

CONFERENCE REPORTS (3)

イオン工学に関する国際会議

—ISIAT '83 & IPAT '83—

山 田 公

京都大学イオン工学実験施設

〒606 京都市左京区吉田本町

(1983年11月17日 受理)

Conference report. International Ion
Engineering Congress
—ISIAT '83 & IPAT '83—

Isao YAMADA

Department of Electronics, Kyoto University

Yoshidahoncho Sakyo-ku Kyoto-shi 606

(Received November 17, 1983)

イオン工学に関する国際会議 (International Ion Engineering Congress: ISIAT '83 & IPAT '83) (組織委員長 岡村総吾 東京大学名誉教授, 実行委員長 高木俊宜 京都大学教授) が1983年9月12日から16日までの5日間, 国立京都国際会議場で24ヵ国から747名の参加者を得て開催された。

会議の初めにコペンハーゲン大学のG・シデニウス教授の「イオン源の歴史と将来展望」と京都大学の高木俊宜教授の「イオン工学におけるイオンの役割」と題した記念講演が行われた。また会議の終りには, 東京大学平尾泰男教授の「イオンビーム応用としての加速器」, サルフォード大学のD.G. ティアー教授の「イオンとプラズマを基礎とした関連技術に関する国際会議の発展」と題した記念講演で締めくくりがおこなわれた。

この間各セッション別に会議がおこなわれ海外から112編, 国内から181編の論文が発表された。また特別の企画として, 海外のイオン工学関係の代表的メーカー9社によるテクニカルスクール「我々の装置で何が出来るか」をテーマに活発な討論がおこなわれた。この他, イオン工学関連機器の展示会, テクニカルビジットと題して電気関係メーカーへの見学会も催されるなど, 基礎的学問分野から実用応用面に至るまで, 広範囲で, しかも高度の先端技術に関係した会議は成功裡に終わった。

本会議のセッションは次のように分けられた。(1)イオン源, (2)プラズマ化学, (3)イオンを基礎とした薄膜形成 (コーティング, エピタキシーなど), (4)イオンによる表面処理技術 (エッチング, リソグラフィなど), (5)イオンビームモディフィケーション (イオン

注入による表面物性制御, 半導体へのイオン注入など), (6)蒸着, エッチング, イオン注入に関連した装置, (7)核融合におけるイオンビーム技術, (8)同位体分離, (9)表面分析, 表面物理。これらの論文のプロシーディングは会議の初日に間にあうよう用意され, 3分冊1989頁に及ぶ。本プロシーディングはイオン工学に關係する各分野の第一人者によるレビューペーパーから最近の研究成果に至るまで網羅されているので, 本書によって技術者研究者達に最も新しい情報が提供できるものと思われる。

表面科学に關係あるセッションには, 前述のセッション名(2)(3)(4)(5)および(9)がある。本報告では, 国際会議報告を集約するのではなく, これらを総合して現状の問題点の指摘, 将来の展望などをおこなう。

本会議で報告されたイオンの効果を用いた薄膜形成技術を大別すると三つの分野になる。第一はプラズマ領域内で基板上に物質を堆積する方法であり, これはプラズマ化学にも關係するが, 27件の論文が報告された。この分野では有機物のポリメライゼーションの研究が一般的であるが, 最近では無機物の合成も活発におこなわれつつある。今回の会議ではZr, Ti, Siなどの窒化, プラズマ中で蒸気させた金属とプラズマガスとの反応によるInN, GaN, AlNなどの超微粒子の形成などがある。またアモルファスシリコンの薄膜形成についてもかなり多数の報告があった。プラズマの形成方式では直流放電, 高周波放電さらにマイクロ波放電に至るまで各種の方式が用いられ始めた。第二の分野は, イオンプレーティング, イオンビームデポジションに関するもので85件の論文の報告があった。この分野では日本およびアメリカを中心に半導体デバイスに関連した論文が主であるのに対して, イギリスを始め西欧, 東欧から報告された論文はそのほとんどが表面硬化, 表面耐蝕化, 耐摩耗化などに関連している。半導体デバイスを指向した技術では, 発生したイオンを高真空中にとり出して利用する方法が有利であるが, 表面硬化など表面層処理には低ガス圧中で処理する方法が簡単で効果的である。両者の境はガス圧に相当する平均自由行程で決まり, その値は $10^{-4} \sim 10^{-3}$ Torrである。プラズマ中で膜形成をおこなう方式では蒸着しようとする物質のイオンや中性粒子の他に放電維持用ガスや残留ガスイオンの入射を伴い, その入射エネルギーと量が重要になる。イオンビーム法では基板付近の真空度が良いので加速イオンとの衝突で生ずる高速中性粒子やこれらのラジカルが基板に作用する確率は少ない。従って不純物混入やイオンの衝撃効果が制御でき半導体などに関連した膜形成に適している。前者の例として, InN, Al-Zn, ITO, TiO₂, ZnO, PbS, TiN, B,

