

「ホウ素，硬い半導体による高 T_c 超伝導物質探索」

Survey of high T_c materials in hard semiconducting boron crystals

白井光雲

Koun Shirai

大阪大学・産業科学研究所

ISIR, Osaka University, 8-1, Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567-0047

今世紀に入り、ホウ素の周りで新しい超伝導半導体の発見が相次いでいる。軽い半導体は固いものも多く、十分なドーパ量が達成できるならば T_c が 50K を上回る超伝導出現の可能性がある。超伝導発現の手法として、「高圧」（高圧での β -B）、「ドーピング」（B ドープのダイヤモンド）、「化合物」（ MgB_2 ）の3つが挙げられる。それに沿ったホウ素関連物質を探索かつ作製方法を理論から提案し、新たな超伝導機構への問題提起を行う。

1) 「高圧下での超伝導」

それまで不明であったホウ素の相図予測を行い[1]、高圧では構造が簡単な α 相が安定であることを突き止め、実験家と協力して超伝導探索を行った。その結果、高圧で超伝導が実現することを示した[2]。高圧下での金属化の機構を解明した[3]。

2) 「ドーピングによる超伝導」

実際的な超伝導応用を考えると常圧下での超伝導実現は欠かせない。そのため Li ドーピングが提案されていたが、実験では困難であった。その困難点を理論的に解明した[4]。最近、Li ドープの α 相で超伝導が実現されたが[5]、我々の理論はドーパされた Li の効果をよく説明する。残念ながら実現したドーパ量は目的とするものに比べて低く、高い T_c が得られていない。より高濃度のドーパを達成する方法を提示した[4]。

上二つの方法の問題点として 10at%程度の高濃度のキャリアを得ることが難しいことである[6]。その解決のため、今年度よりターゲットを化合物に移した。

3) 「化合物による超伝導」

ボロンカーバイトはある組成で金属となり、超伝導転移が $T_c \sim 40K$ 以上と予測されている[7]。しかしながら実験的には半導体でドーピングにも成功していない。どうしてそうなるのかを理論から解明した [8]。いかに金属化が実現できるか探索する基盤ができたので、今年度はボロンカーバイトの金属化方法を考案する。

またこれらの研究を通じ、超伝導理論への問題提起として、低濃度キャリア[9]、および電子-ホール共存の下では、信頼できる T_c 予測がないということである。

[1] K. Shirai, *et al*, Phys. Status Solidi (b) **244** (2007) 303.

[2] K. Shimizu, *et al.*, Physica C, **470** (2010) S631.

[3] K. Shirai, *et al*, J. Phys. Soc. Jpn. **78**, (2009) 084714; **80**, (2011) 084601.

[4] H. Dekura, K. Shirai, A. Yanase, Phys. Rev. B **84**, 094117 (2011).

[5] T. Nagatochi, *et al*, Phys. Rev. B **83**, 184507 (2011).

[6] K. Shirai and N. Uemura, Solid State Sci., **14**, 1609 (2012).

[7] M. Calandra, N. Vast, and F. Mauri, Phys. Rev. B **69** 224505 (2004).

[8] K. Shirai, K. Sakuma, and N. Uemura, submitted.

[9] K. Shirai and K. Yamanaka, J. Appl. Phys. **113** (2013) 053705.