窒化銅薄膜をチャネルに用いたアンバイポーラ型トランジスタの作製

Fabrication of ambipolar transistors using copper nitride thin film channel layers

東工大元素セ [1]，東工大フロ研 [2]　○松崎 功佑 [1]，片瀬 貴義 [2]，細野 秀雄 [1,2]

Tokyo Tech MCES[1], Tokyo Tech MSL[2] ○Kosuke Matsuzaki,[1] Takayoshi Katase[2], and Hideo Hosono[1,2]

E-mail: matsuzaki@mces.titech.ac.jp

【背　景】酸化物に代表されるイオン性半導体は、アモルファスの形態でも高電子移動度を示し、様々なディスプレイの駆動用薄膜トランジスタ(TFT)として実用化されている。しかし、これらの素子は n チャネル TFT で構成され、良好な p チャネル特性を示す TFT がないため、CMOS への応用は進んでいない。そこで我々は、伝導帯・価電子帯ともに分散の大きい窒化銅（Cu_3N）に着目し、NH_3/O_2 ガスを用いた新しい直接窒化法を適用することで、高正孔・電子移動度の Cu_3N 薄膜を実現してきた[1]。本研究では、本合成法により作製した Cu_3N 薄膜をチャネルに用いることで、アンバイポーラ型 TFT と CMOS インバーター動作に成功したので報告する。

【実　験】まず、電気二重層トランジスタ(EDLT)構造を用いて、電界効果による $Cu_3N(100)$エピタキシャル薄膜の両極性キャリア変調を試みた。熱処理（NH_3/O_2, 600℃）した高品質 $Cu_3N(100)$ 薄膜[1]をチャネルとして、DEME-TFSI イオン液体をゲート絶縁体に用いた EDLT 構造を作製した。次に、多結晶チャネル TFT と CMOS インバーターを試作した。Cu_3N 多結晶薄膜チャネルは、RF スパッタ法により Si/SiO_2 基板上に形成し、熱処理（NH_3/O_2, 450°C）することで得られた。TFT 特性と CMOS インバーター特性は真空中で評価した。

【結　果】$Cu_3N(100)$薄膜を用いた EDLT は、伝達特性より典型的なアンバイポーラ特性を示し、p チャネル、n チャネルともに On/Off 比は 10^4~10^5 であった(Fig.1(a))。出力特性の正孔および電子の電界効果移動度は~5 cm^2/Vs と~10 cm^2/Vs と見積もられた。次に、Cu_3N 多結晶チャネル TFT も伝達特性よりアンバイポーラ型動作が確認され、On/Off 比は 10^3~10^4 であり、出力特性の飽和領域より p チャネル、n チャネルの電界効果移動度はそれぞれ~0.10 cm^2/Vs と~0.05 cm^2/Vs であった。これら二つの多結晶チャネル TFT を用いた CMOS インバーターは、100 以上の高いゲインを示すことを明らかにした(Fig.1(b))。

[1] K. Matsuzaki *et al.*, *Adv. Mater.* **30**, 1801968 (2018)

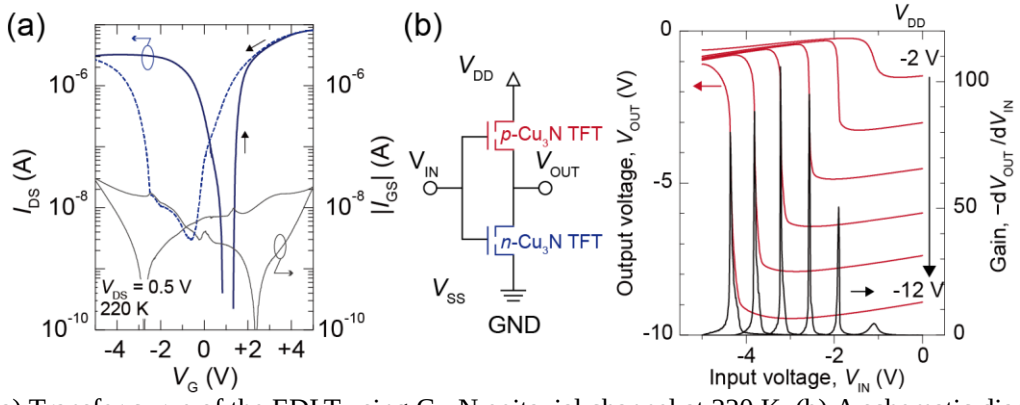


Figure (a) Transfer curve of the EDLT using Cu_3N epitaxial channel at 220 K. (b) A schematic diagram and voltage transfer characteristics of the CMOS-like inverter comprised of two identical TFTs.

© 2019年 応用物理学会