高温超伝導を初めとした機能性酸化物材料の開発

工学部・電気学科・教授・一野祐亮
y.ichino@aitech.ac.jp

キーワード　超伝導、酸化物、薄膜技術、極低温電気測定技術

概要
酸化物は身の周りにあるありふれた材料ですが、作り方を工夫することで半導体にも金属にも、そして超伝導体にもなります。超伝導は超伝導リニアやMRIなど身近な所にも普及しつつある技術であり、省エネルギーへの貢献度も高いため、技術開発が盛んに行われています。本技術では、強力な紫外線パルスレーザーを用いることで酸化物材料の薄膜を作製し、その結晶構造や不純物などを精密に制御することで、酸化物に超伝導を初めとした様々な機能性を持たせることが出来ます。

高温超伝導体

安価な液体窒素温度(-196℃)で超伝導状態が得られる材料。$YBa_2Cu_3O_y$(YBCO)などの酸化物が主流。

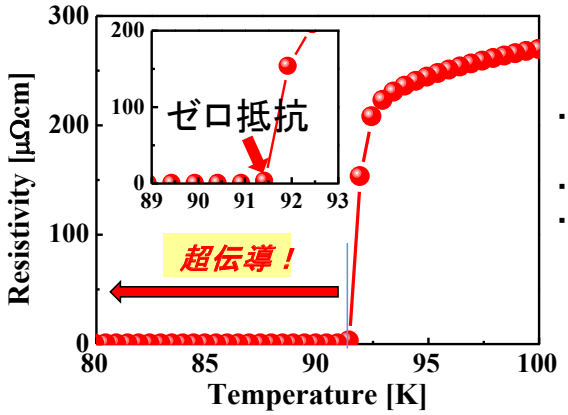


図1　高温超伝導薄膜の電気抵抗

・YBCO超伝導薄膜をパルスレーザー蒸着法(後述)を用いて作製。
・温度を下げながら電気抵抗率を測定。
・90 K (-183℃)以上で電気抵抗ゼロ。
→**液体窒素温度以上で超伝導転移**

用途

超伝導の電気抵抗ゼロは、電気エネルギーの超低損失な活用や、通常の導線では実現できない応用機器が実現可能。

図2　柔軟な金属テープ上にYBCO超伝導薄膜を作製

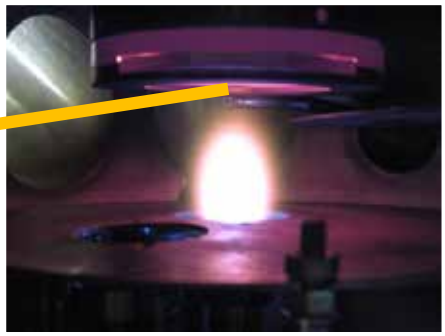


図3　パルスレーザー蒸着法による薄膜作製

超伝導応用機器・・・超電導リニア、超伝導電力ケーブル、フライホイール、MRIなど

作製、評価装置

最高温度1000℃、高真空チャンバー、ナノメートル厚積層、
酸素 or 水素3%雰囲気中でエピタキシャル薄膜を作製。

Nd:YAGパルスレーザー
（波長 266 nm, 355 nm, 532 nm）

コンビナトリアルパルスレーザー
蒸着法用高真空チャンバー

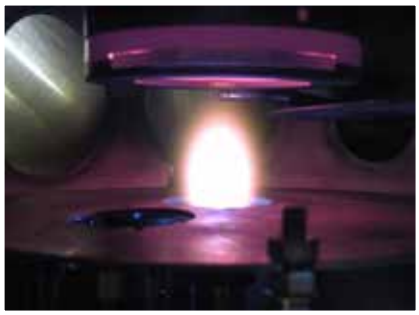


図3 薄膜作製中の写真

卓上電気炉（1,250°C）

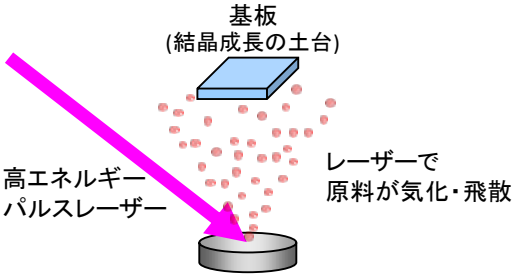
雰囲気制御管状電気炉（1,100°C）

シミュレーション用
ワークステーション
（薄膜結晶成長、超伝導特性）

薄膜用X線回折装置、電子顕微鏡、低温磁場中電気特性測定装置ほか･･･共同利用、共研設備
低温電気抵抗･ホール抵抗測定装置･･･導入予定

活用例、研究展望

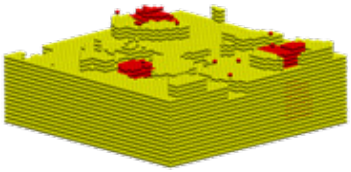
高温超伝導線材の低コスト化、機能性の付加を中心に、
導電性酸化物やその他機能性酸化物材料の研究



1. 紫外線パルスレーザーで酸化物や
セラミクスのエピタキシャル薄膜を作製可能

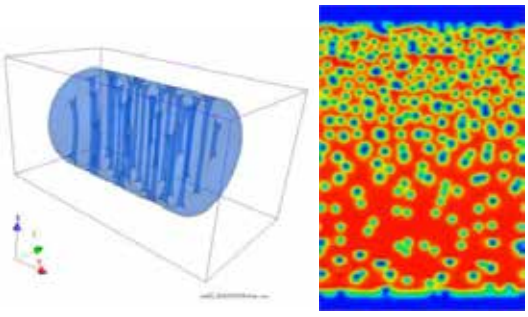
ナノレベル
組織制御
- ･機能性向上
- ･新たな機能性創生

2. 超伝導や薄膜結晶成長のシミュレーション技術



- ･観測困難な現象の可視化
- ･実験との融合による
研究の効率化

薄膜の結晶成長シミュレーションによる
ナノサイズ自己組織化の再現



超伝導体内における磁束線運動の可視化

研究展望

1. 次世代の高性能低コスト高温超伝導線材の開発
2. 新奇な性質を持った機能性酸化物材料の創製
3. フレキシブルな金属テープ上への機能性酸化物薄膜の作製

AIT 愛知工業大学