

利用課題番号 : F-13-NM-0082
利用形態 : 技術補助
利用課題名 (日本語) : ALD 装置を利用した HfO₂ 薄膜の作成
Program Title (English) : Deposition of HfO₂ thin films by ALD system
利用者名 (日本語) : 浅沼 周太郎
Username (English) : Shutaro Asanuma
所属名 (日本語) : 産業技術総合研究所
Affiliation (English) : National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. 概要 (Summary) :

近年、強相関酸化物の金属 - 絶縁体(MI)転移を電界により制御する電界効果トランジスタ(FET)の研究が進んでいる。このような電子相転移(モット転移)を利用する FET はモットトランジスタと呼ばれている。モットトランジスタは、金属に匹敵する大量の電子が関与する電子相転移を利用することから、素子サイズを半導体素子の微細化限界以下に微細化しても動作することが予想されている。初期のモットトランジスタの研究では、おもに高温超伝導(High T_c)銅酸化物や巨大磁気抵抗(GMR)マンガン酸化物などがチャンネルに用いられていたが、これらの酸化物で MI 転移を起こすためには面電荷密度にして $10^{14} \sim 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ のキャリアドーピングが必要である。この値は SiO₂ などの通常の固体ゲート絶縁膜で誘起できるキャリア量の 10 倍以上であり実現に多くの困難を伴うことから、モットトランジスタの開発には、より少ないキャリアドーピングで電子相が変化する材料の開拓が必要であった。

我々はこれまでに、(Nd, Sm)NiO₃ (NSNO)をチャンネルとし、ゲル状の電解質やイオン液体をゲートに利用した電気二重層トランジスタ(EDLT)素子を作製し、 $1.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 程度の電荷ドーピングを行うことにより、NSNO の MI 転移温度 T_M を 20 ~ 40 K 低下させることに成功している。EDLT 法は容易にチャンネルに高密度の電荷を誘起することが出来る方法であるが、イオン液体とチャンネルとの化学反応の影響などが指摘されており、純粋な電荷蓄積による電子相転移であると結論付けるには固体ゲートを用いた電子相制御の研究が必要である。NSNO の MI 転移温度制御に必要な面電荷密度は High T_c 銅酸化物や GMR マンガン酸化物の電子相制御に必要な面電荷密度と比較して 1/10 程度であり、high- k 材料を用いた固体ゲートによって誘起可能な値である。そこで、本研究では固体ゲートを用いた純粋な電荷蓄積による強相関酸化物の電子相制御を目指し、high- k 材料の HfO₂ をゲート酸化膜に用いて NSNO の電子相制御を試みる実験を行っている。

2. 実験 (Experimental) :

【利用した主な装置】

原子層堆積装置

【実験方法】

当支援課題の目的は原子層堆積装置を用いて NSNO チャンネル上に HfO₂ ゲート絶縁膜を成膜することである。

まず、NdGaO₃ 基板上に成膜した NSNO 薄膜をフォトリソとエッチング装置を用いて FET のチャンネル状に加工した。その上にフォトリソを用いてゲート絶縁膜のパターンを形成し、NIMS 微細加工プラットフォームの原子層堆積装置を用いて膜厚 10 nm と 30 nm の HfO₂ ゲート絶縁膜を成膜した。このとき、試料にフォトリソが塗布されているので、原子層堆積装置の通常の成膜温度より低い 120 °C で成膜を行った。その後、ゲート絶縁膜の上に上部電極をプラチナと金を用いて成膜した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion) :

ソース - ゲート間に電圧を印加し、膜厚 10 nm のゲート絶縁膜の耐電圧を測定したところ、ゲート電圧 $V_G = 5 \text{ V}$ 程度でゲートが絶縁破壊を起こした。これは通常の HfO₂ の耐電圧よりも低い。これは、成膜温度が低く、ゲート絶縁膜の品質がよくなかったためと推測出来る。今後は成膜温度を上げる等の対策を講じ、より高品質な HfO₂ ゲート絶縁膜成膜の実験を行う予定である。

4. その他・特記事項 (Others) :

なし

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

(1) S. Asanuma, H. Shima, H. Yamada, I. H. Inoue, H. Akoh, H. Akinaga, A. Sawa, "Electric-field control of metal-insulator transition in (Nd,Sm)NiO₃ films using high- k gate dielectrics", 2013 JSAP-MRS Joint Symposia, 2013/09/20.

6. 関連特許 (Patent) :

なし