

## CONFERENCE REPORT (3)

# MBE Workshop から

冷水 佐 壽

富士通研究所 〒 211 川崎市中原区上小田中 1015

(1981年3月12日受理)

### 1980 MBE Workshop

Satoshi Hiyamizu

Fujitsu Laboratories Ltd.,

1015 Kamikodanaka, Nakahara-ku, Kawasaki 211

(Received March, 12, 1980)

The Second International Workshop on Molecular Beam Epitaxy (MBE), which is the largest conference on MBE in the world, was held at Cornell University (Ithaca, New York, U.S.A.) on October 21st and 22nd, 1980. In the workshop (141 participants, including 3 from Japan) 34 papers on the research and development of MBE of, for the most part III-V compound semiconductors were presented.

Molecular Beam Epitaxy (MBE) は、超高真空装置 (到達真空度  $10^{-10} \sim 10^{-11}$  Torr) の中で、結晶の構成元素である数種類の元素を別々に温度コントロールされた蒸発源から蒸発させ、それらを加熱した基板上に当てて、そこに高品質の薄膜結晶をエピタキシャル成長させる技術である。MBE は、ほぼ 12 年前からアメリカで研究され始めた比較的新しい結晶成長技術であるが、この方法で従来の成長方法によるものと変わらない品質の半導体結晶を作成できるだけでなく、GaAs-AlAs 超格子構造の作製例にもみられるごとく単原子層レベルで薄膜の膜厚のコントロールができるなど優れた特徴を持つために、最近注目されている結晶成長技術である。主として、Si 及び、II-VI、III-V 化合物半導体の成長に利用されている。

The Second International Workshop on Molecular Beam Epitaxy (1980 MBE Workshop) は、1980年10月21日と22日の2日間、カエデの紅葉の美しい Cornell 大学 (Ithaca, New York) で開催された。1973年 Illinois 大学で開かれた第1回 MBE Workshop (発表論文20件、参加者80名) に比べると、今回は外国からも多くの参加者があり (日本からも3人参加した) 参加者総数は141名で、34件の論文が発表された。発表論文及び参加者の国別リストを表1と表2に示す。

表1 発表論文

アメリカ	25
イギリス	3
日本	2
フランス	2
スウェーデン	1
ドイツ	1
計	34

表2 参加者

アメリカ	115
イギリス	10
フランス	4
日本	3
カナダ	2
ドイツ	2
イタリア	2
スウェーデン	2
オーストラリア	1
計	141

この Workshop は、MBE に関して最も研究・開発の進んでいるアメリカで開かれたものだけに、質、量共に最高の MBE に関する会議であると思われる内容のものであった。発表論文の中でもとりわけ、MBE の精密な膜厚の制御性を利用して作成された微細な膜構造を

有する全く新しい半導体薄膜 (主として GaAs 系の化合物半導体) の物性とその電子素子への応用に関する発表が多く、関心を集めていた。それらは、選択ドーピングした GaAs/N-AlGaAs ヘテロ構造に於ける高移動度電子 (高速トランジスターへの応用), GaAs 中への不純物のプレーナドーピング (整流素子), 傾斜型ヘテロ接合 (オーミックコンタクトの改善, 整理素子), 弾道型輸送現象 (高速デバイス), 微細な半導体次元ワイヤー構造の検討 (高電子移動度効果, 高速デバイス) 等である。又, MBE が実用的な結晶成長技術になりつつある現状を反映して, MBE 装置の改良に関するものとして, 回転式基板ホルダーの採用 (大面積にわたる高均一なエピタキシャル膜の作成) やアルシン (AsH<sub>3</sub>) ガスを As 分子線源として用いる試み (結晶の高純度化と生産性の向上) などが注目された。全般的に, MBE の研究領域は拡大しつつあり, バリエティーに富んだテーマの下に, ますます盛んに研究されつつあるとの印象が強かった。

終りに, 今回の MBE Workshop で発表されたすべての論文の題目, 発表者, その所属機関を示す。なお, 第3回 Workshop は, 1981年9月頃 California 大学 (Santa Barbara, California) で開かれる予定である。

