

低次元材料用電界銃測定法 の商品化開発

Analysis System of Low-Dimensional
Materials by Using Surface Acoustic Wave
Technique

九州工業大学・大学院工学研究院
先端機能システム工学研究系
准教授 孫 勇

内 容

1. 研究の背景
2. 従来技術とその問題点
3. 新技術の特徴
4. 想定される用途
5. 実用化に向けた課題

1. 研究の背景

- 21世紀はナノの世紀と言われるまで、低次元材料・デバイスの開発・応用への期待が高まっている
- 低次元材料とは、三次元以外のものを指す
 - 0次元：粒子—原子、分子、ナノ粒子
 - 1次元：線状—高分子、ナノチューブ
 - 2次元：平面—層状材料、グラフェン

1. 研究の背景

- 低次元材料の特徴

キャリアの運動が空間的に制限される為
エネルギーの量子化が発生する

量子デバイス、光電子デバイス、レーザ、
超伝導などに応用されている

1. 研究の背景

- 低次元材料評価のポイント

電極付けにくい⇒非接触的測定が望ましい

エネルギー分布範囲拡大⇒測定場が高密度

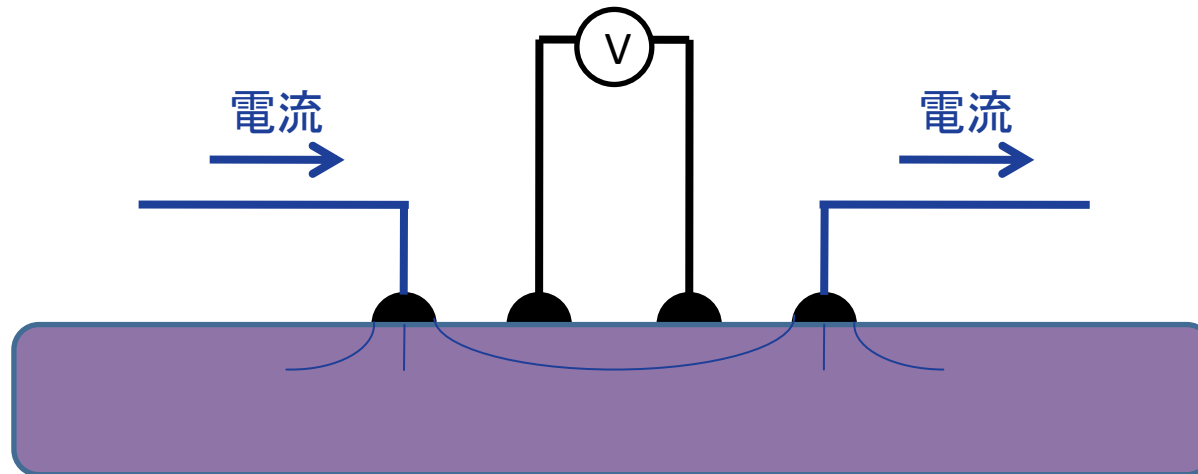
測定場の単一性(電場か磁場か)

