

## Development of Ultra Coherent Electron Beam 超コヒ - レント電子ビ - ムの開発

プロジェクトリ - ダ - 大 島 忠 平  
早稲田大学 理工学部  
教授

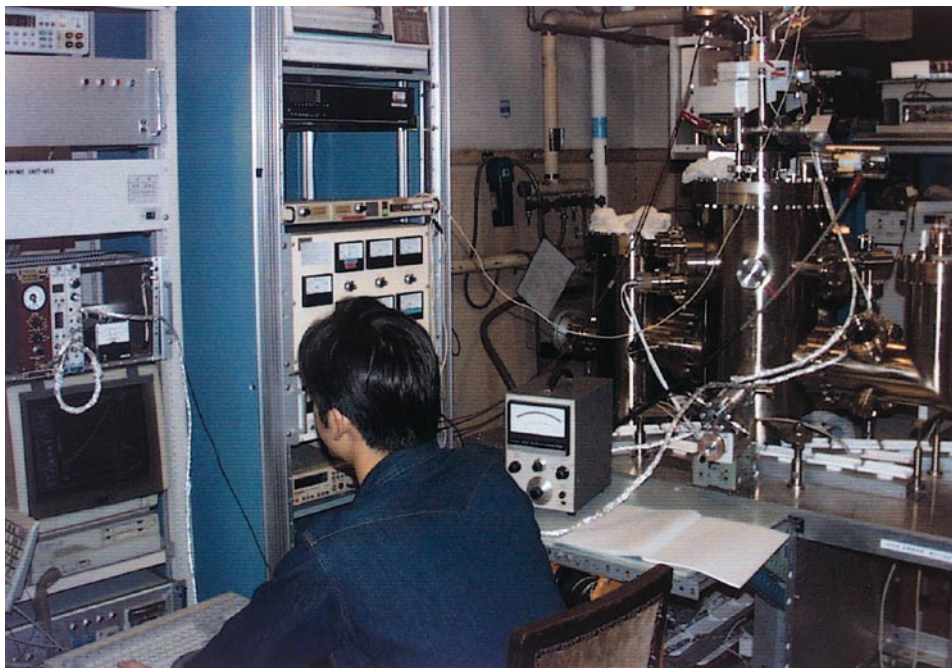


図 1 極低温電界電子放装置 (4.2K の極低温に冷却した電子源からの電子放出特性を測定する。)

### 1. 研究目的

電子ビ - ムはテレビのブラウン管や電子レンジのマイクロ波管等、家庭内で利用されているだけでなく、パソコンやデジカメ等の LSI の超微細加工や、原子スケ - ルで材料を評価する各種電子顕微鏡など、現在の産業や技術開発の現場で幅広く使用されている。レ - ザ - ヤイオンビ - ムとともに現在の科学技術を支えている必須な基礎技術である。しかし、現在の電子源は半世紀以前に開発されて以来、ほとんど改善されておらず、利用できるビ - ムのエネルギー - 幅は 200-300 meV に広がった状態が続いている。

一方、電子ビ - ムを扱う他の技術の著しい進展により、各種装置の性能はこの半世紀大幅に向上してきたが、現在、このビ - ムのエネルギー - 幅によって、装置全体の性能 (空間分解能やエネルギー - 分解能) の向上が制限されている。

このプロジェクトの目的は、極低温の超伝導状態の特殊な電子状態を利用して、エネルギー - 幅の狭い、干渉性 (コヒ - レンス) の優れた電子ビ - ムを開発し、その優れた特性を実証することにある。この新しい電子ビ - ムと従来のビ - ムとの性能差は、通常光とレ - ザ - ビ - ムとの差に匹敵し、この電子ビ - ムが実用化された場合、現在の電子ビ - ムを利用する機器の性能を飛躍的に向上させるものと期待している。

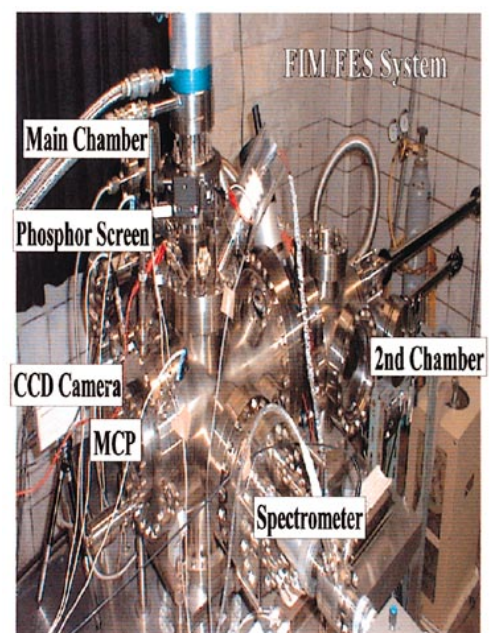


図 2 電界イオン顕微鏡、電界電子放出顕微鏡、電界放出電子分光装置

## 2. 研究の内容

この研究では、極低温金属の超伝導状態に注目し、電子のトンネル現象を利用して、従来の電子ビームに比較してエネルギー幅の1-2桁狭い電子ビームの実用化への道を探る。このため、電子エミッター・製造装置と評価装置を開発し、超伝導材料から真空への電子トンネル現象の解明、超伝導材料の検討および異なる線源から放出された電子ビーム(マルチビーム)の干渉性等の電子放出特性を調べる。

