

CONFERENCE REPORTS (2)

第 33 回国際フィールド・エミッションシンポジウム

中 村 勝 吾
大阪大学産業科学研究所
〒567 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1
(1986年8月18日受理)

The 33rd International Field Emission Symposium
Shogo NAKAMURA

The Institute of Scientific and Industrial Research,
Osaka University
8-1 Mihogaoka, Ibaraki-shi, Osaka 567
(Received August 18, 1986)

このシンポジウムは世界各国の電子またはイオンのフィールド・エミッション（電界放出）に関して毎年開催されている唯一の国際的会合である。1952年第1回が米国オレゴン州で開催された当初は隔年、1956年からは毎年米国で約1週間、大学の宿舍等に泊り込んで開催されていた。1964年第11回が英国ケンブリッジ大学で開催されて以来、欧州でも開催される機会が増加、1974年第21回がフランスで開催された頃には名実共に国際シンポジウムとしての組織と規模を持つに至り、今年7月7日から5日間西ドイツ・ベルリンのフリッツハーバー研究所が担当して開催された。

国別の出席者数は開催地の西ドイツから30人余、米国および日本から夫々13人、英国、フランスに次いでポーランドおよび印度から各5人、等を含め、計19カ国から約120人参加した。例年に比べ米国からの参加がかなり減少し、日本からの参加が急に増加した。東ヨーロッパ、南米、イスラエル、アラブ諸国からも参加していた。

第1回のこのシンポジウムではフィールド・エミッターの開発とそれに関連した物理やField Emission Microscope-FEMによる表面拡散、吸着現象のような表面研究が中心であった。そのとき、ドイツから参加したMuellerがField Ion Microscope-FIMのアイデアと予備実験の成果を初めて報告した。FIMで原子が見えるか？ということまで議論が沸騰し、当時の出席者がテープに録音したものを筆者が初めて参加した第10回のシンポジウムのBanquetで聞かされ、今も印象に残っている。最近話題となる領域も拡大し、電界蒸発や電界電離に関する物理から原子プローブFIM、高分

解能Massのイオン源、液体金属イオン源の開発と応用からScanning Tunnel Microscope-STMの分解能に関連した研究にまでおよんでいる。本年は発表論文の約30%がポスターセッションで報告された。

講演会場の前半分で口頭発表が行われ、後半分で会期中を通じてポスターが掲示されていた。午前、午後に分かれた休憩時間が用意されていたので、ポスターを前にして実質的な討議が行われ、口頭発表のセッションが始まってもポスターの前に人々が群がっている事がしばしばみられた。例年、出席者100人前後のsingle sessionで約半数は互に顔なじみで個人的なディスカッションが多く、ポスターセッションは好評であった。

発表された論文を分類すると次表の通りである。

| Subjects | Oral | Poster |
|---|------|--------|
| Field evaporation and related problem | 4 | 4 |
| Surface structure and morphology by FIM | 4 | 2 |
| Ion source for mass spectroscopy | 4 | 1 |
| Surface studies by FEM | 7 | 4 |
| Surface migration | 3 | 6 |
| Metallurgical application of atom probe | 13 | 5 |
| New material and alloy | 7 | 1 |
| Semiconductor surface and interfaces | 7 | 1 |
| Liquid metal ion source | 7 | 2 |
| Surface reaction | 4 | 3 |
| Photo-field ionization | 4 | — |
| Field emitter and application | 3 | 2 |
| Technique and Instrumentation | 5 | 1 |

2日目前中は恒例のMueller Medal Competitionでph.D.をとって間もない研究者から6件報告された。内容は最近のシンポジウムの流れを反映しており次の通りである。ペンシルバニア州立大のLuはSiおよびGeのチップにIr, Rh, Ni, Co, W等の金属を真空蒸着、アニールし、(111), (011), (100)面に現れるシリサイドの原子構造をFIMで観察した。結果の一部はすでにAppl. Phys. Lett.に発表されているが、SiのFIM像のように原子配列が乱れることなく、鮮明に結像されている。膨大な実験データが次々とスライドで示されたが、もう少しデータを整理すべきであった。観測される結晶面の寸法が20~50Å程度であるため、これまでの他の手法による大きい結晶面の結果との比較が欲しい。印度のポーナ大、KanitkarはMetallic glass (Fe₇₀Cr₅Si₁₀B₁₅)のチップを電界蒸発法で清浄にし、フィールド・エミッションを測定した結果の報告をした。78K~室温の範囲でF-Nプロットをして仕事関

