

強磁性ホイスラー合金/ n^+ -GaN ショットキートンネル接合電極を用いた GaN チャネル層中のスピン伝導検出

Spin transport in GaN using ferromagnetic Heusler alloy/ n^+ -GaN Schottky tunnel contacts

阪大基礎工¹, 阪大基礎工 CSRN², 阪大工³, JST さきがけ⁴

○(M1)加藤昌稔¹, 山田晋也^{2,1}, 市川修平³, 小林周平³, 山田道洋^{2,4},
内藤貴大¹, 館林潤³, 藤原康文^{3,2}, 浜屋宏平^{2,1}

GSES, Osaka Univ.¹, CSRN, Osaka Univ.², GSE, Osaka Univ.³, JST-PRESTO⁴,

○Masatoshi Kato¹, Shinya Yamada^{2,1}, Shuhei Ichikawa³, Shuhei Kobayashi³, Michihiro Yamada^{2,4},
Takahiro Naito¹, Jun Tatebayashi³, Yasufumi Fujiwara^{3,2}, Kohei Hamaya^{2,1}

Email: u718417i@ecs.osaka-u.ac.jp

近年、高性能半導体材料である窒化ガリウム(GaN)とスピントロニクス技術の融合を目指した研究が行われているが[1,2], スピン注入電極にMgO(絶縁トンネル障壁)層が用いられてきた。今後、スピンLEDやスピンHEMTなどの開発ではスピン注入電極における寄生抵抗の問題などが懸念される。今回、GaN(0001)上に高性能スピントロニクス材料として知られているCo系ホイスラー合金 $\text{Co}_2\text{FeAl}_{0.5}\text{Si}_{0.5}$ (CFAS)をエピタキシャル成長し、CFAS/ n -GaNショットキートンネル接合電極を用いたGaNチャネル層のスピン伝導検出に成功したので報告する。

有機金属気相成長法[3]を用いて Al_2O_3 (0001)基板上にアンドープGaN層(膜厚: $\sim 1.4 \mu\text{m}$), n -GaN層(膜厚: $\sim 440 \text{ nm}$, ドーパント: Si, キャリア濃度: $\sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$), n^+ -GaN層(膜厚: $\sim 75 \text{ nm}$, ドーパント: Si, キャリア濃度: $> 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)を結晶成長した。次に, Coで表面終端したGaN(0001)上[4]に非化学量論組成MBE蒸着[5]を用いてCFAS薄膜を形成した(成長温度: 300°C)。薄膜成長後のRHEED図形とXRD測定から, GaN上にCFASが(110)面方位にエピタキシャル成長していることが判った。Fig. 1にはCFAS/GaNヘテロ構造のHAADF-STEM像を示す。界面付近には構造緩和層が観測されるが, CFAS薄膜は高性能が期待される規則層を含んでいることが判った。このヘテロ構造を微細加工し, Fig. 2(a)に示すような横型スピンバルブ素子を作製した。Fig. 2(b)には, 50 Kで測定した四端子非局所スピン信号を示す。電極の磁化配置に依存した明瞭なヒステリシス曲線が観測されている。また, 明瞭な非局所Hanle効果曲線を得ることに成功した。これらの結果は, 絶縁トンネル障壁を用いずにGaNチャネル層へのスピン注入・伝導・検出に成功したことを示す結果である。

本研究の一部は, JSPS科研費(No. 18H05212, 19H05616), スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク拠点の支援を受けて行われた。

References

- [1] A. Bhattacharya *et al.*, Appl. Phys. Lett. **108**, 042406 (2016).
- [2] X. Zhang *et al.*, Adv. Funct. Mater **31**, 2009771 (2021).
- [3] S. Ichikawa *et al.*, Appl. Phys. Express **14**, 031008 (2021).
- [4] S. Yamada *et al.*, CSW 2019, TuP-A-5, (2019).
- [5] S. Yamada *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 071601 (2014).

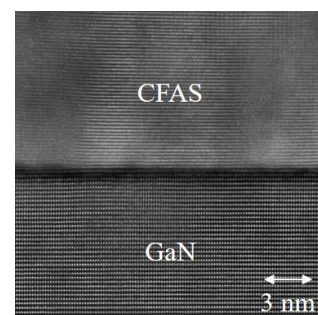


Fig. 1: HAADF-STEM image of an epitaxial CFAS/GaN heterointerface.

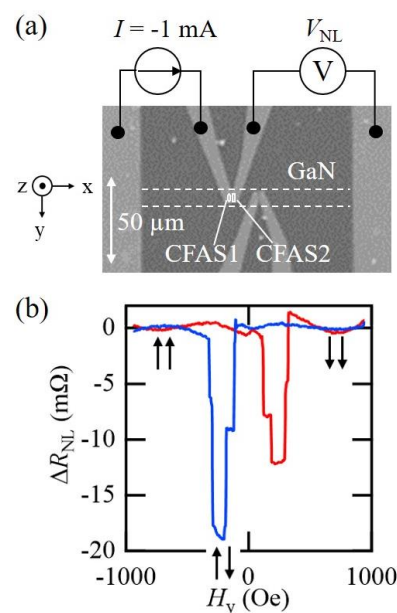


Fig. 2: (a) SEM image (top view) of a fabricated CFAS/GaN lateral spin-valve device. (b) Four-terminal nonlocal magnetoresistance curve at 50 K.