

◆ ヘテロ電子材料の研究 ◆

種々の異なった電子材料を組み合わせると、もとの材料とは違った新しい物性が現れ、それを用いた新しい応用の道がひらける。特にIII-V族半導体のヘテロ接合の界面は、種々の新しい物理現象が観測されている。また、異なった種類の半導体超薄膜を層状に積み重ねた構造も新しい物性を引き出すことが出来るため、多くの研究がなされてきた。この場合、薄膜の厚さは、100Å程度のオーダーであるから、量子サイズ効果に基づく現象が顕著となる。この分野を量子半導体エレクトロニクスと呼ぶ。

量子半導体エレクトロニクスの基礎をなすものが、ヘテロ電子材料の研究である。この新しいエレクトロニクスの分野を現実の応用に結び付けるためには、これら異種材料の組み合わせ構造を持った材料の性質を知り、制御する必要がある。特にヘテロ界面の特性を究めることが、材料面から不可欠となる。

さらにこのようなヘテロ電子材料を積極的に利用するには、微細加工プロセスを併せて開発しなければならない。このようなヘテロ電子材料の特徴は極微細な構造においてはじめて顕著となるからである。以上に述べた観点から、本研究では、ヘテロ電子材料を多角的に研究するグループを作り、研究を推進している。グループの構成は次のようになっている。

[ヘテロ電子材料の研究グループ構成]

総括 生駒 俊明

(機能エレクトロニクス研究センター・3部(兼))

- ヘテロ電子材料の成長
 - 生駒 俊明
 - 荒川 泰彦 (3部研究担当)
 - 平川 一彦 (3部)
- ヘテロ電子材料の界面評価
 - 石田 洋一 (4部)
 - 二瓶 好正 (4部)
 - 岡野 達雄 (1部)
 - 本間 禎一 (1部)
- ヘテロ電子材料の物性とデバイス応用
 - 生駒 俊明
 - 榊 裕之 (3部(併))
 - 荒川 泰彦 (3部研究担当)
 - 平川 一彦 (3部)

以下に各研究分担者の研究状況を述べる。

[ヘテロ電子材料の成長とin-situ評価、および低次元物性の研究]

教授 生駒俊明、講師 平川一彦

生駒・平川研究室では、ガス・ソースMBEとXPS, UPS, LEELS等の光・電子スペクトロスコーピー装置とを超高真空中で結合した装置を製作し、種々のIII族・V族元素を組み合わせたヘテロ電子材料の界面の原子状態、電子状態を解明している。これにより、新しい概念のヘテロ電子材料の創製を図る。

また、集束イオンビームを用いた微細加工材料を開発し、半導体ヘテロ界面に量子細線を製作し、電子の波としての性質に基づく種々の現象を観測している。これにより、電子波の量子干渉効果に立脚した新機能材料・デバイスの創製を企図している。

[OMVPE結晶成長法と量子マイクロ構造への応用]

助教授 荒川泰彦

もし超細線(量子細線)や超微小箱(量子井戸箱)ができ、多次元的に電子の波動関数の制御が可能となれば、新しい量子効果を実現できる。しかし、これまでリソグラフィ技術を用いてこのような構造の作製の試みがなされてきたが、100Åオーダーで精度よく実現することは不可能であった。本研究では、有機金属気相成長法(OMVPE法)によるエピタキシャル成長中に、基板上に細く絞った電子ビーム(~5nm)を照射し、照射部分のみを選択的に結晶成長するという新しい手法による、多次元量子マイクロ構造技術の実現を図っている。これにより、量子井戸箱構造を伴う超高性能半導体レーザーの作製を試み、次世代光デバイスへの新しい展開が期待される。

[ヘテロ電子材料の光および電子ビームによる超高速時間分解スペクトロスコーピー]

教授 本間禎一、教授 榊裕之、助教授 岡野達雄
榊研究室は本プロジェクトの中で、ピコ秒レーザーシステムを構築し、従来から進めてきた量子へ

テロ構造において電子のダイナミックな振る舞いを解明することを担当した。システムは順調に稼働しており、共鳴トンネルダイオードにおいて電子波の多重反射に伴う透過の時間遅れを直接測定することに成功するとともに、量子井戸の電子正孔の発光再結合時間を図り、波動性を考慮した理論で説明できることなどを示してきている。

