

100 nm 以下 二端子メモリ評価用素子の作製

Fabrication of 2-Terminal Memory Test Element with 100 nm Diameter or Smaller

東芝メモリ株式会社 メモリ技術研究所 デバイス技術研究開発センター

○福岡 諒, 徳平 弘毅, 小松 克伊, 松尾 浩司, 田中 秀, 須藤 岳, 大内 和也

Device Technology R&D Center, Institute of Memory Technology R&D, Toshiba Memory Corporation

E-mail: ryo1.fukuoka@toshiba.co.jp

【はじめに】

二端子抵抗型メモリの更なる大容量化を短期間に実現するため、様々な新規メモリ材料における 10 nm スケールまでの開発を、短い工期で試作可能な TEG (Test Element Group)を用意して行う必要がある。微細な電極を有する TEG としては、mushroom 型や μ -trench 型などの構造が報告されているが[1]、様々な電極材料依存性を調べるためには電極を容易に変更可能な加工プロセスで構築する必要がある。そこで、材料に依存したエッチングガスを必要としない IBE (Ion Beam Etching)を用いて微細下部電極加工を行い、10 nm オーダーの評価が可能な mushroom-TEG を作製した。これにより、11 nm Φ までの範囲におけるオフ電流の下部電極サイズ依存性取得に成功した。また、スイッチング電圧にばらつきを生じさせる要因として、下部電極と層間膜の境界の段差箇所における電界集中の影響があることを断面 TEM 像およびシミュレーションにより明らかにした。

【実験】

微細な下部電極を形成するために、IBE のビーム入射角（基板法線方向を 0° と定義）を $50\sim 65^\circ$ まで 5° Step で変化させ、ピラー状下部電極の Top-View 寸法とパターン消失率および断面形状を SEM で評価した。下部電極上に評価膜および上部電極を形成し、上下電極間に直流電圧 0.5 V を印加して評価膜のオフ電流値を測定した。さらに、上下電極間に電圧 0~5.0 V を印加して評価膜の I-V 特性を取得した。

【結果および考察】

IBE 加工後の断面 SEM 観察により低角側でのマスク側壁への再付着および高角側でのパターン消失が確認された (Fig. 1)。ビーム入射角が 55° 以下の場合、マスクと下部電極の側面にエッチング材料が再付着するため加工後寸法が太くなる。一方で、 60° 以上の領域では、再付着レートより側面のエッチングレートが大きくなった結果、パターン消失率が上昇していると考えられる。ビーム入射角 55° で下部電極を加工した TEG の断面観察により、微細な下部電極形成を確認した (Fig. 2)。オフ電流の下部電極面積依存性を取得したところ、下部電極面積に対し電流値が 11 nm Φ まで比例しており、11 nm Φ までの微細電極 TEG を実現出来ていると考えられる (Fig. 3)。下部電極サイズ ~ 100 nm Φ で上下電極間に電圧 0~5.0 V を印加した場合における評価膜の電気特性を Fig. 4 に示す。この膜のスイッチング電圧には 3.4~4.0 V の範囲でばらつきがある。これらのうち、スイッチング電圧 ~ 3.4 Vを示した TEG について断面 TEM 観察したところ、下部電極と層間膜の境界部において評価膜に段差が生じていることが分かった。シミュレーションにより、評価膜の段差箇所にて電界集中することで段差高さに応じたスイッチング電圧低下が生じる計算結果が得られた。TEG 作製において下層の平坦性制御が重要なポイントであると考えられる。

[1] H.-S. P. Wong, et al.: Proc. Inst. Electr. Eng. **98** (2010) 2201.

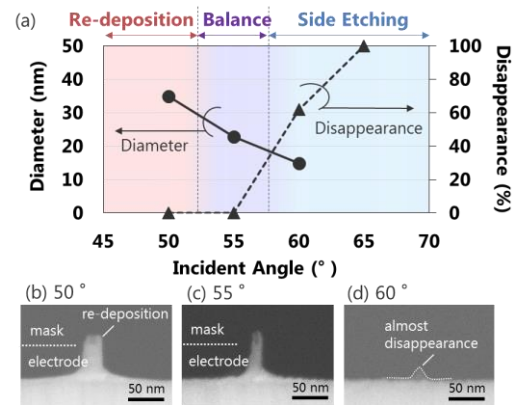


Fig. 1. (a) Incident angle of ion beam dependence of top-view pillar diameter and the rate of pattern disappearance after ion beam etching. (b, c, d) Cross sectional SEM images after ion beam etching in the case of 50, 55, 60° incident angle respectively.

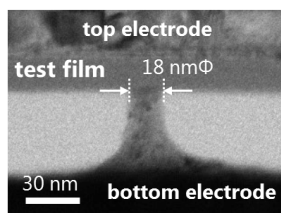


Fig. 2. A cross sectional TEM image of the TEG with 18 nm ϕ bottom electrode.

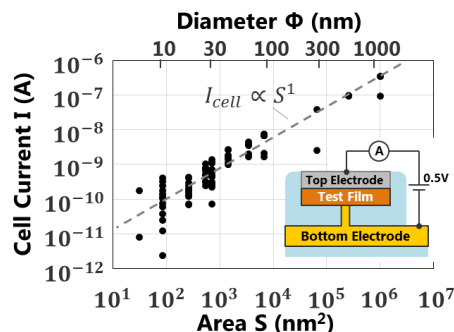


Fig. 3. Pillar electrode size dependence of cell current. The inset shows the setup of current measurement.

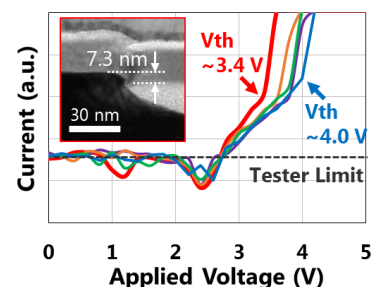


Fig. 4. I-V characteristics of the test material with bottom electrode in ~ 100 nm diameter. The inset shows the difference of the height between the top of electrode and the bottom layer.