

## ◁講演会報告▷

## 放射光フォーラム'93 — 界面の世界に“光”をあてる —

行事委員長 尾嶋 正治  
 行事副委員長 水木純一郎  
 行事委員 難波 秀利, 泉 弘一,  
 高桑 雄二, 堀井 義正

放射光研究の裾野拡大をねらいに、放射光学会行事委員会では昨年度からトピカルなテーマを選択して、『放射光フォーラム』を開催している。昨年度はマイクロマシン関連のテーマで放射光の新分野開拓をめざした企画を行い、成功裏に終えることが出来た。

そこで、今年度の行事委員会は放射光に大きな期待が寄せられている『表面・界面解析』をテーマとして上記フォーラムを実行した。ターゲットは『界面を制するものが半導体デバイスを制する』と言われている半導体である。

平成5年11月5日(金)、東大本郷の山上会館において6名の講師による興味深い最新のトピックスを紹介してもらい、その後パネル討論を行った。今回は昨年度と同様、国際的に活躍されている講師としてAT&Tベル研のFuoss博士を招待した。Fuoss博士は、OMVPE下での結晶成長過程を放射光によってReal time解析するという極めてユニークな先駆的研究を行っている。

はじめに放射光学会菊田会長(東大工)が昨年度から開催している本フォーラムの趣旨を説明され、放射光科学がカバーする物質科学と生命科学のうち、今回は物質科学の分野で表面・界面というデバイス側にとって重要で、かつサイエンス側にも極めて興味深い対象をテーマに選択した旨が

説明された。

次に、太田俊明教授(東大理)が『放射光表面・界面解析概論』と題して、Seeds側から各種表面解析手法が紹介された。全反射条件下での蛍光X線分析、結晶表面・界面に存在する1原子層の異種原子位置を決定するのに有効なX線定在波法、表面再配列構造の解析に有効なX線表面回折法、放射光の偏光性を利用することによって吸着原子の姿勢を決定出来る表面EXAFS法、そしてLEEDの1種と考えられる光電子回折法について判り易く丁寧な説明がなされた。最後に将来の動向としてSpectroscopy, Microscopy, Diffraction, Dynamicsを相互に関連付けることによってより詳細な界面解析が開発されるであろうとの見解が示された。

続いて、Needs側を代表して、量子効果デバイス研究の第一人者である榊裕之教授(東大先端研)が『デバイスにおける表面・界面』と題して、量子効果デバイスに要求される表面・界面の性質が示された。従来の2次元のキャリア閉じ込めや共鳴トンネル効果を利用したデバイスでは界面の凹凸と急峻性が大きな問題であったが、量子細線(1次元)や量子井戸箱(0次元)では膜厚の他に幅を制御するプロセスも重要になって来ること、また特異な結晶成長法でとんがり帽子(?)型の1次元電

子ガスが形成出来るが、先端部分の界面状態・構造が知りたいとの具体的要望も出された。まさにナノ領域の構造解析法、状態分析法が要求されていることが実感された。

昼休みの後、AT & Tベル研究所から招待したPaul Fuoss博士の特別講演があった。タイトルは“X-ray Analysis of OMVPE Growth: an Overview”で、従来手法では100 Torrという大気圧に近い環境ではその場 (in situ) 観察が不可能であった有機金属による気相結晶成長 (OMVPE) のX線解析を実現した研究成果が紹介された。特に大気圧に近い結晶成長雰囲気中で斜入射条件で表面X線回折を行い、OMVPEが原子層成長していることを回折X線強度の振動 (RHEED振動と類似) から実証した点に特徴がある。また有機金属ガスの分圧、基板温度を変えて、層状成長とステップフロー成長の境界条件を見出し、原子の表面拡散の活性化エネルギーを算出したり、成長表面の平坦性、島のサイズや形状、ステップ間の相関など各種の情報が得られることが示された。今回は、特に量子効果デバイスからの要求として層の平坦性、膜厚制御が榊教授から指摘されただけに、非常に大きな関心を集めた。

