

LABORATORY NEWS

光技術共同研究所の研究活動

平野正浩

〒211 神奈川県川崎市中原区上小田中 1333
(1985年5月23日 受理)

Research Activity in Optoelectronics
Joint Research Laboratory

Masahiro HIRANO

Optoelectronics Joint Research Laboratory
1333 Kamiodanaka, Nakahara-ku, Kawasaki-shi
Kanagawa

(Received May 23, 1985)

An outline of the Optoelectronics Joint Research Laboratory is presented briefly, together with the purpose of establishment, ten organizations participating in OJRL, organization chart, and the research activities. Some aspects of compound semiconductor material research, which is OJRL's main concern, are discussed from a view-point of its relation to surface science.

1. はじめに

— 研究所の性格 —

光技術共同研究所は、通産省工業技術院の主宰する大型プロジェクト「光応用計測制御システム」の推進を目的として、光応用システム技術研究組合の内に設置された。当プロジェクトの全体目標は、ファクトリーオートメーションないしオフィスオートメーションを目的とした次世代光LANを開発することにある。こうした高性能光LANでは、OEIC（光電子集積回路）がシステムを構成する中核的デバイスとなることが想定されており、当研究所は、OEICを実現するための共通基盤技術を開発することを目標に掲げている。

光共研は、「共同」という名称に象徴的にあらわされているように、電子技術総合研究所と9つの民間企業の共同体として組織されており、この点は、多くの成果を得て、成功裏に終了した「超LSI共同研究所」と類似の性格をもっている。光共研の概要および組織図を表1に示した。

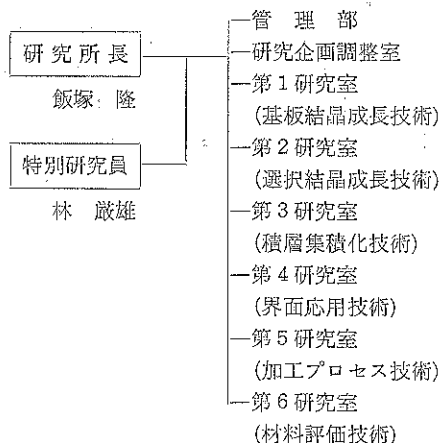
2. 研究の概要

OEICは、光素子と電子素子を同一基板上にモノリシック集積したものであり、化合物半導体を材料として構成されることから、光共研では、化合物半導体（特に

表1 光技術共同研究所の概要

- ① 研究目標 OEIC 共通基盤技術の確立
- ② 開所年月日 昭和56年10月1日
- ③ 研究者数 約50名
- ④ 床面積 約2,100m²
- ⑤ 研究費および運営費 約90億円 (60年度分までの累積)
- ⑥ 組織

(電子技術総合研究所)
沖電気工業(株)
住友電気工業(株)
(株)東芝
日本電気(株)
(株)日立製作所
富士通(株)
古河電気工業(株)
松下電器産業(株)
三菱電機(株)
からの出向



GaAs 関連材料)の①基板成長技術、②薄膜結晶成長およびプロセス技術、③材料評価技術を3本の柱とし、6つの研究室(表1の組織図参照)が、緊密な連携をとりながら、補完的に研究を進めている。

① 基板結晶成長技術

GaAsなど化合物半導体結晶は、ボート法(HB)または液体封止チョコラルスキー法(LEC法)により育成されている。光共研では、良質結晶を効率的に育成できる可能性を秘めているLEC法に限って開発を進めている。これまでに、結晶引上げ自動化技術、磁場印加技術、融液その場純化技術、組成制御技術、X線透視観察技術などを開発し、最大径5インチ、転位密度1,000/cm²以下(2インチ径結晶)の大口径高品質結晶の育成に成功している。

② 薄膜結晶成長およびプロセス技術

化合物半導体素子の場合、電子素子に関しては、結晶基板に直接イオン打込みを行なってデバイス活性層を形成することもできるが、光素子では、本質的に多層構造が必要なため、エピタキシャル薄膜成長プロセスの開発が重要課題となっている。実用素子では、現状では液相エピタキシャル法が主体であるが、徐々に量産性や制御性にすぐれた気相法に移行する状況にある。光共研では、気相法のうちでも、分子線エピタキシャル成長法 (MBE 法) および有機金属気相成長法 (MOCVD 法) を対象として開発を進めているが、さらに両者の特徴を併せもつと期待される MOMBE 法の開発にも着手している。

MBE 法に関しては、基板温度、Ⅲ族Ⅴ族分子種フラックス比、砒素源種類など成長条件を制御し、GaAs および AlGaAs の高品質エピタキシャル膜を得ており、また、急峻界面をもつ超格子膜 (MQW) を育成している。さらに、これら成長膜を用いて、MQW レーザを試作し、成長膜の高品質性を検証してきた。

MOCVD 法では、減圧成長を中心に成長実験を行っており、反応中のガス分析を行なって成長機構の解明を図っているほか、GaAs 基板を部分的に Si_3N_4 膜でコートし、選択成長、埋め込み成長に成功している。