2. 従来技術とその問題点

- 接触的測定
電極接触の寄生効果
外部キャリアと試料との相互作用効果など
- 多種場の同時存在
高周波・マイクロ波などの場合、電場と磁場
が同時存在

2. 従来技術とその問題点

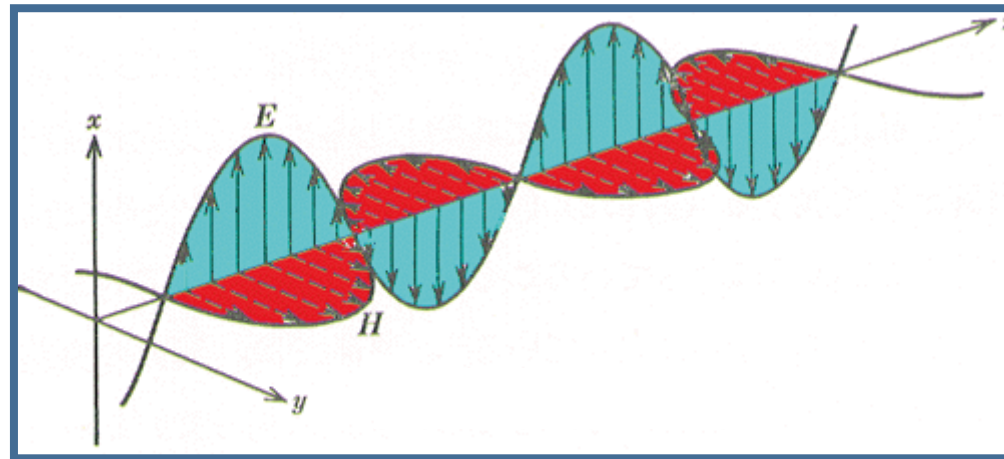
- 四探針測定法



- ★ 電極寄生効果やキャリア導入によるダメージなど
- ★ 試料中への電界浸透深さは調整できない

2. 従来技術とその問題点

- 高周波、マイクロ波測定方法



- ★ 電磁波は波であり、真空中では減衰せず伝搬する
- ★ 電場と磁場は同時に存在する
- ★ 試料への侵入深さは調整できない

3. 新技術の特徴

- 電界銃測定法

