

## 半導体プロセスを用いたナノギャップ電極の作製及びその電気特性

Fabrication and Electrical Properties of Nanogap Electrodes  
Using Semiconductor Process(株)東芝 S&S 社半導体研究開発センター<sup>1)</sup> (株)東芝研究開発センター<sup>2)</sup> 吉水康人<sup>1)</sup>、田中裕介<sup>2)</sup>、富田 寛<sup>1)</sup>

Y. Yoshimizu, Y. Tanaka, H. Tomita

Center for Semiconductor Research & Development, Semiconductor & Storage Products Company TOSHIBA Corporation  
Research and Development Center, TOSHIBA Corp.

E-mail: yasuhito.yoshimizu@toshiba.co.jp

## 【はじめに】

ナノカーボン、ナノ粒子、分子などのナノ材料の電気的物性を明らかにするためのツールとして二端子の金属ナノギャップの研究が盛んである。金属ナノギャップは、ブレークジャンクション、シャドーマスク法など様々な方法による作製が報告されている<sup>1)</sup>。しかし、いずれの方法においてもギャップ幅をナノオーダーで制御することが重要な課題である。そこで、我々は半導体微細加工プロセスを応用し、異種電極間に ALD 法により成膜されたシリコン酸化膜をナノギャップ犠牲膜として用い、希釈フッ酸でサイドエッチングする方法で、ナノ空間の距離制御性に優れた金属ナノギャップを作製した。本講演では、その作製方法及びその電気特性について報告する。

## 【結果及び考察】

ダマシンプロセスにより形成されたタングステンビアの表面を下部電極とした。タングステンビア表面に ALD 法により 5 nm のシリコン酸化膜を形成した後、ビア表面に境界を合せてフォトレジストを形成した。フォトレジストパターン上にスパッタリング法により金属膜電極を成膜した後、フォトレジストを剥離することにより余剰な金属膜をリフトオフした。下部・上部電極間の SiO<sub>2</sub> を 0.5%HF 溶液で 3 分間エッチングすることにより、Fig.1 のようにエアギャップを作製した。

HF によるエッチング時間を 0, 5, 7, 15 分とした試料の I-V 特性を図 2 に示す。黒線(0 分)は電極間に SiO<sub>2</sub> が残留した状態を示し、約 4V より絶縁破壊が発生している。赤線(5 分)は電極間が比誘電率 1 の空隙になっているにもかかわらず 3V で破壊され、その後、黄線(7 分)、青線(15 分)とエッチング時間の増加に伴い耐圧が向上した。エッチング時間の増加に伴い、図 1 に示す下部電極周辺の SiO<sub>2</sub> 膜表面が図中の左下方向へと移動することから、絶縁破壊箇所は SiO<sub>2</sub> 表面と推定される。大気中の SiO<sub>2</sub> 表面には 2~3 分子層の水が吸着しているという報告があることから<sup>2)</sup>、我々は表面吸着水に着目した。図 3 に同一形状の試料を大気中と真空中で I-V 測定した結果を示す。大気中の破壊電圧 4V に対し、真空中では約 7V に向上した。絶縁破壊した試料を物理解析したところ、上部電極材料が下部電極上に移動するイオンマイグレーションが発生していた<sup>3)</sup>。以上の結果からナノギャップ中のリーク源は SiO<sub>2</sub> 膜表面の吸着水であり、SiO<sub>2</sub> 膜表面を電極間から遠ざけることにより 5nm と狭い大気空間でも 10V 以上の電圧に耐えるナノギャップを作製できることを見出した。

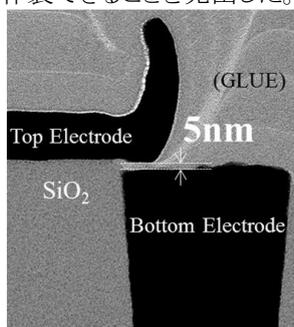


Fig.1 Cross-sectional TEM image of nanogap electrodes. This was fabricated by using semiconductor process.

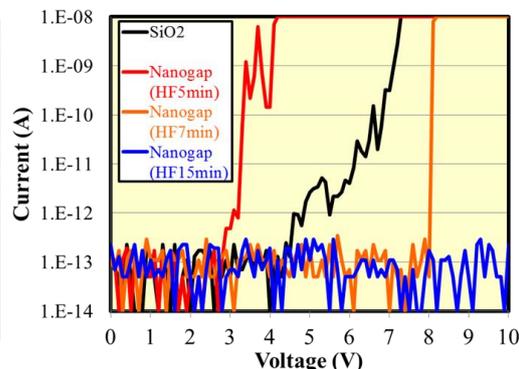


Fig.2 Current-voltage characteristics of SiO<sub>2</sub> capacitor (not etch, black) and nanogaps where interfacial SiO<sub>2</sub> etched by 0.5%HF for 5 (red), 7 (yellow) and 15min (blue).

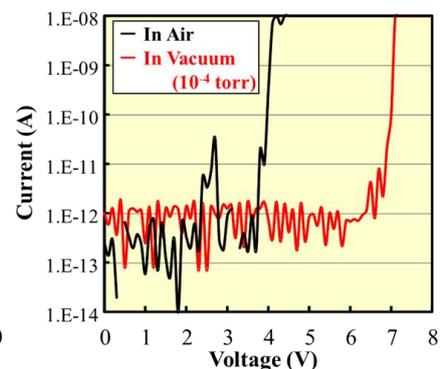


Fig.3 Current-voltage characteristics of nanogap in air (black) and in vacuum (red).

参考文献 1) S. Kayashima et al. J. J. Appl. Phys. Vol.46, No.37 (2007),

2) T. Takahagi et al. Jpn. J. Appl. Phys. 40(2001) 6198.

3) 昨春秋報告 17p-A14-8(吉水康人)