

IIT '88 国際会議報告

IBMM '88 国際会議報告

城戸 義明・野田 正治

豊田中央研究所
〒480-11 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道

(1988年9月5日 受理)

Report on IIT '88

Report on IBMM '88

Yoshiaki KIDO and Shoji NODA

Toyota Central R&D Laboratories, Inc.
Aza Yokomichi, Oaza Nagakute, Nagakute-cho,
Aichi-gun, Aichi-ken 480-11

(Received September 5, 1988)

IIT '88 国際会議報告

第7回イオン注入技術 (Ion Implantation Technology; IIT) 国際会議が、1988年6月7日から10日まで、京都宝池国際会議場で開かれた。この会議は、半導体へのイオン注入 (Ion Implantation in Semiconductors, 1970-1976) 国際会議を発展的に継承したもので、英国 Salford での第1回 (1977) を皮切りに2年に1度開催される。この会議の主テーマは、イオン注入装置開発に関連するハードウェアとイオン注入の各種デバイス製作への応用に関するものであった。しかし今回の会議は近年のイオンビーム技術の発展とその応用分野の拡大を考慮し、イオンビームによる製膜、微細加工から表面界面のキャラクタリゼーション、またイオンビームと固体との相互作用も含め討論された。このため、今回の参加者数は451名、発表論文253件 (うち口頭発表102件) と前回 Berkeley の規模を大きく上回った。円高による外国からの参加者の減少が懸念されたが、21カ国141名の参加があり、この分野の内外の関心の高さをうかがわせた。なお関連する国際会議としては、イオンビームによる物質改質 (Ion Beam Modification of Materials; IBMM)、イオンビームによる金属表面改質 (Surface Modification of Metals by Ion Beams; SM²IB) に関するもの等がある。

セッション開始に先立ち、議長の高木京大名誉教授により本会議の位置づけとイオンビーム技術の将来展望が

述べられた。特に、イオンビームによる材料開発はソフトとハードが一体化した形のものに発展展開しつつあるという指摘は印象深い。次いで、(1) VLSI へのイオン注入の応用 (赤坂, 三菱電機), (2) イオンビーム蒸着による材料開発 (B. R. Appleton, Oak Ridge), (3) イオンビームによる材料改質 (J. W. Mayer, Cornell Univ.), (4) 半導体生産用の新しいイオンビーム装置 (P. H. Rose, Eaton Corp.) の総合講演が行なわれた。(3) のイオンビーム蒸着は、超高真空下ビームエネルギー 10-500 eV で ³⁰Si⁺, ⁷⁴Ge⁺ を Si(100), Ge(100) 上でエピタキシャル成長させたもので、高純度の薄膜を制御性よく低温で形成できる利点があり、量子井戸形成等への応用が見込まれる。また、³⁰Si, ⁷⁴Ge アイソトープを使うことで、界面及びエピタキシャル膜形成過程を原子レベルで探ることができ、今後の成果が注目される。(3) で特に興味深かったのはイオンビームミキシングで、層厚比や照射温度を適当にコントロールすることにより種々の準安定相を形成でき、ユニークな物性を持った新しい相形成が期待される。

今回の会議では、“eV から MeV まで” をキャッチフレーズとして、以下のセッション構成によって活発な討論がなされた。

①イオン源, ②イオンビーム論送, ③イオン注入とイオン固体相互作用, ④新しい注入装置, ⑤新材料とデバイス応用, ⑥VLSI と新素材のための新技術, ⑦トピックス

このうち、④の注入装置関連の発表が最も多く (62件)、ついで⑥の VLSI と新素材に関するものが50件で、この2つで全体の半数を占めたことになる。以下、各セッションでの興味深く思われたテーマを簡単に紹介したい。

イオン源のセッションで目立ったのは、負イオン源、マイクロ波イオン源、金属イオン源に関するもので、大電流、長寿命、広い照射面積などを指向したものである。前回に引続き、米国 Eaton Corp. と NTT との共同開発による大電流 O⁺ イオン源開発が注目された。イオン源はデュオピガトロンを ECR イオン源にかえることにより、最大電流 200 mA, 200 時間の連続運転を可能にした。また、今回は偏極イオン源に関する発表が2件 (Los Alamos, KEK) あり、偏極電子ビームとひと味違う最表面の磁性研究への応用が期待される。イオンビーム輸送では、高収束イオンビームのリソグラフィへの応用、MeV 軽イオンのマイクロビームとラジオ波四重極加速器 (RFQ) の開発が主テーマであった。RFQ は MeV イオン注入への対応を目指したコンパクトな構造