### (1) コヒーレント電子ビームエミッター製造装置とコヒーレント電子ビーム評価装置の開発

コヒーレント電子ビームのエネルギー・スペクトルを計測できる極高真空、極低温稼働の電子源を製造する装置を開発する。また、コヒーレント・マルチ電子ビームを評価する装置を開発する。このため、名城大学でマルチ電子ビームを取り扱う技術も併せて開発する。

### (2) 超伝導材料の真空へのトンネル現象の解明

4.2Kの超伝導のニオブ金属から放出された電子ビームのスペクトルは、25Kの常伝導の時のスペクトルと異なり、フェルミ準位(原点付近)に鋭いピークが出現する(図1)。この付近を拡大して、温度を変えて詳細に測定すると、図2に示すように、温度が下がるにつれて鋭いピークの強度が増加し、その変化は超伝導状態のクーパー対の増加とともに増える(図2の挿入図)。このときのビームのエネルギー幅は、従来の電子ビームより1桁狭い20meVである。

この研究ではこのピークエネルギー幅、強度を決める機構を実験と理論両面より解明し、このエネルギー幅の狭いビームの実用化と、さらに狭いビームの開発の可能性を探る。

### (3) 超伝導材料の検討

材料を変えると、超伝導の特性(転移温度、コヒーレント長)や加工性、電子放出表面の特性が大きく変わることが予想される。ニオブ金属から合金、化合物、高温酸化物等の超伝導材料の検討を実用化を目標にして行う。

### (4) マルチビーム用電子光学系開発

異なる場所から放出したコヒーレント電子ビームの干渉性を確認するために、非回転対称性をもたない電子ビームの偏向、収束を扱う電子光学系を開発し、コヒーレント電子ビームの優れた干渉性を実証する。

## 3. 研究の体制等

期間：1999年8月～2004年3月

構成：プロジェクトリーダー 1名

コメンバ 3名

研究協力者 8名(うちポストドク2名)

実施場所：早稲田大学各務記念材料技術研究所(拠点)

名城大学理工学部(副拠点)

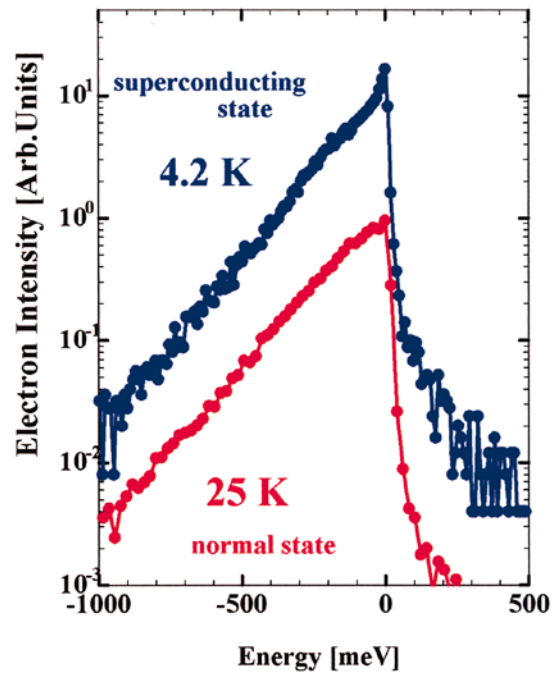


図3 超伝導状態(4K)と常伝導状態(25K)のニオブからの電界放出電子のエネルギー・スペクトル

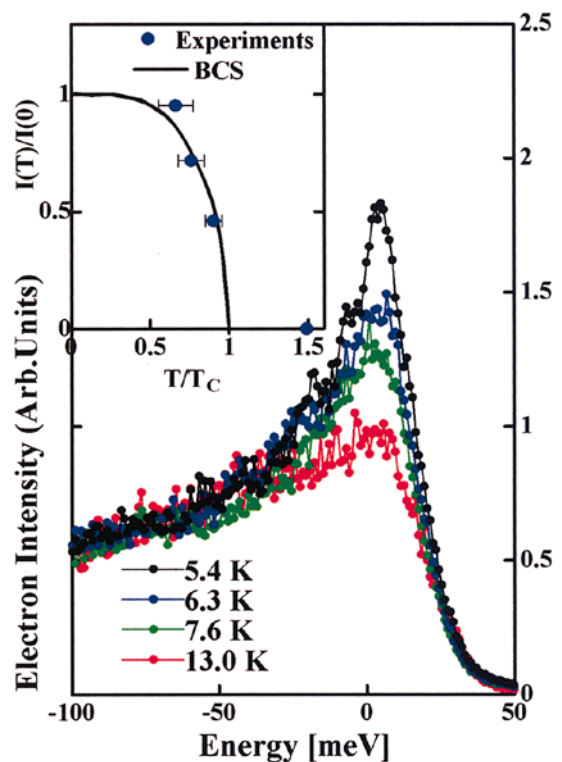


図4 電界放出電子のエネルギー・スペクトルの温度変化。挿入図は鋭いピーク強度の温度変化(点)と超伝導ギャップパラメータの温度変化(実線)との比較