続いて、NEC基礎研究所の水木純一郎氏から『X線異常分散を利用した界面構造解析—回折から“DAFS”まで—』と題した講演が行われた。まず

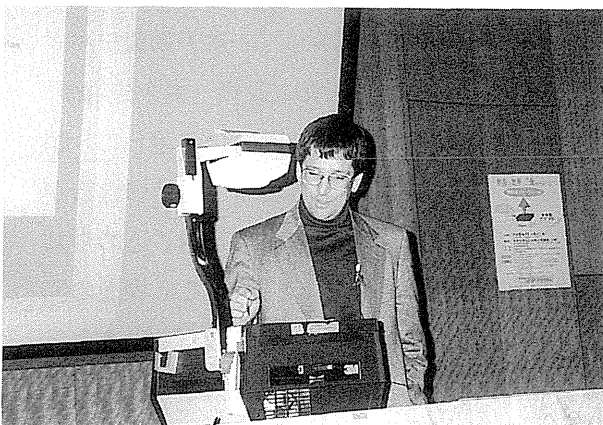


写真1 特別講演を行う Fuoss 博士 (AT&T ベル研究所)

X線表面構造解析方法として、(1)微小角入射X線回折、(2)垂直入射X線回折について説明があり、さらに異常分散法を応用した新しい解析法が示された。この例としてSi/ $\sqrt{3}$ B/GeSi界面超構造が挙げられ、Geの異常分散を用いてGeとそれ以外の原子に分解した形で解析出来ることが示された。また、局所構造と周期構造をドッキングさせた回折吸収スペクトル法 (DAFS) の説明ではいよいよ佳境(?)に入り、XAFSとDAFSの解析結果を比べてDAFSが界面の $\sqrt{3}$ 構造に寄与するGeの原子位置情報を与えることが出来ることを示し、少しテレながらも『XAFSに勝った!』との宣言がなされた。

コーヒー・ブレークをはさんで豊橋技術科学大学の英 貢教授による『表面光励起プロセス』と題した講演が行われた。放射光は光励起源の1つであり、 $10\mu\text{m}$ の赤外光から $8\text{\AA}$ の軟X線までの広いスペクトル範囲で表面でどのような反応が起こるかの概要が説明された。光励起プロセスは、材料ガスの光分解が中心的役割を演じるが、最近では基板表面上での光分解を利用して単原子層結晶成長や微細加工に関連した『空間選択成長』の研究が精力的に行われていることが示された。その例として有機アルミガスによるAl選択成長、およびシリコン結晶成長の低温化の例などが紹介された。今後は、光反应用アンジュレータや自由電子レーザーの開発が待たれると締めくくられた。

最後に、電子技術総合研究所の大柳宏之氏による『半導体表面、超格子、混晶の微視構造—成長機構を探る新しい表面XAFS—』と題した講演が行われた。XAFS解析概論の後、1原子層の成長機構を解明するための表面XAFS法の開発について説明があった。表面の選択励起により、最高の表面感度が得られたこと、またアンジュレータと高密度半導体検出素子により、さらに2ケタ以上の高感度化が実現することが示された。解析例としてSi基板上Ge原子層を取り上げ、Ge層の構造と電子状態、および表面置換現象の発見などが数

多くのOHP（あまり速くて追従出来ないほど？）で説明された。最後に第3世代蓄積リングを用いた将来のXAFS研究の展望が述べられた。

以上の講演の後で、約20分間自由討論（司会；尾嶋）を行い、放射光利用表面・界面研究は今後どのような方向にすすむべきかを議論した。具体的には、新デバイス側、新材料側からのNeedsと我々解析側が研究開発を進めているSeedsがどうマッチングしているか、今後どう進めるべきか、放射光源の小型化、汎用化はどのように進むか、局所分析は小型化が進むデバイス製作のNeedsに応え得るか、放射光で熱振動などの情報も得られるのか、評価に用いる放射光照射が表面を変質させてはいないか、などさまざまな問題提起がなされた。少ない時間ではあったが、放射光による表面・界面解析を進める上で重要ないくつかの点が指摘され、有意義であった。

このように、今回は約60名の参加者を得て、表面・界面に関する活発な議論を行うことが出来た。経済状況が極めて厳しい環境において、また同じ11月5日に別の放射光技術シンポジウム（真空科学研究所主催）が開催されるという状況にもありながら、約60名参加したフォーラムを開催でき、しかも成功裏に終わることができたのも、講師各



写真2 平成5年度行事委員会メンバー、助っ人3人と事務局西野女史

位、事務局の方々のご尽力によるものと考えている。ここに感謝の意を表したい。

日本の放射光研究をさらに発展させるには国際化が重要であり、このような企画が今後も継続されることを願ってやまない。一方、平成6年5月11～13日の第7回年会（菅委員長；阪大基礎工）の最終日にアジア交流放射光フォーラム（太田委員長；東大理）が開催される。これも7ヶ国からいろんな研究者を招待したもので、熱い議論が展開されるものと期待している。