であるが、電流値やハンドリングなどまだ未解決の問題も多いようである。

セッション③,④では、イオンビーム分析関連で低エネルギーイオン散乱による表面構造解析(青野, 理研)と散乱反跳粒子を大立体角で同時計測する手法(W. K. Chu, Univ. North Carolina)の報告があった。前者は 180° 後方散乱イオンを飛行時間法によって中性粒子も検出可能にした画期的なもので、将来 MBE 等の装置に取り付け可能になるものと思われる。後者の場合試料が薄膜に限定されるのが難点だが、水素の高効率検出に有用な手法といえよう。単結晶試料にイオン注入する際問題となるのがチャネリング効果で、これはドーパントの深さ分布にバラツキを生みデバイスパラメータの一様性を損なう。対策として、ビームと基板の角度を 90° からずらしたり表面に酸化膜を付けることなどが行われてきた。会議では、最適な傾斜角、最適な酸化膜厚を詳細に検討したものが6件報告された。この中で ASM 社と FOM が共同開発した平行ビームスキャン方式はチャネリング効果を積極的に利用した低損傷で深いジャンクション形成も同時に可能にしたユニークなものである。イオン注入装置は自動化と大電流ビーム取り出しによる効率化が一段と進み、それに付随した問題として試料冷却法やチャージアップ抑制策に関して多くの報告があった。

セッション⑤はイオン注入による表面の電氣的、光学的、化学的、機械的性質の改質に関するもので、材料も金属、半導体、セラミックス、高分子、FRM、超格子と多岐に及んでいる。内容は引き続き東京で開かれた IBMM での発表と重複する点も多いのでここでは省略したい。セッション⑥では VLSI へのイオン注入とクラスタイオン蒸着(ICB)やその他製膜に関して報告がなされた。半導体デバイス関連では前回に続き低エネルギー B^+ 注入による浅いジャンクション形成、トレンチ構造側壁への斜めイオン注入、酸素注入による埋め込み絶縁層形成や高エネルギーイオン注入による案子分離等が主テーマであった。イオンビーム製膜では ICB 関係の報告の多さが目立った。特に、Si(111)上に単結晶 Al を格子ミスマッチが25%と大きいにもかかわらず室温で形成させた報告(山田, 京大)は注目される。クラスタイオンと固体表面との相互作用には未知な点が多く、最近分子動力学による解析なども行なわれるようになった。クラスタイオンの固体表面でのマイグレーションや欠陥形成過程を2体衝突近似でモンテカルロシミュレーションした結果(山村, 岡山理大)は実験データと良くあうようである。ただ分子動力学やモンテカルロ法を膜形成過程に適用するには、拡散、凝集その他化学的因子も考慮

する必要があり、今後の理論の精密化を期待したい。

トピックスとして高温超伝導体へのイオン注入と高エネルギー(MeV)イオン注入に関連して15件の口頭発表があった。高温超伝導体へのイオン注入に関しては IBMM で多くの発表がなされたので紹介は省略したい。MeV イオン注入に関する話題としては、(1)局在する少数キャリアライフタイムの制御、(2)MeV C^+ , O^+ 注入(10^{16} ions/cm 2)による基板中の不純物のゲッタリングに関するもの(N. W. Cheung, Univ. California)、(3)p型Si基板に2-4 MeV B^{++} 注入(10^{14} ions/cm 2)によって埋め込み p^+ 層を形成しCMOSのラッチアップ防止を図る(H. Y. Lin, Intel Corp.)などである。アモルファスSi中でCu, Ag, Auは単結晶Si中に比して高い固溶拡散性をもつこと、そのアモルファス層を2.5 MeV Ar^+ 照射で再結晶化させる話(J. M. Poate, AT & T)も興味深い。中低エネルギーイオン照射によるアモルファス化と高エネルギー重イオンによる再結晶化、望みの深さへの不純物導入、トラッピング層形成、照射誘起増速拡散などイオンビームによる材料表面加工は多彩で魅力に富んだものと改めて実感された。

以上会議の概要を記したが、筆者の関心の偏りと会議が3つのパラレルセッションで進化したこともあり本記載に不備な点も多い。詳細は会議の論文集(Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. Bの特集号で1989年刊行予定)を参照していただきたい。なお次回 IIT' 90は英国 Guildford の Surrey 大で開催される。(城戸 義明)

IBMM '88 国際会議報告

第6回 IBMM (Ion Beam Modification of Materials) 国際会議が私学会館(東京, 市ヶ谷)にて1988年6月13日から17日までの5日間にわたって開催された。22カ国から約300名が参加し、口頭およびポスターによる研究発表数は213件に及んだ。プロシーディングは研究論文として審査後 Nuc. Inst. & Methods in Phys. Res. B (1989年3月号)に発表される予定である。

会議は8つのセッションからなり、各セッションは招待講演、一般講演さらにポスターから構成されている。研究内容は基礎から応用指向の強いもの、また材料は金属、無機、高分子材料と多岐にわたり、さらに数10eVからGeVオーダのエネルギーを有するイオン照射効果が論じられた。なお、超伝導材料に対しては電子新素材国際会議(ICEM '88)との共催で講演会がもたれた。研究の全体としての動向は各セッションの招待講演のタイトルに現れていると思われるので、まず以下にそれを示す。

