

CONFERENCE REPORTS (1)

第3回 MOVPE 国際会議

真下正夫

光技術共同研究所 〒211 川崎市中原区上小田中 1333  
(1986年8月16日受理)

The Third International Conference on  
Metalorganic Vapor Phase Epitaxy

Masao MASHITA

Optoelectronics Joint Research Laboratory  
1333 Kamikodanaka, Nakahara-ku, Kawasaki 221  
(Received August 16, 1986)

現在、有機金属化合物を原料とする気相エピタキシ (Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, MOVPE) は分子線エピタキシ (Molecular Beam Epitaxy) とともに重要なエピタキシャル技術の1つとなっている。特に MOVPE は量産技術としての期待が大きく MOVPE に関する国際会議 (International Conference on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, ICMOVPE) も今回で第3回を迎えた。第1回は1981年4月フランス、コルシカ島、第2回は1984年4月英国シェフィールド大学でそれぞれ開催された。今回の第3回国際会議 (ICMOVPE III) は1986年4月13日から17日まで米国カリフォルニア、ユニバーサルシティのシェラトンホテルで盛大に行われた。

参加者数は381名で第1回および第2回の112名および250名に比べると大変な伸びである。これは MOVPE 技術がますます重要な技術となっていることを意味している。国別では開催地の米国が半数以上を占め265名、英国36名、日本25名、西独18名、フランス13名と続く。日本からの参加者は半導体産業の不景気を反映してか第1回8名、第2回22名に比べて控え目な伸びである。セッション名と発表件数を Table 1 に示す。これらのセッションは同一会場でシリーズに開かれたので参加者はすべての講演を聞くことができた。発表総数は125件で、そのうちポスターは56件であった。招待講演は主要なセッションで1件に限られたため前回の14件から5件ときわめて少なくなっている。

会議は全体的に MOVPE の反応や成長の機構に立ち入って議論される場合が多く、MOVPE の基礎過程に対する関心の強さを窺い知ることができた。反応の詳細を知るためにはその場 (in-situ) 観察が必要であるが赤外吸収、ラマン分光、質量分析などを使った発表が8件

Table 1 Number of papers

Session	Oral	Invited	Late news	Poster
1 Sources				6
2 Reactors	6			7
3 Safety	5			
4 Basic Studies and Novel Techniques	4			7
5 Plasma and Laser Assisted Growth	3	1		
6 III-V Compounds	19	1	1	24
7 GaAs on Si	5	1		
8 II-VI and IV-VI Compounds	6	1		9
9 Quantum Wells and Superlattices	5		1	
10 Optoelectronics	8	1	1	3
Total	61	5	3	56

あった。Naval Research Laboratory では有機金属の熱分解が詳細に調べられていて、trimethyl gallium (TMG) と trimethyl aluminum (TMA) では Butler の赤外吸収法によれば TMG より TMA の方が分解温度が高く、Squire の multiphoton ionization mass spectrometry によれば TMA より TMG の方が分解の活性化エネルギーは大きく、それぞれ 13 kcal/mol および 30 kcal/mol であった。一見相反するこれら2つの結果は装置や条件の差を考慮しないと理解できない。ガス同志の相互作用を調べることは反応機構を探る上で大切である。AsH<sub>3</sub> の分解が TMG の存在によって促進されることは知られている。Denbaars (Univ. Southern California) は TMG の分解が基板や AsH<sub>3</sub> の存在に影響されないことを赤外吸収を用いて結論した。一方、真下 (光共研) は質量分析により triethyl gallium (TEG) の分解が AsH<sub>3</sub> の存在によってわずかながら促進されることを報告した。MOVPE の反応過程についてはまだ研究者に共通の認識が得られておらず当分は種々の研究結果を基に議論を重ねることになる。

最近ではガスの精製技術の進歩により有機金属化合物、特に TMG の純度は年毎に向上している。しかし、その熱分解で発生する炭素による成長膜の汚染は本質的な問題としてクローズアップされている。Kuech (IBM) は TMA, triethyl aluminum (TEA), TMG および TEG の4種類の組み合わせから成長した GaAlAs 膜を比較して TMA に炭素汚染の原因があることを結論した。これを受けた恰好で Bhat (Bell C. R.) は TMA のメチル基1個を水素で置き換えた dimethyl aluminum hydride (DMAH) を用いて AlGaAs 膜のカーボンア

クセプタを減少させた。

GaAs on Si, Quantum Wells and Superlattices, Plasma and Laser Assisted Growth 等は極めて新しい分野であるが MOVPE 技術の将来方向を示唆しているようで注目される。秋山(沖電気)は招待講演で二段成長法による GaAs on (100) Si に FET や LED を作製し、それらの特性を発表した。GaAs on Si は GaAs 素子と Si 素子の集積化が期待されるが当面は太陽電池などへの応用が考えられている。ただし、基板のそりに現われた内部応力の問題があり(曾我, 名大), 特に素子の信頼性については未知数である。Quantum Wells and Superlattices では MBE とは事情が異なり界面の急峻性についての議論は始まったばかりで成長技術に主に努力が払われているようである。MOVPE は化学反応を伴うのでプラズマや光の照射は反応の促進には有効であろう。Heinecke (Aachen Tech. Univ.) は AsH<sub>3</sub> をプラズマで分解して GaAs の成長温度を 670 K まで下げた。Larciprete (Max-Planck-Institute) はエキシマレーザーを使って照射部を選択成長させた。終本(東工大)は照射によって AlGaAs の Al 組成やキャリア濃度の変わることを報告した。

日本では最近原子層または分子層エピタキシーが学会を賑わしているが今回の会議ではわずかに Tishler (North Carolina State Univ.) の 1 件のみであった。残念ながら彼らの方法はⅢ族原料とⅤ族原料とを機械的に切り換えるもので余り興味をそそるものではなかった。今回の会議ではこの分野で是非日本からの発表を望みたい。

さて、MOVPE が MBE と比較して簡便な成長法にもかかわらず一部敬遠される理由は毒性の強い AsH<sub>3</sub> や PH<sub>3</sub> を使うところにある。Larsen (Univ. Utah) は PH<sub>3</sub> の代りに毒性の弱い *t*-butyl phosphine や isobutyl phosphine を使って InP を成長し、膜の特性に問題のないことを報告した。この種の研究は大いに歓迎されるべきものであるが材料メーカーとユーザーの連携が重要となろう。

これまで述べた発表はすべてⅢ-Ⅴ化合物に関するものであるがそれらは他の材料に比べて圧倒的に多かった。しかもそのうち、GaAs および AlGaAs が大半で、他に InGaAs, InP, GaAsP, GaInP, GaInAsP, InGaAlP などに関して報告があった。Ⅱ-Ⅵ化合物では赤外検出器用としてバンドギャップの狭い CdTe や CdHgTe (CMT) の研究が盛んである(10件)。一方、バンドギャップの広い ZnSe や ZnS は青色発光素子を目的に研究が進められている(5件)が道のりは長いようである。

以上、表面科学の読者に興味をもたれそうな発表について報告したが詳細には立ち入らなかった。会議の Proceedings は近々発行される J. Crystal Growth に掲載される予定であるので参照していただきたい。次回国際会議(ICMOVPE IV)は2年後の1988年に日本で開催される予定である。MOVPE は表面反応が key point であり、“表面科学”的のアプローチが必要である。次回会議には表面科学の専門家の参加を是非期待したいものである。