

# テーパエッジを有するコンタクトホール 2層リフトオフ法による作製と評価

## Contact holes with taper edges made by double-layer lift-off method: fabrication and evaluation

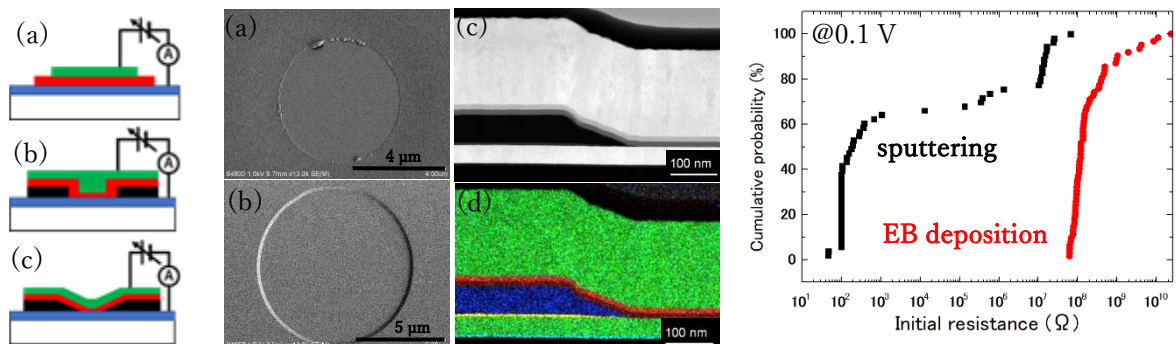
北大院情報 久保 玲央, 福地 厚, 有田 正志

Reo Kubo, Atsushi Tsurumaki-Fukuchi, Masashi Arita (IST, Hokkaido Univ.)

はじめに： 情報処理の高度化に伴い、AI ハードウェアの研究が益々盛んになってきている。抵抗変化メモリ (ReRAM) は候補デバイスの一つであり、基礎研究だけでなく集積化・AI 処理などの応用開発も進んでいる。しかし特性バラツキなど、今後更なる調査が必要である。基礎研究においてはメタルマスクを用いた簡便なデバイス形成 (Fig. 1(a)) が広く用いられているが、上部電極のエッジが大気に晒されており、雰囲気の影響を受けやすい。そのため、ドライエッチングを利用したコンタクトホール型デバイス (Fig. 1(b)) を用いることも多いが、再現性の良いデバイス作製にはテーパエッジを有するコンタクトホール (Fig. 1(c)) が有用であると思われる。これを念頭に置き、本研究においては2層レジストを用いたリフトオフ法に注目し、この手法を用いた絶縁体コンタクトホール形成の可能性を評価した。

試料作製：  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  基板上に Pt/TiN 下部電極を形成した後、コンタクトホール ( $\phi 10 \mu\text{m}$ ) を有する  $\text{SiO}_2$  または  $\text{Al}_2\text{O}_3$  絶縁層 (100 nm) を製膜した (密着層：Cr または TiN, 5 nm)。コンタクトホール作製にはテーパエッジ形成のために、2層レジスト (OFPR800/PMGI) を用いてフォトリソグラフィを行い、製膜中は基板を回転している。密着層による電気リークを防ぐために  $\text{SiO}_2$  (100 nm) を製膜した後、Pt/Ta/ $\text{Ta}_2\text{O}_5$  の ReRAM パターンを作製し供試材とした ( $\text{Ta}_2\text{O}_5$  膜厚：10 nm)。コンタクトホール層の形成にはスパッタ法または電子ビーム (EB) 蒸着法を用い、デバイスの初期抵抗値を比較・評価した。

実験結果： 得られたコンタクトホールの SEM 平面写真を Fig. 2(a), (b) に示す。スパッタ法では2層レジストの底構造の奥深くまで製膜され、非常になだらかなエッジを有する小さいホールになる反面、底奥深くのレジスト内壁に付着した絶縁層がバリとなって残存する (Fig. 2(a))。一方 EB 法では概ね設計通りのホールサイズが得られる (Fig. 2(b))。EB 法によるホール断面の STEM 観察結果を Fig. 2(c), (d) に示す。なだらかな斜面を有するホールエッジと nm スケールでの明瞭な ReRAM 膜の積層を確認できる。以上2種類の方法で作製したデバイスの電気特性 (初期抵抗値) を Fig. 3 の累積度数分布グラフに示す。なだらかでバリのないコンタクトホールの形成により安定した特性が得られることがわかる。今回の提案手法ではホールの微細化に限界があり実用向きではないが、テーパエッジを有するコンタクトホールを簡便に得られるため、ReRAM 研究のみならず、デバイス特性を評価する上で有用な手法であると言えるだろう。



- (left) **Fig.1** Schematics of ReRAM devices by using (a) metal masks, (b) dry etching and (c) double layer lift-off. green: top electrode, red: ReRAM switching layer, blue: bottom electrode, black: insulating layer to fabricate the contact hole, and white: substrate.
- (center) **Fig.2** (a)-(b): SEM photographs of ReRAM devices by (a) sputtering and (b) EB deposition. There are burrs at the edge of contact holes in (a). (c)-(d): Cross-sectional (c) HAADF and (d) X-ray images of a contact hole having a taper edge. green: Pt, red: Ta, blue: Al and yellow: Cr.
- (right) **Fig.3** Cumulative frequency graphs of the initial resistance of the devices with or without burr.