化合物半導体では、良質な絶縁膜、金属膜が未開発で、化合物半導体デバイスプロセスの一つのネックになっている。光共研では、 Al_2O_3 、 CaF_2 などの絶縁膜、 LaB_6 などの金属膜の開発を進めている。

プロセス技術に関しては、イオンビーム技術に主力を注いでいる。その第一は、集束イオンビームを用いたイオン打込み技術である。適切な合金イオン源を用い、質量分離することにより、P型(Be)、N型(Si)のイオンを一つのイオン源から取り出すことができる。また、ビーム径が小さい ($\sim 0.1 \mu\text{m}$) ので、偏向電極を用いて、ビームを偏向し、マスクレスで、所要のパターンを打込むことができる。光共研では、こうしたマスクレスイオン打込み装置を開発し、さらに MBE 成長装置と超高真空中で結合させた。この結果、汚染のないフレッシュな成長膜へのイオン打込みができ、サブミクロン精度の三次元構造膜の育成が可能となった。

イオンビーム技術の第二は、塩素ガスを用いた活性イオンビームエッチング技術で、装置の超高真空化と相いまって、GaAs と AlGaAs の垂直等速エッチングが実現している。また、ガス圧、イオン加速エネルギー、基板温度などエッチング条件を最適化させ、ダメージ、汚染の少ないエッチング面を得ることができる。

この技術をレーザー端面形成に適用し、ヘキ開レーザー端面と同等の性能を得ている。

③ 材料評価技術

ホトルミネッセンス (PL)、赤外光吸収 (FTIR)、ラマン散乱、赤外線トポグラフィ、ESR、ホトキャパシタンス、DLTS、SIMS、クーロメトリー、X線トポグラフィ、透過電子顕微鏡、光電子分光、ホール効果測定、高エネルギーイオンスペクトロスコーピーなどの手段を駆使して、総合的に基板結晶、薄膜結晶およびデバイスプロセスの評価を行なっている。

基板結晶に関しては、残留不純物、転位など欠陥の評価、およびストイキオメトリーと固有欠陥 (EL2) の評価を主要課題としている。薄膜結晶では、成長膜の品質の評価、ヘテロ接合、半導体、金属など界面の評価および二次元電子ガス (MQW) の量子効果などを対象としている。また、プロセス技術では、集束イオン打込み層のダメージ評価、活性イオンエッチング面のダメージ、汚染評価などが主要課題となっている。

これらの評価結果は、結晶成長、プロセス技術にフィードバックされ、その高度化に大きく寄与してきた。

3. 光共研での研究と表面科学の係り合い

光共研の研究、ひいてはデバイスへの応用を目的とした化合物半導体研究と表面科学の係り合いには、二つの側面があるように思える。第一の側面は、化合物半導体の表面ないし界面を積極的に使わなければならないというところにある。化合物半導体デバイス特に光デバイスは、界面そのものを使うことが多く、良質の界面が形成できるか否かがデバイス特性に直接関係することが多い。例えば、半導体レーザーの室温連続発振は、良好なヘテロ界面の形成なくしては、不可能であった。また、最近では、量子井戸レーザー、HEMT のように超格子構造を利用したデバイスの開発が進められているが、こうしたデバイスでは、良質界面を形成する技術を確立することがますます重要となっていく。こうしたテーマに関連した研究の例として、光共研では、RHEED で観察しながら、MBE 成長を行ない、適切な時期に成長を中断することにより、界面が急峻化すること、さらに急峻さの程度をエキシトン発光スペクトルから評価できることを示した。また、MBE 成長を中断し、マスクレスイオン注入により所要の不純物パターンを書き込んだ後、再び MBE 成長させて形成した界面の特性を、ホトルミネッセンス強度、SIMS 分析などで評価し、良好な界面形成のできる条件を明確にしている。こうした例にも示されるように表面、界面を積極的に利用するために、表面科学に依存するところが大となっている。

第二の側面は、表面ないし界面の劣化を防ぐ必要があるという点である。化合物半導体表面は、反応性に富み、しかも Si に於ける SiO_2 膜のような表面を保護す

る適切な被膜が存在しない。電極用金属と化合物半導体表面との反応は、常に留意しなければならない問題点になっている。また、一度表面が汚染されると、その汚染を除去するための適切な手段が未開発である。したがって、化合物半導体デバイスを作成するためには、プロセスの途中で試料を空气中にさらすことなく、超高真空中で連続して処理する真空一貫プロセスが必要となることも多いに考えられることである。光共研で行なっているマスクレスプロセスの開発、マスクレスイオン打込み装

置と、MBE 装置の超高真空結合は、こうした考え方を背景にしていることは、言うまでもない。

さらに、デバイスの長期信頼性を向上させるためにも清浄表面を維持する保護膜の重要性が指適されている。

このように、二つの側面どちらから見ても、化合物半導体材料研究に於いて、表面科学の重要性は明確であり、光共研における研究の大部分は、なんらかの意味で表面科学と関連していると言っても過言でない。