一方、本間、岡野研究室では、材料界面等の極微小領域の構造や局在励起過程を解明する分析手段として、高い将来性を有する新型電子線源の開発を行っている。また、高度な分析手法を支える基盤となる極高真空技術に関する研究を並行して進めている。電子源の研究は、GaAs単結晶基板表面にセシウム活性層を形成したパルス光電子源について開発を進めており、30meV以上のエネルギー分解能をもつ高輝度ピコ秒電子源の実現を目標としている。また、極高真空技術の分野では、構成材料からの気体放出の計測と制御についての研究を行っている。これらの研究に関連した実験設備として、エネルギー可変高分解能電子分光装置、電子直射型ストリークカメラ、極高真空排気装置等の開発を行った。

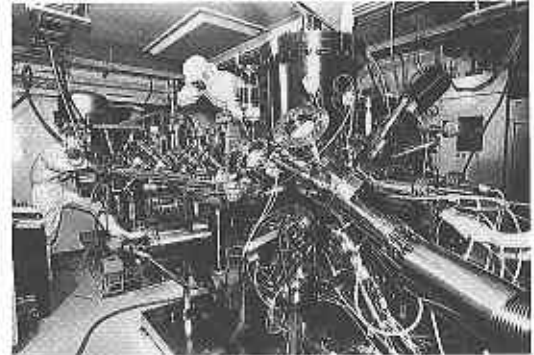
[光電子分光回折によるヘテロ電子材料の表層解析]
教授 二瓶好正

X線励起光電子のエネルギー分布ならびに放出角度分布の迅速な測定を可能とすることを目的として、トロイダル180°静電偏向型荷電粒子エネルギーアナライザーを新たに設計し、そのアナライザーを組み入れた光電子回折測定装置を設計・試作した。この装置により、極角範囲100°、エネルギー範囲32eVの光電子のエネルギー・角度分布を同時測定することができ、X線光電子回折パターンの迅速な取得による能率的な表層構造解析および小片試料の表層構造解析等を可能とした。

[ヘテロ界面の原子的スケールでの直接観察]
教授 石田洋一

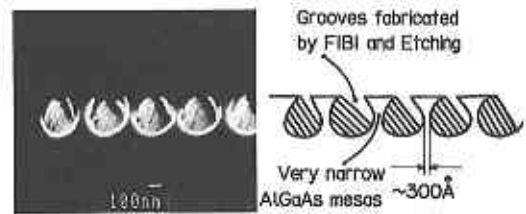
昭和61年度にJEM-200CX型高分解能電子顕微鏡を購入し、GaAs/AlAs、GaSb/AlGaSbなどの界面構造の解析に着手した。米国などよりはるかに遅れてのスタートであったが、装置の高性能に加えて、〈100〉入射観察法という新手法の開発により、一気に一原子層ステップの格子像による確認、単分子

層超格子の格子像による確認、歪超格子界面における界面転位芯構造の観察などの成果を得、現在では世界最高の実績を誇る装置に成長している。

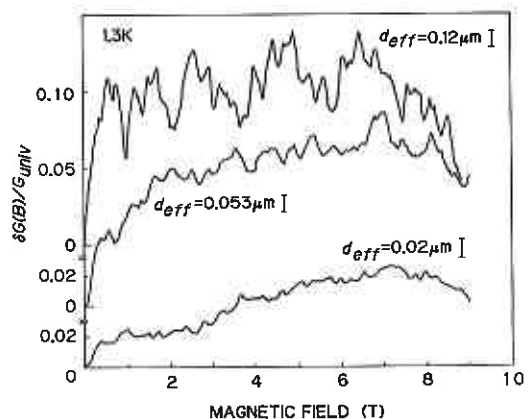


in-situ電子分光装置

試料作製部(MBE)と各種分光分析装置とが連結されており、高真空を破ることなく作製した試料を分析することができる。



集束イオンビーム注入とウェットエッチングにより作製したAlGaAsの超微細構造



GaAs量子細線の磁気抵抗に現れた電子波の干渉に起因する伝導度ゆらぎ