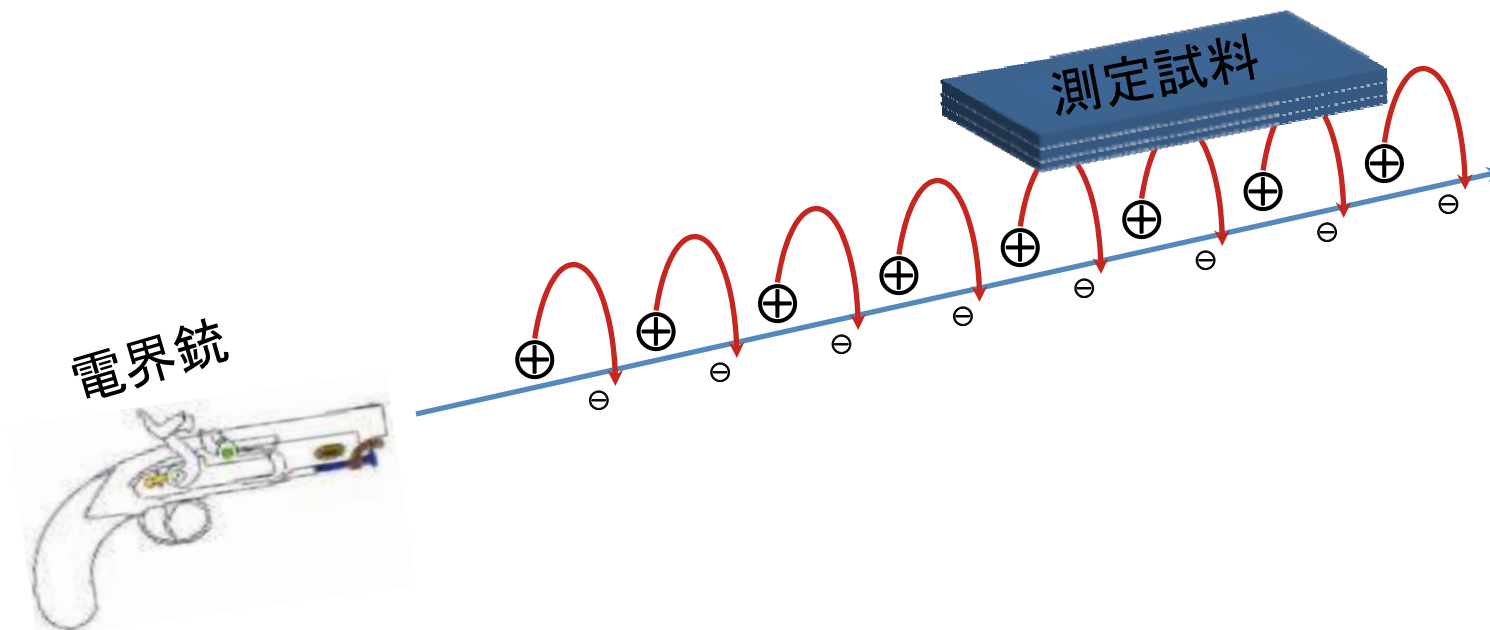
測定ツールは静電界で、電子・イオンなどの実物粒子を試料に導入しない

非接触的で、電極の寄生効果はない

電場だけで、且つ高密度が得られる

3. 新技術の特徴

- 電界銃測定法の概念図



3. 新技術の特徴

- 電界銃における静電界の発生と回収



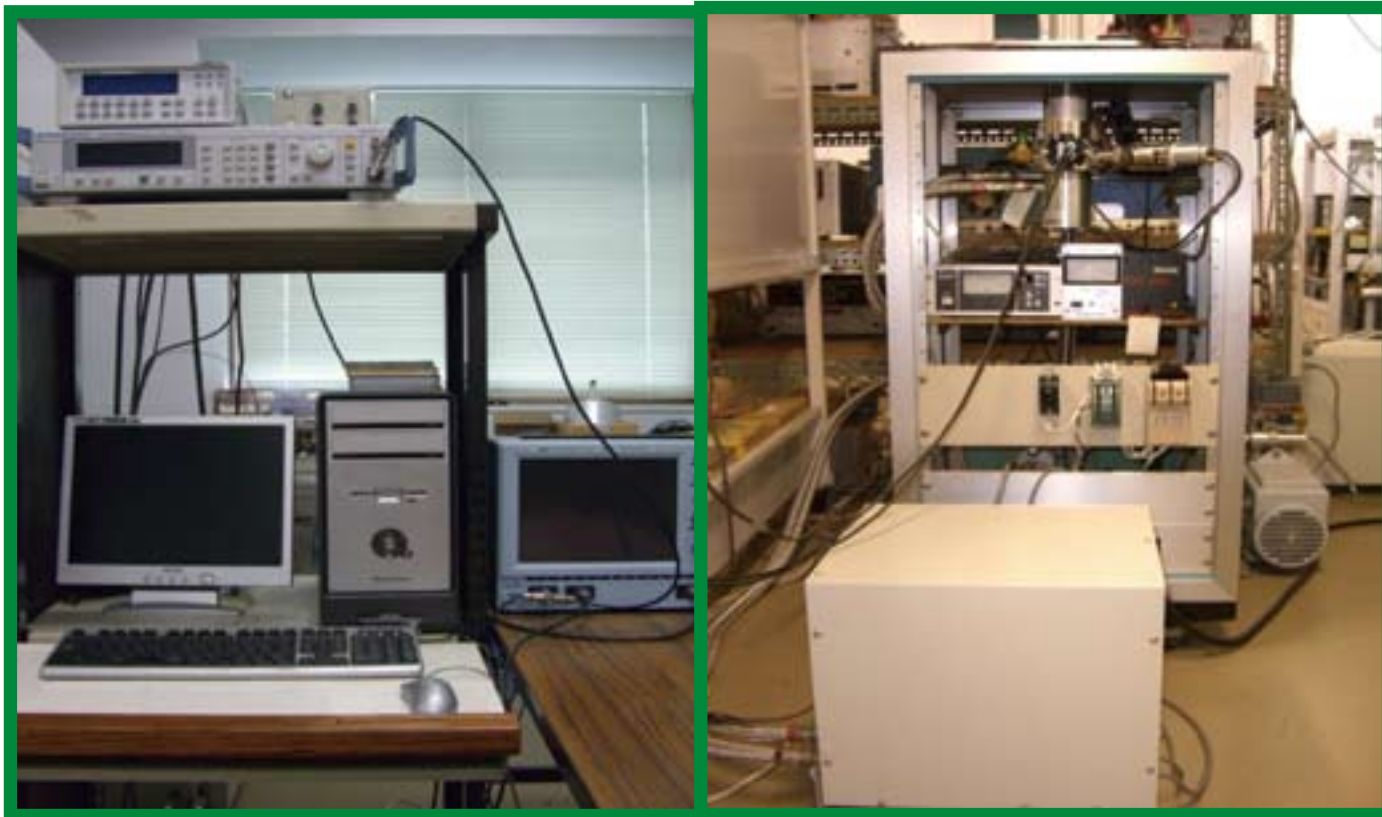
3. 新技術の特徴

- 静電界と試料との配置



3. 新技術の特徴

- 測定装置



3. 新技術の特徴

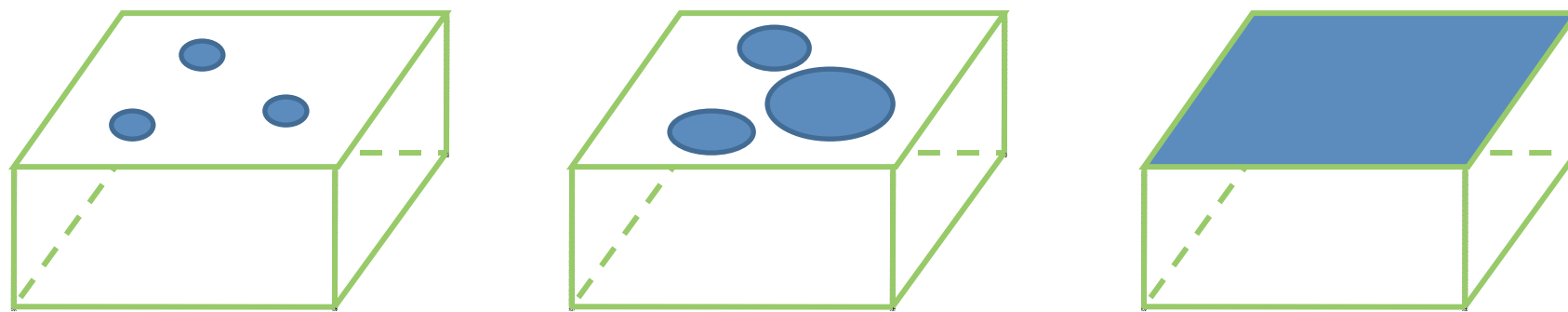
- 電界銃測定法の実施例