ThOx, MoSx, (Hg_{1-x}Cd_x)Te, GaSb, Cr, Hf-N, TiN, TiC, TaN, 後者の例として, Si, GaAs, a-Si: H, SiO₂, Ge, FeSi₂, Al, SiC, FeOx, CaTe, アントラセン, 銅フタロシアニン等が報告された。問題を半導体応用技術に限ると, イオンビーム技術はプロセスが制御性に富み, 低温成長が可能で, 界面特性が良好であると言う特長から, 将来の微細構造デバイスの製作技術に適していると言う結論がこの分野の出席者の一致した意見であった。しかし, 本技術が現存のプロセス技術で充分その本命を達していないのは, 単に新技術であり歴史が浅いと言う理由に依るものではないと思われる。筆者はプラズマプロセスでは, あまりにも多くの不要なイオン, 例えば放電維持用ガスイオンなどが生成され, これを制御することが困難であるために電荷蓄積によるデバイスの損傷, 絶縁物破壊, 不純物混入が生ずるからであると思われる。従って如何に必要最小限度のプラズマ密度でプロセスに必要な特性を持つイオンを作るかがポイントのように思われる。一方高い真空中にイオンを引き出す方式では, 固体結晶中の原子の変位が数十eV 付近であることを考慮すると, この程度の極めて低いエネルギーのイオンビームが重要であり, これを用いたプロセス技術の開発が必要である。しかし, このようなエネルギーのイオンビームを大量輸送することは極めて困難であるのでその解決策が望まれる。本会議で報告されたクラスタイオンビームによる薄膜形成法や, 極低エネルギーイオンビーム蒸着に関する報告はその嚆矢であろう。

イオンビームによる表面処理技術では, 集束イオンビームを用いたパターン転写技術, 高精度エッチングなどの報告が多い。特にイオンビームを用いたマスクレス加工は将来半導体デバイス製作技術として重点的に研究がおこなわれている。これには液体イオン源を用いた装置の開発が不可欠で, 高輝度化, 大電流化, 長寿命化な

どが要求されている。すでに低融点金属では100時間以上の寿命で1 A/cm²以上の電流密度のものが報告されたが, 全電流がピコアンペアのオーダーであるので今後大電流化の研究が待ち望まれている。イオンビームによるエッチング関係では, 0.1 μm MOS デバイス製作技術が可能となったが, さらにエッチングのパラメータの精度の良い制御が必要とされている。このためには, 薄膜形成の項でも述べたが, 複雑なプラズマのパラメーターを制御しなければならないと報告している。一方光とプラズマを組み合わせた複合技術を用いて, 表面損傷を軽減する技術などが重要であるとして提案されている。

イオンビームモディフィケーション技術では, 大電流イオン注入装置の開発に伴ない, 応用範囲が広がった。注入による結晶相の変化, 埋め込み導電層や絶縁層の形成など, 物理的, 化学的物性の制御や新しいデバイス形成法が試行されつつある。

表面物理や表面分析の分野では, 広範囲のエネルギーでのイオンの注入深さやスパッタ収率の基礎研究からイオンを用いた各種の分析にかかわる研究報告があり, 地道にイオンビーム工学の基礎現象, 基礎技術に関係した研究がおこなわれている。これらは将来の技術の発展に重要な役割を演ずるものと思われる。

尚, 本会議はイオン工学に関する2つの会議が, 初めて合同して開催されたものであり ISIAT は Ion Sources and Ion Assisted Technology の略で, 1977年2月国内シンポジウムとして発足, 毎年東京で開催され, 本年度で第7回になる。一方 IPAT は Ion and Plasma Assisted Techniques の略で 1977年英国エジンバラで国際会議として発足, ヨーロッパを中心に2年に一回開催され本年度は第4回目となる。

プロシーディングについては京都大学工学部イオン工学実験施設にお問い合わせ下さい。