

リベール社の分子線エピタキシ (MBE) 装置

小 平 淳 二

伯東株式会社 〒160 東京都新宿区新宿 1-1-13

(1982年5月11日 受理)

ISA RIBER's Molecular Beam Epitaxy System

Junji KOHIRA

HAKUTO CO., LTD.

1-13, Shinjuku 1-chome Shinjuku-ku Tokyo JAPAN 160

(Received May 11, 1982)

The latest state of ISARIBER's molecular beam epitaxy systems is outlined and a review is given of their development history.

1. はじめに

ISA リベール社 (仏国) は、超高真空装置と表面分析装置を主な製品としており、1973年頃 MBE 装置に注目し、1975年に1号機を納入して以来現在までに欧米、日本その他合計約70台の受注実績を持つに至っている。MBE装置に要求される技術分野の特殊性と同社が予てより駆使していた製造技術とが合致し、納得のゆく装置を世に送り出せる結果になっていると思われる。以下に1975年以来現在に至るまでの研究者の要求の変化に対応した装置デザインの変遷と、最新の MBE-2300 型の詳細について述べる。

2. MBE 装置の変遷

1975年にリベール社で最初に製作された MBE-500 型は MBE 装置の原形とも言えるもので、超高真空蒸着装置に液体窒素シュラウド、高温基板加熱、Q-Mass, RHEED, AES, SIMS 等必要な装備を総て成長室に集中させ配置したものである。超高真空を達成する時間を短縮する為、当初からロードロック室を取付けられる構造になっている。セルは成長室下部に上方に開口して液体窒素シュラウドで囲まれており、イオンポンプは成長室に対しオフセットに位置している。成長室の中・上部には RHEED, AES 等が取付き、基板 (最大1インチ) の最大出し入れはロードロック室を経由するマグネット

カップリング式トランスファロットを使用している。

ここで興味深い事は、他装置製造業者にさがけて、その必要性が議論されたセルの周囲と、基板の外周の両方に独立した液体窒素シュラウドを当初より設けていた点である。

その後1978年頃 MBE-1000 型が開発された。第一世代の500型の補正されるべき部分を研究者からの助言を盛り込んで設計された第二世代の MBE 装置と言える。成長室に総ての必要装備を組込んだ設計から、成長のために必要最小限の装備のみを成長室へ残し、他は別の真空室へ取付けられる構造になっている。すなわち、成長室にはセル、Q-Mass、基板ホルダ (マニピュレータ)、RHEED 等のみを設備し、表面分析 (SIMS, AES, ESCA 等) および基板の前処理は別の真空室、“表面分析室” “プリパレーション、ロードロック室” に分けて行なえるように設計された。いうまでもなくアウトガス、汚染等を極小にする為と、逆に、成長ビームによる各プローブの汚れから起こる性能の変化を避ける為である。1000型は、装置中央にロードロック室、左右にそれぞれ表面分析室と成長室を配し、表面分析室側へ設けられた一本のトランスファロットによりこの独立した三室へのサンプルの出し入れが自由な構造になっている。取扱える基板は1.5インチまでとし、各室間はメタルあるいはバイトンゲートバルブで仕切られている。液体窒素シュラウドは500型同様セル及び基板外周に独立して設

けられ、表面分析室には AES と SIMS あるいは ESCA 等が組み込めるように設計されている。又、ロードロック室には複数の基板が収納でき、加熱と低加速イオン銃によって基板表面の浄化ができる。排気系は各室下部のポンピングウェルにオフセットでイオン、チタンサブリメーションポンプが取り付け、荒引きはクライオソーブションによる乾式を採用している。恐らくコマーシャルベースで製造された世界最初の三室方式 MBE 装置といえるであろう。

1980 年の中頃、研究者の要求が多様化するに伴い MBE-2300 が開発された。取扱う基板の大口化と容易な操作性、さらには複数の成長室分析室、電子ビーム蒸発源、特殊セル（ガスクラッキング、クラッキング、ロードロック等）、成長室へのイオンビーム、レーザー光、電子ビーム等の導入など研究者の要求を満たす為である。以下に MBE-2300 型の詳細について述べる。