極表面超伝導特性の評価及び高温超伝導材料の可能性

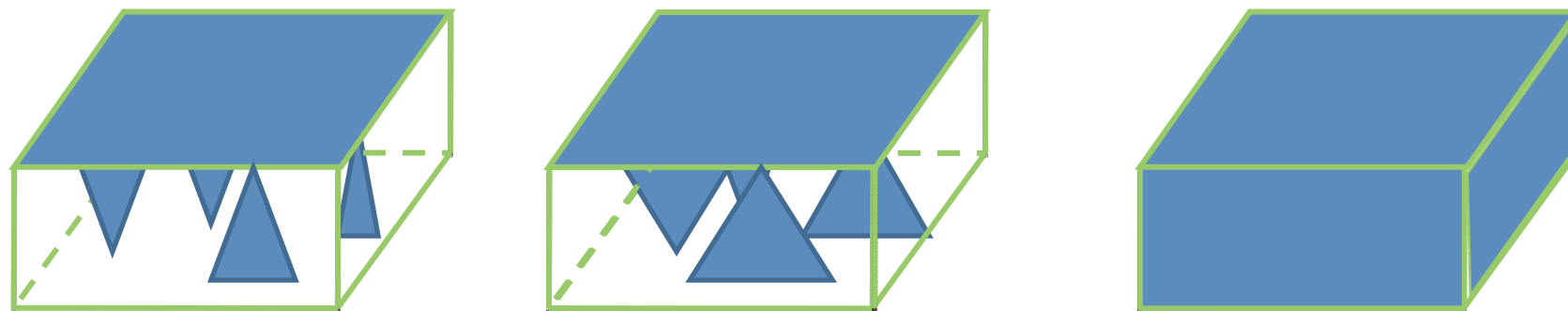
半導体量子伝導及び不純物準位の測定

3. 新技術の特徴

超伝導発生のプロセス



温度の低下 →



温度の低下 →

3. 新技術の特徴

超伝導になる四つの条件

- ① ゼロ抵抗
- ② 完全反磁性
- ③ 永久電流
- ④ ジョセフソン効果

一つの条件が満たせば超伝導状態になる

3. 新技術の特徴

- ②、③、④の確認はいずれも磁場を伴うため極表面層内での測定は困難であった
- 従来では、①の極表面層内でのゼロ抵抗の測定も困難であった
- 電界銃測定法では、極表面層抵抗の測定は可能となった