発表論文リスト

- 1) Recent Progress in MBE (A. Y. Cho, Bell Labs.)
- 2) MBE Growth of GaAs and GaAlAs for Optoelectronic Components (G. Weimann, Forschungsinstitut der DEP)
- 3) Growth and Characterization of MBE AlGaAs (D. M. Collins, Hewlett Packard Labs.)
- 4) Photoluminescence of Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As Grown by Molecular Beam Epitaxy (W. I. Wang, Cornell Univ.)
- 5) Electrochemical Sulphur Doping of MBE GaAs (G. Davies, British Post Office Research Office)
- 6) Selectively Doped GaAs/N-AlGaAs Heterojunctions Grown by MBE (S. Hiyamizu, Fujitsu Labs.)
- 7) Luminescence Properties of Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As-GaAs Multi-quantum Well (MQW) Structures and Double Heterostructures (DH) Grown by Molecular Beam Epitaxy (P. M. Petroff, Bell Labs.)
- 8) Growth Temperature Dependence of the Properties of GaAs-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As Multi-Quantum Wells Structures (P. M. Petroff, Bell Labs.)
- 9) The High Temperature (55-70°C) Device Characteristics of CW (AlGa) As DH Proton-Bombarded Stripe Lasers Grown by Molecular Beam Epitaxy (W. T. Tsang, Bell Labs.)
- 10) MIS Structures Using Oxidized AlAs Films Grown by MBE (G. Y. Robinson, Univ. of Minnesota)
- 11) Future Use of MBE for Microwave and High Speed Electron Devices (L. F. Eastman, Cornell Univ.)
- 12) Ternary Heterostructures for Microwave Devices (C. E. C. Wood, Cornell Univ.)
- 13) Graded Barriers by MBE for Non-Linear Current Conduction (A. C. Gossard, Bell Labs.)
- 14) GaAs Planar Doped Barriers by Molecular Beam Epitaxy (R. J. Malik, U. S. Army Electronics Technology and Devices Lab.)
- 15) Selective Area Epitaxy for GaAs Digital Integrated Circuits (G. M. Metzger, Cornell Univ.)
- 16) MBE in III-V Multibandgap Solar Cell Research (D. L. Miller, Rockwell International Electronics Research Center)
- 17) The Application of MBE to Large Scale Thin Film Cu<sub>x</sub>S/CdS Photovoltaics (K. J. Matysik, SES and Univ. of Delaware)
- 18) Zinc Ion Doping of InP by MBE (R. M. Park, Univ. of Glasgow)
- 19) Recent European Developments in MBE (R. F. C. Farrow, Royal Signals and Radar Establishment)
- 20) Surface Phases of GaAs and AlAs and AlAs (100) (R. Z. Bachrach, Xerox Palo Alto Research Center)
- 21) Schottky Barrier Height of Al-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As (K. Okamoto, Cornell Univ.)
- 22) Al on GaAs (100): Crystal Structures and Interface Reactions (G. Landgren, Uppsala Univ.)
- 23) Structure of Thin Metal Films Deposited onto GaAs (100) by MBE (J. Massies, Thomson-CSF)
- 24) Properties of Aluminum Epitaxial Growth on GaAs (P. M. Petroff, Bell Labs.)
- 25) Single Crystal Al-GaAs Mixer Diodes Prepared by MBE (M. V. Schneider, Bell Labs.)
- 26) AES Studies on MBE Grown GaAs (100) Using Computer Analysis (T. Anderson, Chalmers Univ. of Technology)
- 27) On the Use of Arsine in the MBE Growth of GaAs (A. R. Calawa, Lincoln Labs.)
- 28) Ohmic Contacts to n-Type GaAs Using MBE Grown Graded Band Gap Layers of Ga<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>As (J. M. Woodall, IBM T. J. Watson Research Center)
- 29) Use of Molecular Beam Epitaxy for the Achievement of Low Resistance Intercell Contacts in Multiband Gap Solar Cells (P. Bouchaib, I. S. A. Riber)
- 30) The Growth of Uniform In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As on InP by MBE with a Coaxial In-Ga Oven (K. Y. Cheng, Chung-Cheng Institute of Technology)
- 31) Ge-GaAs Superlattices by Molecular Beam Epitaxy (C. A. Chang, IBM T. J. Watson Re-

- search Center)
- 32) Fermi Energy in Semimetallic InAs-GaSb Superlattice (N. J. Kawai, Cornell Univ.)
- 33) Scattering Suppression and High Mobility Effect of Size-Quantized Electrons in Ultrafine Semiconductor Wire Structures (H. Sakaki, Univ. of Tokyo)
- 34) Incorporation of SnTe in MBE GaAs (Y. G. Chai, Varian Associates, Inc.)