3. MBE-2300 型に関して

MBE-2300 型には 2 種の型格がある。2300 “P” 型と 2300 “R. D” 型がそれぞれである。P はプロダクションを、R. D は研究開発用をそれぞれ意味している。

R. D 型 (Fig. 1) は MBE-1000 型とほぼ同様の成長室で設計されており、異なる点は成長室の隣に表面分析室が、又その隣にロードロック室が連なっていることである。このことは、ロードロック室を介在して他の装置、例えば金属膜や絶縁膜の蒸着装置やイオン注入装置などへの接続を容易にし、又分析室を、ロードロック室から成長室に至るまでの超高真空のパツファ領域とみなす利用価値もある。成長室へは水平に対し 5° から 32° 上方に開口する 8 本のセルが取り付けられ、周囲は液体窒素シュラウドによって囲まれている。垂直になっているセルフフランジには要求により成長中にイオンビームやレーザー光などを導入できるポートが標準装備できるよう考慮

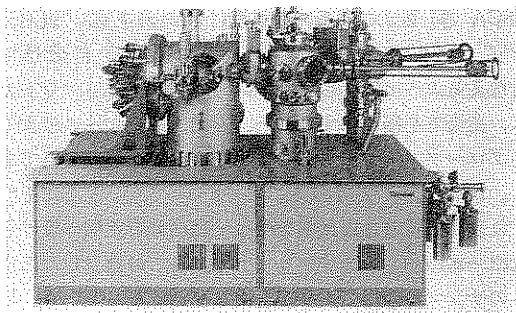


Fig. 1 MBE-2300 R. D 型

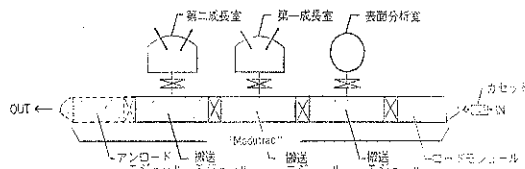


Fig. 2 MBE-2300 P 型 概略平面図

されている。サンプルマニピュレータは 2 インチあるいは 3 インチ基板を収容でき、0 から 20rpm まで可変であり、かつ連続回転が可能である。マニピュレータの操作を容易にする為、RHEED スクリーンがすぐ横に位置しているのも特徴といえる。Q-Mass はその背面に位置し、ポールの汚れを少なくする為クロスビームでモニターできるよう配慮されている。成長室と分析室はオールメタルのゲートバルブで分離され、分析室には独立した X, Y, Z 及び 2 種の回転可能なマニピュレータが取り付け、種々の表面分析装置が使用でき、又ロードロック室では基板加熱及びイオン銃によって表面浄化ができる構造となっている。

一方 P 型は成長室とそのゲートバルブまでは R. D 型と全て同様であるが、Fig. 2 のように複数の基板をカセットに載せて導入する為の工夫が凝らされている。この長い管を“Modutrac”と呼んでいるが、必要に応じてゲートバルブで仕切られ、独立した排気系を持つ。これらは成長室や分析室への搬送モジュール、表面処理や基板の出し入れのためのロードアンロード/モジュールなどその目的に応じて追加削減が自由である。従って将来プランが拡大した時、このモジュールを追加することにより第二成長室、第二分析室を容易に増設でき、かつ真空中において他の装置への基板搬送も大きな設計変更を伴わずに行なえる点が興味深い。このモジュール内に垂直に置かれたカセット上の基板の移動は鎖と回転導入端子を用いた単純なメカニズムによっており、そのモジュールと成長室などへの直行方向への基板搬送はマグネットカップリング式トランスファロッドによって行なう。ここで“P”を生産用と前述しているが、成長の自動化（レートフィードバック機構）や基板搬送の自動化などが未だ成されていない現状で、この装置が果して生産用であるかとの疑問は否めないとの指摘もある。

最後に、装置使用上起る諸問題、膜厚の均一性、不純物汚染、多元系の組成制御、スピッツ (ODD)、真空度並びに排気方法、さらには今後のリベール社が指向しようとしている装置開発の方向等について言及すべき点が山積しているが、紙面の関係からこれを省略する。