

CONFERENCE REPORT (2)

結晶成長と表面科学 (ICCG-6 および ISSCG-4 から)

佐藤 清隆

広島大学生物生産学部 〒720 福山市緑町 2-17

(1980年1月19日受理)

Crystal Growth and Surface Science

Kiyotaka Sato

Laboratory of Chemical Physics, Faculty of Applied Biological Science,
Hiroshima University, 2-17, Midori-Cho, Fukuyama 720

(Received January 19, 1981)

The most interesting topics in the 6th International Conference and the 4th International Specialists' School on Crystal Growth, held at Moscow in 1980, are reported briefly. During these Congresses it was widely recognized that the fundamentals of crystal growth are tending to become increasingly involved with current developments in surface science.

1980年9月に、著者はソ連で開かれた結晶成長に関する国際会議、すなわち、第6回結晶成長国際会議(ICCG-4, モスクワにて)と第4回結晶成長国際スペシャリストスクール(ISSCG-4, モスクワ近郊のスズダルにて)、に参加する機会を得た。後者のスクールは、毎回の結晶成長国際会議のサテライトプログラムとして企画されているものである。2つの会議ともに、講演(あるいは講義)の数や参加者が大変多く、それに応じて研究分野も多岐に亘っているので、限られた紙数と筆者の非力のため、その全体内容を洩れなく伝えることはとても出来かねるので、筆者の見聞を中心として、2つの催しの報告をさせて頂きたい。また、結論的にいえば、これらの会議を通して、結晶成長と表面科学との接点広がったとの印象を得たので、その観点も加味して、会議を振り返ることにしたい。

1. ICCG-6 (9/10~16)

モスクワ市内から少しはずれたところにあるホテルで開催された国際会議では、合計して700件近い発表が行われた。午前中は、招待講演につづく口頭発表が1日平均15件、午後はポスターセッションが平均100件というスケジュールであった。全体のプログラムの印象としては、material design に傾倒していた前回のポストンで

のICCG-5に比べて、基礎・応用ともに、より広範な分野の発展が目についたといえる。Extended Abstracts集の中にリストアップされた課題別にみると、melt and flux growth について最も発表件数が多く、ついで vapor growth, low-temperature solution growth, crystal characterization などであった。以下に、いくつかの分野ごとのトピックスを紹介してみたい。

Vapor growthでは、Chernov (USSR) が冒頭の招待講演で、chemical vapour deposition によるSiの薄膜成長の理論解析について論じたが、これは反応性の高い吸着分子を取り扱う試みとして最近演者らによって集中して手がけられてきた研究である。また、Esaki (IBM) によるInAs-GaSbのsuperlattice成長と物性、およびGhez (IBM) による多元系のsupperlatticeの成長機構の解析も招待講演で話された。Rozgonyi (Max Planck および Bell 研) による、レーザアニーリングの講演も注目を集めた。非晶質状態の半導体膜を高出力レーザーで瞬間的に加熱して、固相反応あるいは、液相を経る反応によって結晶性薄膜を成長させる、この新しい方法はその技術的メリットや、固・液界面現象にとって興味あるテーマを含むために、最近、極めて急速に興味を集めてきている。Rozgonyiは、その原理と特徴、成長プロセス、不純物ドーピング、表面モルフォロジーと格

子欠陥評価などについて、大変まとまった総合報告を行った。気相成長の基礎的研究として、Yagi (日本) によるエピタキシャル成長と表面構造相転移についての超高真空中でのその場観察は、この ICCG-6 のハイライトの1つと評されるべきものであった。中でも、単原子レベルの表面ステップ運動の直接観察は、結晶成長の基礎理論の検証に有効なデータを提供するものと期待されていた。

Nucleation では、Kaishev グループ (Bulgaria) による Ag の電析実験が、その雄大な構想と厳密な実験・理論によって高く評価された。らせん転位のない完全結晶面での銀塩溶液からのステップ成長を、電流密度測定と顕微鏡観察によって調べるもので、それによって核成長様式および、成長ステップの profile や、ステップ成長における体積拡散や表面拡散の寄与を評価することができる。このような基礎実験は、理論の進展に比較して定量的なデータが不足しているので、Kaishev グループの2次元核成長実験は貴重なるものであろう。なお、電析については Elwell (Stanford 大) が、半導体結晶成長の有効な方法であることを demonstrate していたことを付記したい。

理論の分野では、Surface (roughening) と多元系 (とくに AB 2元合金系) の成長機構が注目を集めていた。まず、前者は表面物理の最近のトピックスであるが、結晶成長は kinetic な要素も含めて、多くの roughening phenomena の中で魅力ある対象の1つであろう。統計物理学の厳密な取り扱いによる Saito (FRG) の計算や、成長パラメータ (成長温度、過飽和度、溶媒、成長面) を変化させて実現できる surface roughening に伴う晶癖変化についての、van der Eerden (Holland) のグループによる理論と実験 (biphenyl の溶液成長) などが興味を集めた。また、多元系では、Temkin と Cherepanova (USSR) による2元系結晶成長の核生成ならびに成長の kinetics, Saito (FRG) による Ising model に基づく phase diagram などの計算、van der Eerden (Holland) らによる surface ordering などが話されたが、この AB 合金系の理論については実験との接点はまだ大きくならない様であり、今後が期待される。

この ICCG-6 で目立ったことの1つに、理論グループと実験グループの tie-up があげられる。上述の roughening の話はその1つの例であるが、その他にも、表面モルフォロジーや、融液成長におこる形態制御法などがある。この tie-up が進展している1つの原因は、結晶成長の理論家 (特に若い世代の) が増えてきたためであるように思える。とりわけ、Bennema (Holland) のグループの果す役割は、大変顕著なものと思受けられ

た。たとえば、彼らは、表面モルフォロジーについて、東北大の砂川・小松グループと共同解析をすすめていた。

2. ISSCG (9/17~25)

11世紀頃に建てられた古い教会が多く保存されている、美しい古都スズダルで開かれたスクールでは、47の講義が行われた。その分野は ICCG-6 同様に多岐に亘っているし、講師も会議の招待講演の演者が兼ねている場合が多かったので、その詳細の紹介は省かせて頂きたい。

このスクールの初日と2日目が、「表面の物理と化学と結晶成長に関するシンポジウム」にあてられ、関連する講義が集中した。Ipatova (USSR) による Surface Reconstruction, