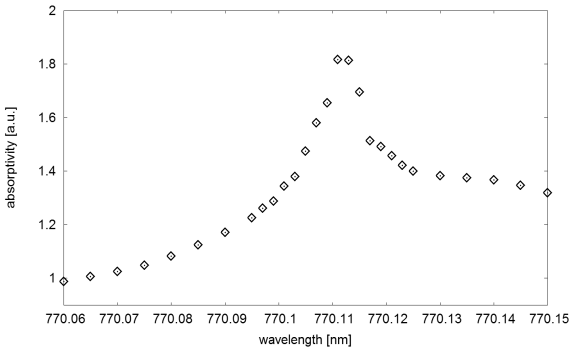



Fig. 1 Absorption supectrum.

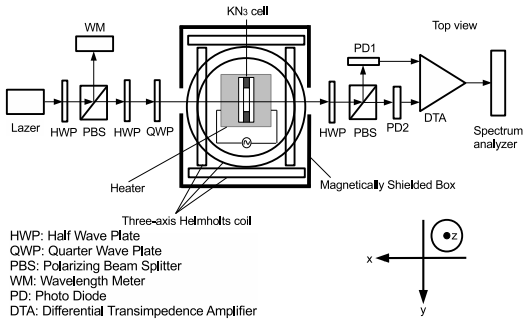



Fig. 2 Set up of atomic magnetometer.

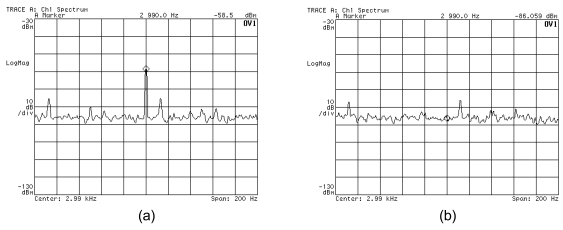



Fig. 3 Signal response for magnetic field in z direction. (a) signal, (b) noise.

## 4　結論

アノーディックボンディングにより、アジ化カリウムを MEMS セルに封入し、さらにフェムト秒レーザーを用いて、カリウムに分解することによって、小型の原子磁力計セルを作成した。3 軸共に 50 pT 程度の感度が得られた。反応性が高く扱い難い金属カリウムを扱う必要がなく、アノーディックボンディングとも整合性の高い方法を開発した。

## 参考文献

[1] L. Liew, J. Moreland and V. Gerginov: Wafer-level filling of microfabricated atomic vapor cells based on thin-film deposition and photolysis of cesium azide, Applied Physics Letters 90, 114106(2007)

© 2014 年　応用物理学会