アルカリ金属生成用三次元構造を一括形成した MEMS ガスセルの開発

MEMS vapor cells with monolithically integrated alkali metal dispensing component

京大工¹, 京先端大工² [○](M2)清瀬 俊¹, 平井 義和¹, 田畑 修², 土屋 智由¹

Kyoto Univ.¹, Kyoto Univ. of Adv. Sci.²

^oShun Kiyose¹, Yoshikazu Hirai¹, Osamu Tabata², Toshiyuki Tsuchiya¹

E-mail: s_kiyose@nms.me.kyoto-u.ac.jp

アルカリ金属と不活性ガスをシリコンとガラスの容器に封入した小型アルカリ金属ガスセル (MEMS ガスセル)は、原子時計、磁気センサ、慣性センサの重要な構成要素であるため、微細 加工技術を駆使した様々な作製方法が報告されている[1].特に、レーザー局所加熱とセシウム(Cs) ディスペンサを用いた作製法は、Cs の生成工程を簡略化できるため、広く採用されている[2]. しかし、当該手法はウェハレベルでのCs生成が難しく、さらにセル内に残存するディスペンサが 小型・高性能なガスセル開発の障壁となることが問題であった.一方、アジ化セシウム(CsN₃)の 分解を用いたCs生成法は、解決策となり得るが、十分量のCs生成に数時間以上のUV照射もし くは550℃以上の高温加熱が必要であった.そこで我々はCsN₃の加熱分解による MEMS ガスセ ルの作製プロセスの効率化のために、ガスセル構造材料であるシリコンの三次元微細構造(Fig. 1(a))を使ったCs生成法を考案した[3].本発表では、この三次元微細構造を他のガスセル構造と同 ーシリコンウェハ上に一括形成した新しい MEMS ガスセル構造とその作製プロセスを報告する.

本研究の MEMS ガスセル構造は、中央に光学計測用レーザーの光路用チャンバ、その周辺に CsN₃水溶液の滴下口と Cs 生成用の三次元微細構造、生成した Cs と窒素を光路用チャンバに送る ための微細流路で構成される. このガスセル構造を一括形成するために、ガスセルのシリコン構 造を作製する DRIE プロセスにおけるガス流量と時間,加えて各構造のマスク開口幅の最適化を 行い、Fig. 2 の作製プロセスを開発した.本プロセスでは、Si 加工面/ガラス陽極接合の後に、滴 下口から CsN₃水溶液の滴下と乾燥を行うので、CsN₃によるウェハ接合面の汚染防止が可能とな り、ガスセル作製の歩留まり向上が達成できる. さらに酸素と窒素プラズマによるウェハ表面活 性化と陽極接合を組み合わせることで、CsN₃分解温度(310°C)以下の 230°Cでガスセルの真空封止 が可能となる. 作製した MEMS ガスセル構造を 330°C・10 分間加熱して CsN₃を分解すると、光 路用チャンバのガラス窓上に Cs 生成を確認した(Fig. 1(b)).以上より、Cs 生成用三次元構造を一括形成したガスセル構造を汎用的な微細加工装置を使って作製し、ウェハレベルで Cs 生成を簡便 に行うことを実証した.

[1] P. Knapkiewicz, Micromachines 10, 25 (2018).

[2] R. Vicarini et al., Sensors and Actuators A 280, 99-106 (2018).

[3] K. Nakamura et al., in Proc. of IEEE MEMS, January 27-31, 350-353 (2019).



Fig. 1 (a) The cross-section view of the 3-D Si microstructure with uniform micro-size scallop. (b) Photograph of a single Cs-filled vapor cell.



Fig. 2 Fabrication of the Cs-filled vapor cells at the wafer-level.