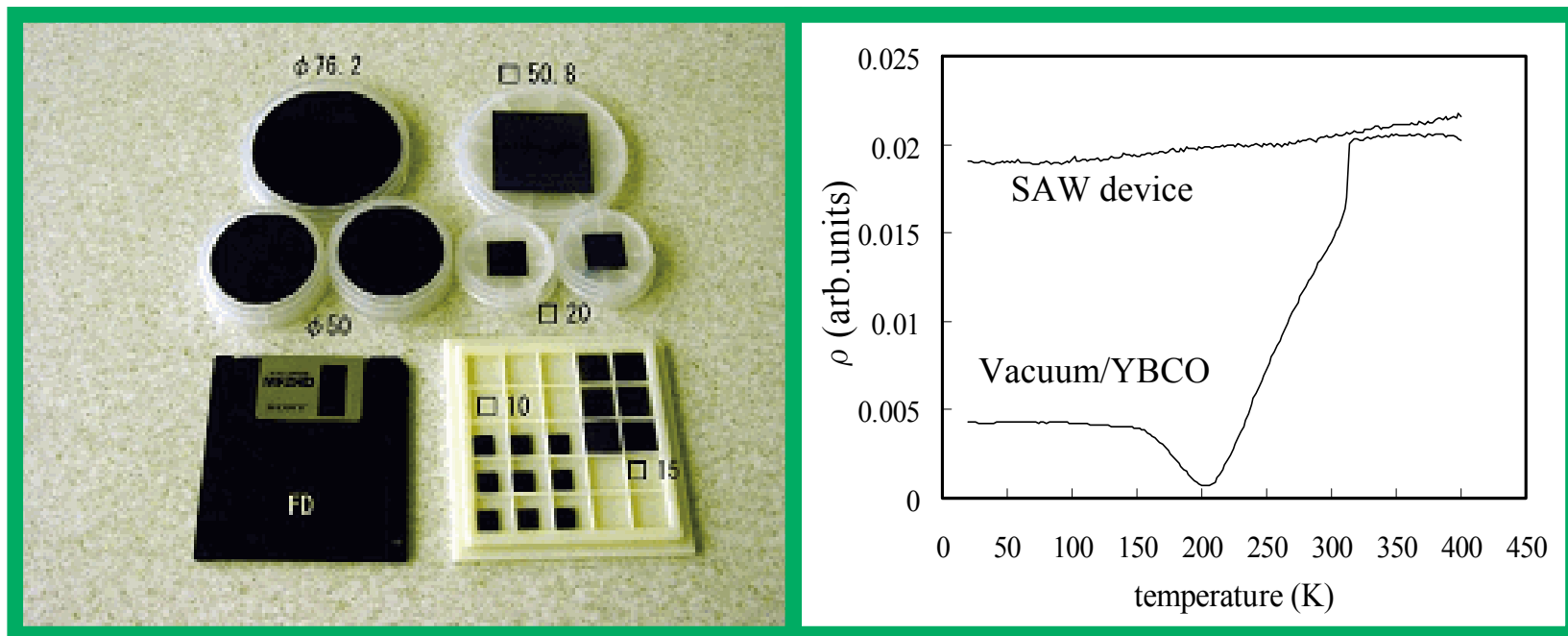
3. 新技術の特徴

- 電界銃測定法のメリット
 - ★ 静電界は電磁波ではなく、超伝導体に深く浸透しない
 - ★ 電界の移動速度は4km/s程度であり、静電界として扱われる
 - ★ 電界の減衰や位相変化などで、極表面付近の抵抗率が測定できる
 - ★ 浸透深さは、圧電体と試料の表面キャリア密度によって決まる。YBa₂Cu₃O₇の場合、約1nmである

3. 新技術の特徴

- 電界銃測定法のメリット
 - ★ 非接触的な測定法であり、電極の影響はない
 - ★ 温度の変化は簡単に実現でき、広い温度範囲でも圧電体の温度特性からの影響が無視できる
 - ★ 試料の用意は簡単で1cm角で十分である
 - ★ 測定デバイス等のサイズが小さく、磁場の印加も簡単にできる

