

角度分解光電子分光を用いたサブバンド測定によるイオン打ち込み Si(001) の反転層ポテンシャル勾配及び活性ドーパント濃度の評価

奈良先端科学技術大学院大学^A, 東京工業大学^B,
比嘉友大^A, 武田さくら^A, 江波戸達哉^A, 米田允俊^A, 藤中秋穂^A, 森田一帆^A,
森本夏輝^A, A. K. R. Ang^A, 大門寛^A, 筒井一生^B

Evaluation of potential gradient and active dopant concentration in inversion layer
formed in As implanted Si(001) by subband measurement using ARPES

^A Nara Institute of Science and Technology, ^B Tokyo Institute of Technology

Y. Higa^A, S. N. Takeda^A, T. Ebato^A, M. Yoneda^A, A. Fujinaka^A, K. Morita^A,
N. Morimoto^A, A. K. R. Ang^A, H. Daimon^A, K. Tsutsui^B

微細 FET の開発において反転層形状の情報は極めて重要である。反転層形状は表面から数 nm 程度極浅領域の活性ドーパント濃度の空間分布と密接に関係する。FET の p チャネル領域ではドーパントはイオン打ち込みによって注入される。この際イオンは、半導体原子の結晶配列を破壊してしまい、その多くが電気的に不活性なイオンとして分布している。これを活性化させるためには、加熱処理を行い、半導体の結晶格子にドーパントを正しく組み込む必要がある。しかし、このとき加えられた熱により、半導体の内部へドーパントが拡散し、表面近傍でのドーパント濃度が減少するというトレードオフな問題を抱えている。筒井らはイオン打ち込みされた Si に新たに開発したオゾン酸化エッチング法及びホール効果測定を適用することで、Si 内ドーパントの活性/不活性プロファイルの作成に取り組んでいるが[1]、空間分解能に限界がある。

我々は、反転層内に形成される量子化準位を角度分解光電子分光で実測し、そこから反転層形状を導出するという手法を開発した[2,3]。本研究ではドーズ量 $1.5 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ での As イオン打ち込みと高温短時間アニール後、オゾン酸化エッチング法で極表面が除去された Si(001)について、同手法を適用し、量子化準位間隔からその急峻な反転層形状を導出することに成功した。得られた反転層のポテンシャル勾配は 0.15 eV/nm であった。これは表面から数 nm の領域における活性ドーパント濃度がおよそ $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であることに対応する。これまでに我々は、高濃度ドーパ Si(001) (As: $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) を 1250°C でフラッシュアニールした試料にて、反転層のポテンシャル勾配が 0.033 eV/nm であり、活性ドーパント濃度が $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ にまで減少していることを見出しているが[2]、今回用いた不純物をイオン打ち込みした試料では、表面極近傍の活性ドーパント濃度が著しく高いことが明らかになった。

[1] K. Tsutsui *et al.*, J. Appl. Phys., **104**, 093709 (2008).[2] Y. Tanigawa *et al.*, e-JSSNT **7**, 641 (2009)[3] S. N. Takeda *et al.*, Phys. Rev. B **82**, 035318 (2010), T. Sakata *et al.*, e-JSSNT **13**, 75 (2015), N. I. Ayob, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **54**, 065702 (2015).