

デバイス高性能化に向けた Si 中ドーパントサイトの研究

東工大^A, JASRI^B, 名工大^C, 奈良先端大^D,
筒井 一生^A, 松下 智裕^B, 名取 鼓太郎^A, 室 隆桂之^B,
星井 拓也^A, 角嶋 邦之^A, 若林 整^A, 林 好一^C, 松井 文彦^D, 木下 豊彦^B
Study of Dopant Sites in Si for Improvements of Device Characteristics
^ATokyo Tech., ^BJASRI, ^CNagoya Inst. Tech., ^DNAIST.
K. Tsutsui^A, T. Matsushita^B, K. Natori^A, T. Muro^B, T. Hoshii^A, K. Kakushima^A,
H. Wakabayashi^A, K. Hayashi^C, F. Matsui^D, and T. Kinoshita^B

[はじめに] Si-CMOS デバイスでは、微細化が進むに伴って高濃度かつ極浅の不純物ドーパ層形成が求められるが、不純物のクラスター化などにより電氣的に活性化する不純物の濃度には上限がある。しかしこれまで、不純物の原子配置構造を直接に観測することは容易ではなかった。今回、光電子ホログラフィー技術により、Si 中の As 原子の結晶中での配置の評価に成功し、その構造と電氣的な活性/不活性との関連付けを検討した。

[実験] Si(100)ウエハに As を 3keV, $1.5 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ でイオン注入し、1000°C のスパイク RTA (高速短時間熱処理) で活性化した後に、さらに 1050°C-1 分間の熱処理を加えた。光電子ホログラフィーの実験は、SPring-8 の BL25SU において高感度かつ高エネルギー分解能をもつ分析システムで実施した。また、ホール効果測定により電氣的活性化率を評価した。

[結果] Fig.1 に得られた As 3d の光電子スペクトルを示す。結合エネルギーの低いものから順に BEL, BEM, BEH とラベリングした 3 種類の異なる化学結合状態の As が検出された。各内殻光電子ピークに対する光電子ホログラムを Fig.2 の上段に、さらにホログラフィー変換して得られた原子配列像を Fig.2 の下段に示す。

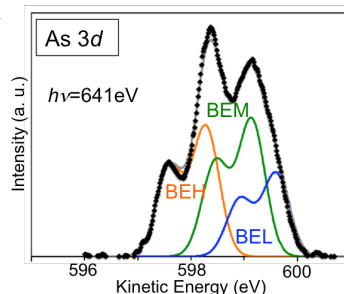


Fig.1 As 3d spectra for As doped layer.

まず、BEH では、As 原子が Si 結晶の格子位置を置換している状態が明瞭に示された。一方、BEL では明瞭なパターンは得られず、ランダム性の高い構造と推測された。BEM では、BEH と基本的に同じ Si 格子置換をとりながら歪みや揺らぎを伴う異なる構造要素も含まれていることが推測される。電氣的には BEH は活性状態に相当するが、BEM も合わせて活性状態であることが示唆された。BEL は不活性な As に対応すると考えられる。

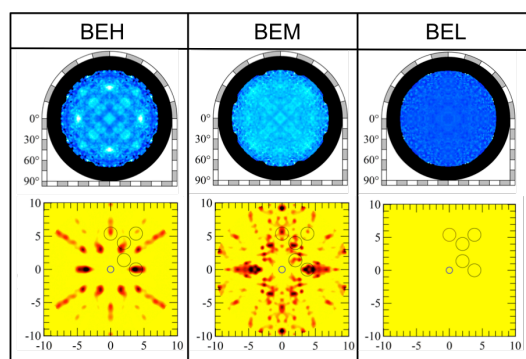


Fig.2 Photoelectron holograms and atomic arrangements generated from As 3d spectra.

BEM と BEL については電氣的活性との関係も含め、その構造について理論計算から具体的な構造の検討を進めている。今後、本手法で不純物の原子配置構造を把握しながら、高い活性化濃度を実現するプロセス技術を探求してゆく。

謝辞:本研究は科研費新学術領域研究「3D 活性サイト科学」26105014 の助成を受けた。