

# 放射光評価手法を使ったドーピング過程の研究

## ～シリコン半導体のドーパントの局所構造解析～

工学研究科 電気物性工学専攻

○教授 <sup>みきかずし</sup> 三木一司

### キーワード

半導体、シリコン、ドーパント、重元素、放射光、XAFS

半導体の重要なプロセスの一つがドーピング技術で、pn接合を作製する基本になる。シリコン半導体では今までP、B、Asの3種類の軽元素のみがキャリア制御用のドーパント元素として使われて来た。イオン半径が小さな元素がドーピングしやすい為である。もし、ドーピング元素に重元素が採用できれば、新たなデバイス機能を探索できる可能性がある。重元素ドーパント源はスピンドル源として利用できる可能性があり、キャリア源と組み合わせる事でスピントロニクスデバイスの作製も可能となるからである。現実には、重元素のドーパントはイオン半径が大きい為に、固溶度、拡散係数が低い。更に、ドーパントになるより化合物を形成する傾向が高く、これらの問題を回避するプロセスの模索が必要である。

ドーパントは通常、電気的測定、又は光学的測定により、ドーパントのn型かp型かの判別、移動度、濃度、準位が評価されてきた。この報告では、放射光を使ったXAFS測定によりドーパントの局所構造を調べることで、その構造変化からドーピング過程を調べた成功例について紹介する(図1)。

### アピールポイント

本報告では、半導体中のドーパントの評価に放射光を使ったXAFS測定が有効であることが示した。測定には、アンジュレータ設置のビームライン、Spring-8の37XUを利用し、シリコン基板中に $\delta$ ドーピングされたBiドーパントの局所構造を調べた。Biの表面密度は1/8ML ( $6.5 \times 10^{13}$  個/cm<sup>2</sup>)と僅かであるが、明瞭なXAFS信号が得られた(図1)。Mnの場合、1/2ML ( $3.4 \times 10^{14}$  個/cm<sup>2</sup>)で同様の測定に成功しており、重元素であればドーパントの局所構造解析が可能である。図1 a,bは、ドーパント源を埋め込む際の、シリコン結晶成長の温度が室温と400°Cの場合を示している。シミュレーションによる解析が可能で、Bi-Si結合距離が $2.63 \pm 0.02$  Å、 $2.67 \pm 0.003$  Åと定量的には優位な差が出る。電気的又は光学的な評価手法に、局所構造評価が加わることで、ドーパントのより詳細な検討が可能になったことがアピールポイントである。

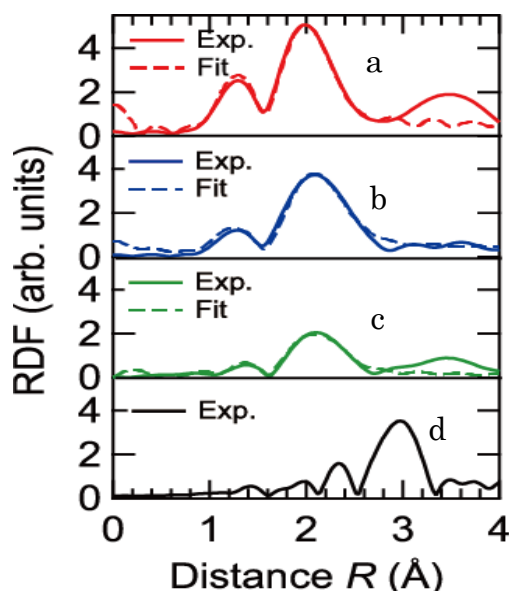


図1 XAFS測定により、Bi原子細線をドーパント源とするドーピング過程を調べた例。プロセス温度を変えた試料2枚(a, b) 参照資料(イオン注入: c、Bi金属: d)の動径分布関数。