

高誘電率材料を用いた Si ナノワイヤ MOS キャパシタの特性評価

Evaluation of Si Nanowire MOS Capacitor Using High-*k* Materials

○根笹 良太¹、黒川 康良¹、宇佐美 徳隆¹ (1.名大院工)

○Ryota Nezasa¹, Yasuyoshi Kurokawa¹, Noritaka Usami¹, (1.Nagoya Univ.)

E-mail: nezasa.ryouta@d.mbox.nagoya-u.ac.jp

【緒言】Si ナノワイヤ(SiNW) MOS キャパシタは、3次元ナノ構造の非常に大きな表面積を利用することにより、平板の MOS キャパシタと比べて大きな静電容量を得ることができる。しかし、作製方法の問題から最大で $18 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ [1]の静電容量に留まっている。我々は、Metal assisted chemical etching (MACE) 法 [2]による SiNW と Atomic layer deposition (ALD) 法による誘電膜を組み合わせることで、SiNW の長さ・直径、さらに誘電膜を制御して、さらなる大容量化を目指している。現状で SiNW MOS キャパシタの誘電膜には低誘電率材料である SiO_2 と Al_2O_3 が用いられているが、より大きな誘電率を持つ誘電膜を SiNW MOS キャパシタに適用した研究報告はまだ無い。そこで、本実験では ALD での製膜が容易で比較的大きな誘電率を持つ TiO_2 を SiNW MOS キャパシタの誘電膜として利用し、その知見を得ることを試みた。 Al_2O_3 (20 nm)、 TiO_2 (20 nm)、 Al_2O_3 (5 nm)/ TiO_2 (10 nm)/ Al_2O_3 (5 nm) (ATA)を誘電膜として用い、それぞれの電気的特性を評価した。

【実験方法】MACE 法を用いて、 $\rho = 2 \sim 5 \Omega \cdot \text{cm}$ の p 型 Si 基板上に長さ $1.0 \mu\text{m}$ の SiNW を作製した。その後、SiNW を作製した Si 基板とフラット Si 基板に ALD 法で Al_2O_3 、 TiO_2 、ATA の 3 種類の誘電膜を膜厚が 20 nm となるように製膜した。Figure 1 は TiO_2 製膜後の SiNW の断面 SEM 像である。長さ $1.0 \mu\text{m}$ の SiNW が確認できる。ナノワイヤ面の電極として真空蒸着法で Al を蒸着し、裏面電極として InGa を塗布した。電気的特性の評価として、高抵抗エレクトロメータを用い、リーク電流を評価した。また、LCR メータを用い、C-V 特性を評価した。

【結果と考察】Figure 2 に各 MOS キャパシタの $f = 1 \text{ MHz}$ における C-V 特性を示す。ATA を用いた SiNW MOS キャパシタの静電容量は $V = -3 \text{ V}$ にて $1.0 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ となった。これは本実験で測定を行った MOS キャパシタの中で最大の値である。一方で誘電率が最も高いと思われた TiO_2 単膜を用いた MOS キャパシタは他の酸化膜を用いた MOS キャパシタに比べて小さな蓄積領域側の静電容量値をとった。この結果は TiO_2 のリーク電流が非常に大きいことが原因と思われ、ATA が SiNW MOS キャパシタの高誘電率誘電膜として有用であることが示唆される。

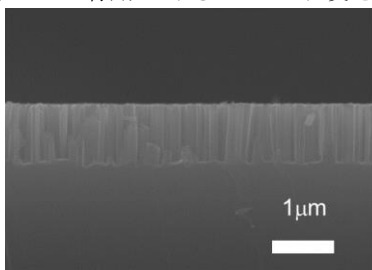


Fig. 1 Cross-sectional SEM image of a SiNW array covered with TiO_2 . The length of SiNWs is $1.0 \mu\text{m}$.

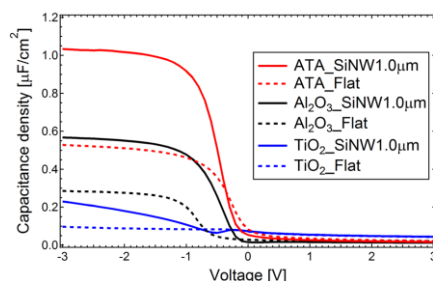


Fig. 2 Capacitance density - Voltage characteristics of (Solid line) flat MOS capacitors and (Broken line) SiNW MOS capacitors. The length of SiNWs is $1.0 \mu\text{m}$.

【参考文献】 [1] P. H. Morel, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **101** (2012) 083110.

[2] M. L. Zhang, *et al.*, J. Phys. Chem. C, **112** (2008) 4444.

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 16K14546 の助成を受けたものである。