- (1) Novel techniques and beam-solid interaction
 - 1. New trends in SIMOX (A. H. van Ommen)
 - 2. Mesotaxy : synthesis of buried single-crystal silicide layers by implantation (A. E. White)
 - 3. Low energy ion beams, surface morphology and epitaxial growth (S. T. Picraux)
 - 4. Surface-layer modification by ion beams and laser pulse (R. Kelly)
 - 5. Electronic stopping power induced defects in materials (M. Toulemonde)
 - (2) Modification of metal surface
 - 1. Wear mechanisms in Fe-based alloys (P. D. Goode)
 - 2. Ion-beam mixing at intermediate temperature (L. E. Rehn)
 - (3) High T_c superconductors and related topics
 - 1. Ion beam modification and analysis of single crystalline YBaCuO thin films (O. Meyer)
 - 2. Ion beam modification of the superconductor YBaCuO (G. J. Clark)
- 他に 5 件の超伝導関係の招待講演があった。
- (4) Silicides
 - 1. Stimulated by silicidation reactions processes implanted silicon (N. N. Gerasimenko)
 - (5) Implantation in Si; epitaxial growth and high energy implant
 - 1. Ion beam induced epitaxial crystallization of amorphous silicon (A. La Ferla)
 - 2. Damage formation and annealing of high energy ion implantation in Si (M. Tamura)
 - (6) Insulator
 - 1. Relation between structure and electronic properties of ion irradiated polymer (G. Boiteux)
 - 2. Light element redistribution and property changes in insulators due to ion bombardment and chemical processing (G. W. Arnold)
 - 3. Interface tailoring for adhesion using ion beams (J. E. E. Baglin)
 - 4. Modification of the mechanical properties of ceramics by ion implantation (T. Hioki)
 - (7) New application of ion beam processing
 - 1. Maskless processing by focused ion beam (S. Namba)
 - 2. Lateral control of impurity-induced disordering of AlAs/GaAs superlattice (M. Kawabe)
 - (8) Application to LSI processing
 - 1. Ion implantation for GaAs IC fabrication (H. Yamazaki)
 - 2. Recent progress in silicidation by ion beam mixing and its application to LSIs (H. Okabayashi)

以上招待講演のタイトルを概観すると、エネルギーを有

する物質流であるイオンビームの多様性と今日的課題との深いかかわり合いを感じる事が出来る。さらに、それは招待講演後に行われた各セッション毎のポスターによる研究発表に如実に現れていた。1つは大量イオン注入による化合物層の形成である。Si への酸素または窒素イオン注入による埋め込み絶縁層の形成、Co イオン等の注入による埋め込みシリサイドの形成、さらには金属への酸素または窒素イオン注入による金属表面のセラミックス化などである。これらは IC の複層化多機能化、金属の耐摩耗性、耐食性の向上技術として期待されるものである。第2に、金属の耐摩耗性耐食性の向上という観点において窒素イオンばかりでなく、Ti(Ti+C)イオン注入の有効性も確認され、さらに蒸着とイオン注入を同時に行うダイナミックミキシング法に関する報告も多く、この方法の可能性が広く認識されてきたことが感じられる。第3に、金属多層膜のイオンビームミキシングにより準結晶をはじめとして準安定相が形成されることはすでに報告されていたが、本会議においてもミキシングにより形成される相についての研究がいくつも報告された。イオンビームミキシング法に関しては、今後も新規物質探索手法として種々の試みが行われると想像された。そのほか、有機ポリマーへのイオン注入による注入層の炭化・導体化に関連して、炭化層の化学構造についてラマン分光等で検討した結果がいくつか報告されたが、研究者間での合意が得られるまでには至っていない。また絶縁体関連ではオプトエレクトロニクス材料をはじめ機能材料に関する報告が目についた。セラミックスの機械的性質におよぼすイオン注入効果については、その特徴がかなり明らかになり招待講演(6)-4. でこれまでの結果が整理され報告された。なお、一般講演のなかで焼結体材料 (Si, アルミナ) において、高温 (1000°C 以下) でのイオン注入が粒成長を促進するという結果が報告された。イオンと熱の協奏効果であり、高温イオン注入が焼結体材料の機械的性質をはじめ種々の特性に対してどのような影響を与えるか注目される。イオン注入により材料に大きな内部応力が誘起され、これによりセラミックスの強度が増加することなどが知られている。この内部応力による非晶質材料の変形挙動、内部応力下での結晶成長、化合物の析出など興味ある現象が見いだされてきている。今後どのような展開があるか興味深く思われた。以上、5日間にわたり学会に参加した印象を記した。筆者の個人的興味と能力のため、材料改質に著しく偏った内容になってしまったことをお許し願いたい。なお次回 IBMM' 90 は 1990年7月または8月に米国 Tennessee 州 Gatlinburg で開催される予定である。

(野田 正治)