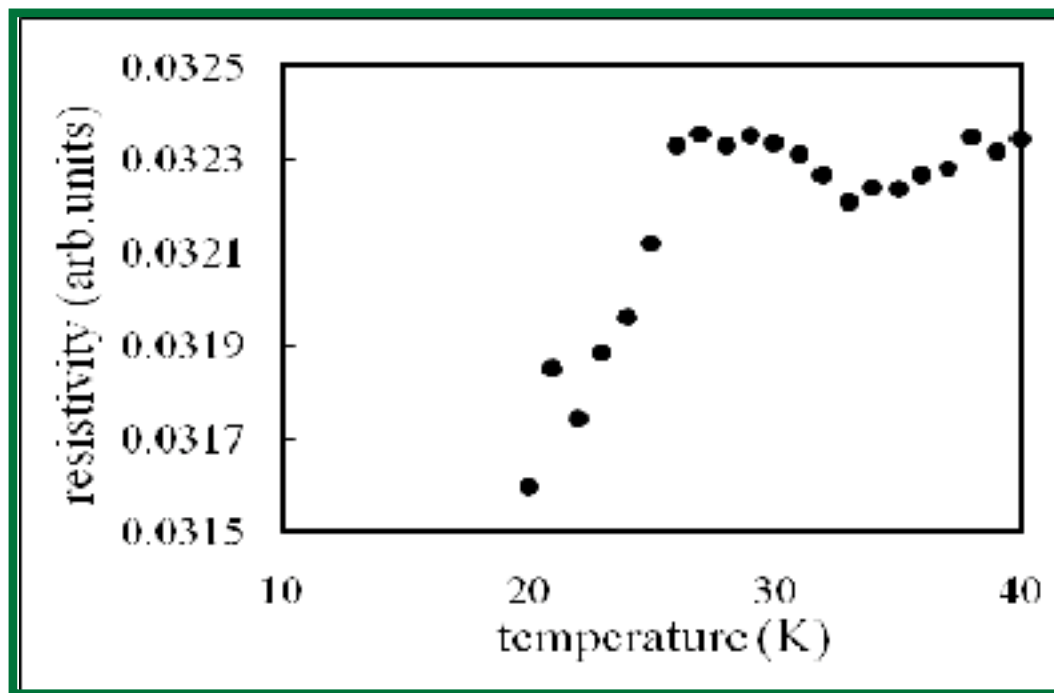
3. 新技術の特徴



YBa₂Cu₃O₇試料の測定結果

- ★ 200K以上で表面超電導特性が観察される
- ★ 極表面なので残留抵抗も大きい

3. 新技術の特徴



金属Be試料の測定結果

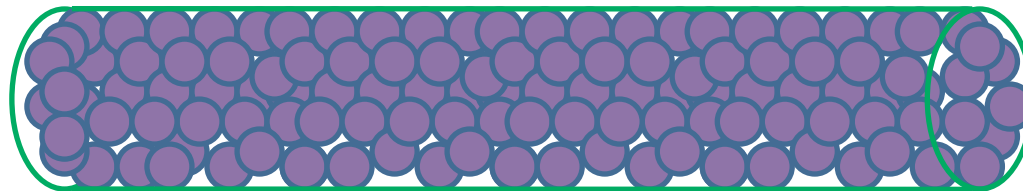
★ 20K付近に抵抗率の減少が観察される

3. 新技術の特徴

- 高温超伝導材料の可能性



- ★ 材料をワイヤー化する



- ★ 材料を微粒子化する

3. 新技術の特徴

- 高温超伝導材料の可能性



- ★ 材料を巻き寿司状にする

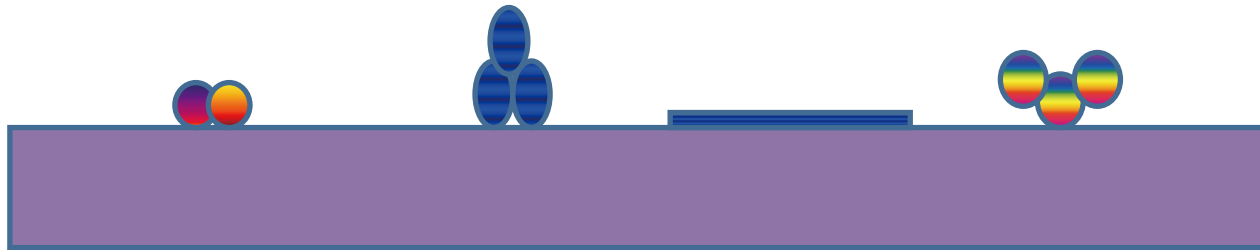


- ★ 材料を畳み状にする

3. 新技術の特徴

- 高温超伝導材料の可能性

- ★ 材料表面処理を行い、高温超伝導化を図る