数を求め放出電流が安定であることを強調しているが、見かけの電流密度が 10^9 A/cm² と異状に大きく、試料の導電率や耐熱性から見てWより2桁近くも大きい点は信用し難い。FIM 像からも特に新しい情報は得られていない。

Wisconsin-Milwaukee 大の Mundschan の報告は固体触媒作用で重要な Pt 表面の吸着現象、特に不純物 (C, S, P, Si 等) を含んだ Pt チップを種々の条件でアニールし夫々の FEM 像の変化を詳しく観測した。また試料チップ自身の各結晶面をサブミクロンサイズの電子ビームを用いて AES 分析し、両者の関係の解明を試みた。指導者の Vanselow からも過分とも言える推薦状が添付されているがマイクロジョエによっても、チップ先端の各結晶面で偏析した不純物の二次元分布までは明らかでないため、説得力のあるデータとは言えぬ。Atom probe 法による分析が待たれる。

オックスフォード大の Liddle は High Co-Ni Secondary Hardening Steel (AF 1410) を条件を変えてエージングし、硬化の過程で析出される粒子の形状やサイズ、粒子の密度と試料の硬度との関係を詳しく追求した。さらに原子プローブ法で析出粒子の組成分析が入念に行われ、析出粒子の成長のモデルが提案された。Smith 達のグループからはこれまでに同様な成果が例年報告され珍しい事ではないが、良くまとまった成果である。

スウェーデン、チャルマース工大の Karlsson は Austenitic Stainless Steel (AISI 316 L) で B 濃度の異なる試料の処理条件を変えたときの B の粒界偏析をしらべた。Presentation も良く、研究の質も高い。原子プローブ FIM だけでなく、Imaging 型の原子プローブ、電顕、電子回折、SIMS 等、局所領域分析の各手法を駆使して調べ、コンピューター・シミュレーションの結果とも比較し、偏析が主として非平衡型であることを示し、また析出に対する B の偏析の効果を明らかにしている。予想通り運営委員全員が一位で推薦し、本年度の Mueller 賞を獲得した。最後の報告はドイツ、エルランゲン大の Witt で、Ir (110) (100) 面の熱処理による再配列超構造を FIM で観察した。鮮明な像が示されているが特に新しい内容ではない。

Mueller 賞授賞者を出した Nordén 研究室のように良く整備されたグループでは Atom probe を特殊な手

法としてでなく分析電顕、SIMS、SEM-AES 等と共に Material Science の研究手法として充分使いこなし、種々の手法を動員して結論を導くのが最近の傾向で、今年も種々の Steel、アルミ合金等の偏析、析出、変調構造の characterization に応用した結果が数多く報告された。半導体のような導電性の悪い材料の分析では未だその定量性に問題があるが、金属/半導体界面で1原子層毎の深さ方向プロファイルの決定が可能となり特にパルスレーザー照射で電界蒸発させる Atom probe 法で好結果を得ている。今の処、半導体に関しては日本の各グループの研究が質、量ともに高い水準にある。

第3日目には高分解能質量分析とイオン源の開発の草分けである Beckey の 65th Birthday Session が設けられ Röllgen を始め彼の門下生や関係者の報告がまとめられていたが、手法としてはすでに完成されたようである。10年前ヨーロッパで始められた液体金属の電界脱離によるイオン源の基礎と応用に関する研究は今回は日、米からの参加は少ないが、ヨーロッパでは相変わらず盛んで、動作中の液体電極の形状の流体力学的計算、強電界下の cone の形状の安定性とイオン放出の安定性、Ga-In-Sn 合金の液状電極からの電界電子放出による放出面サイズの評価、液状電極への二次電子衝撃効果残留ガスの影響、Au のクラスターイオンビームの収束条件とその特性、およびイオンロケットのイオン源に関し報告された。強電界下の金属表面とガス (NO, H₂, N₂ アンモニア等) との反応や吸着、脱離に対するレーザー照射効果、放出イオンのエネルギー分析等いくつかの試みが報告されていた。東ヨーロッパから参加したいくつかの研究グループはいずれも FEM による表面の吸着、脱離現象、表面拡散等表面研究が中心で、FIM による研究もぼつぼつ始められているが未だかなり立ち遅れている。

丁度7年前、ドイツでシンポジウムが開催された後を受けて始めて東京で第27回国際シンポジウムが持たれたが、来年の第34回は大阪で開催される事が決定している。前回と比べると日本の研究グループの数、研究のレベル共に高い水準にある。

最近スタートした STM の研究グループを交え、多数の研究者の参加を期待している。