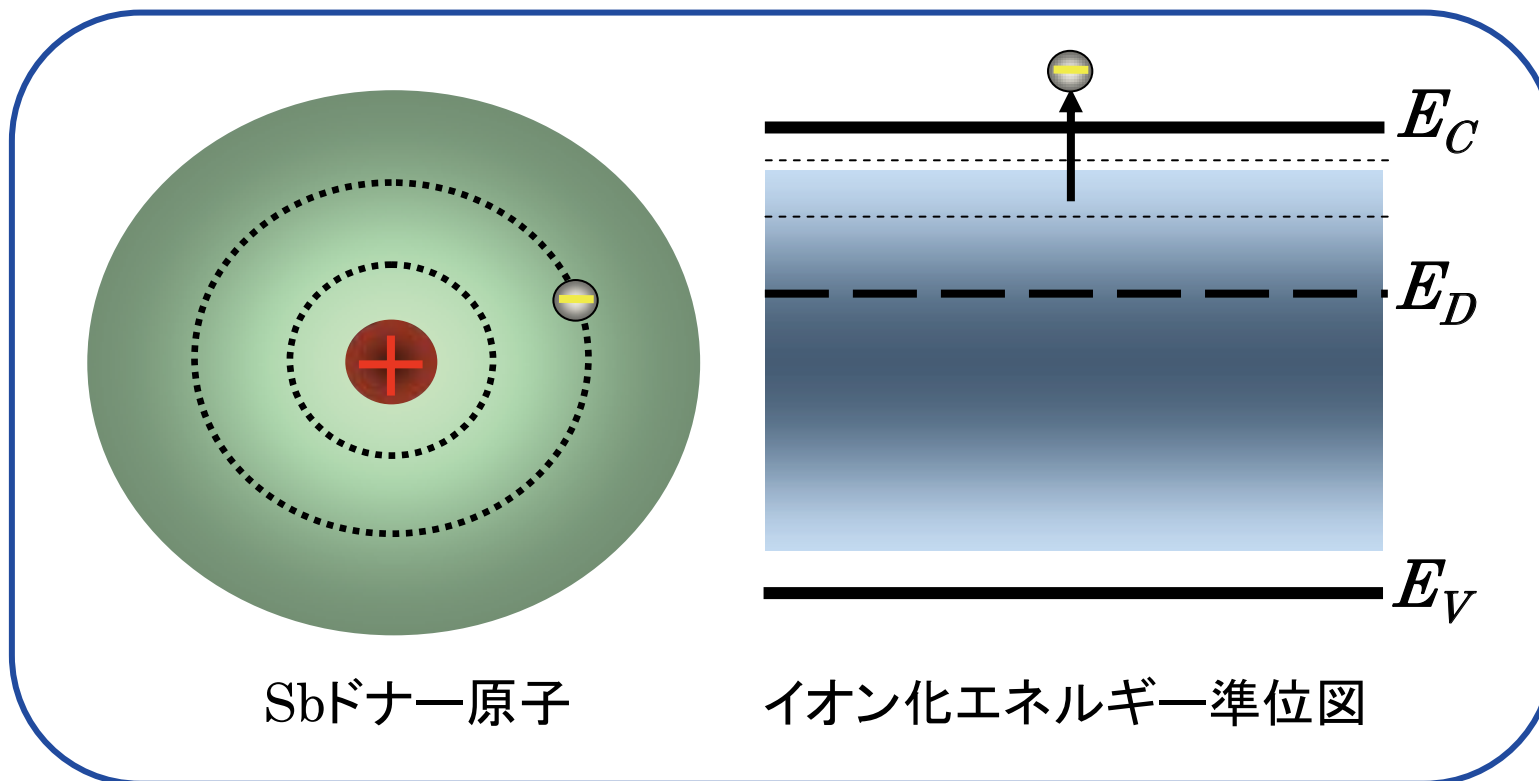


- ★ 極表面高温超伝導化の評価には、本測定方法は不可欠であり、その性能の発揮が期待される

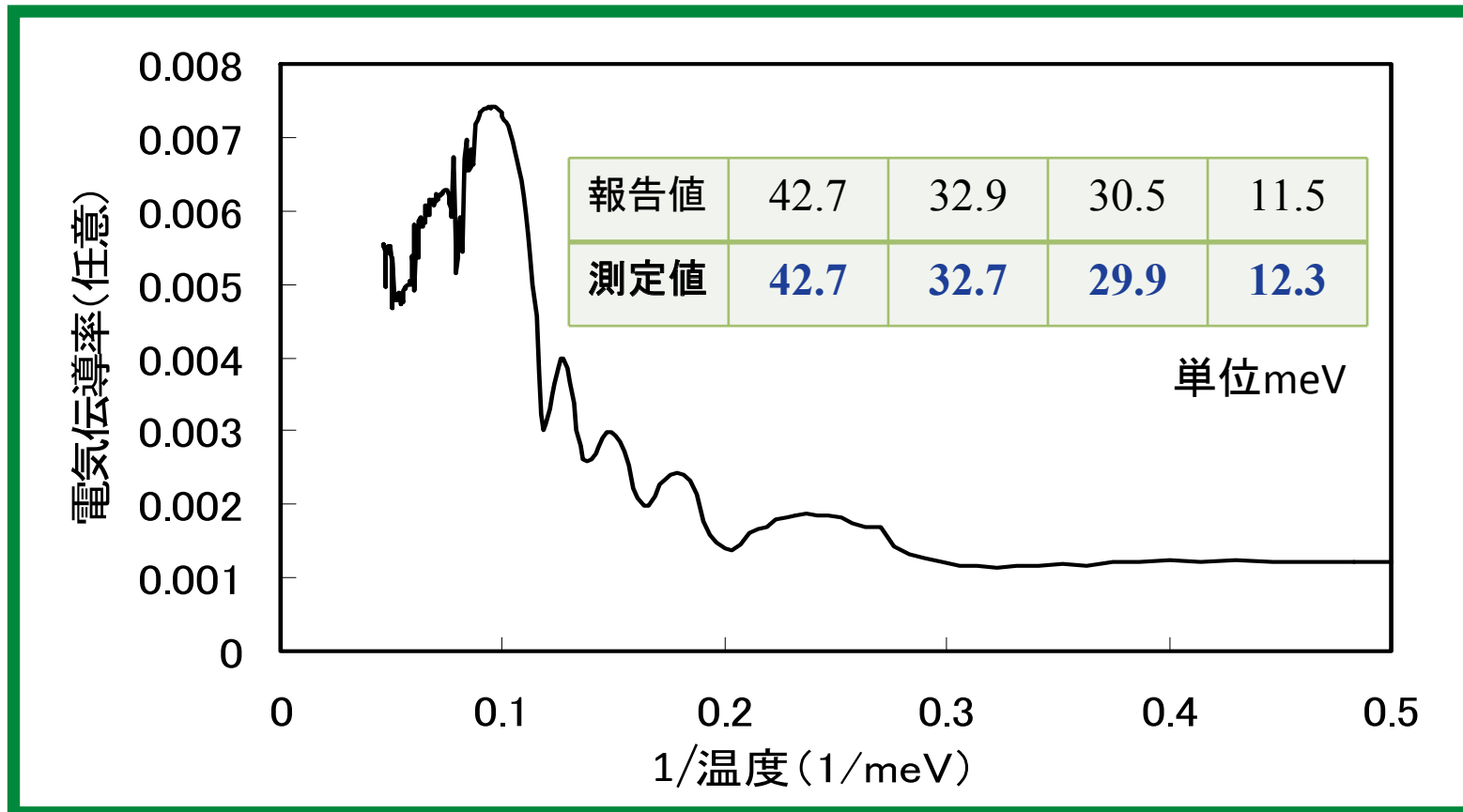
3. 新技術の特徴

- 半導体量子電導及び不純物準位の測定

Si結晶中Sbイオン化準位測定



3. 新技術の特徴



★ ホール測定で1個しか見えない準位は4個まで測定できる

想定される用途

表面抵抗の非接触測定 超電伝転移温度測定
半導体中不純物準位 DNAやナノ材料抵抗

想定される業界

新型超伝導材料開発 真空装置メーカー
計測機器メーカー 有機・機能材料関係

実用化に向けた課題

超高真空装置作製 **超**高真空内試料の移動
精密部品の加工 **超**伝導材料の作製

企業への期待

真空・測定機器関係企業との共同研究を希望
新型超伝導開発企業には本技術の導入が有効

本技術に関する知的財産権

- ★ 発明の名称: フラーレン類の分子回転速度測定方法
出願番号: 特願2002-203595
出願人: 科学技術振興事業団
発明者: 孫 勇
- ★ 発明の名称: 超伝導体表面抵抗率の非接触測定方法及びその測定装置
出願番号: PCT/特願2007-308901
出願人: 国立大学法人 九州工業大学
発明者: 孫 勇
- ★ 発明の名称: 半導体の電気伝導特性の非接触測定方法及びその装置
出願番号: 特願2009-134286
出願人: 国立大学法人 九州工業大学
発明者: 孫 勇

お問い合わせ先

九州工業大学 産学連携推進センター

コーディネーター: 尾仲武基、大矢伸宏

尾仲武基

TEL: 093-884-3499

FAX: 093-884-3531

e-mail onaka@ccr.kyutech.ac.jp

大矢伸宏(東京サテライトオフィス)

TEL: 03-5440-9070

e-mail ohya.nobuhiro@gmail.com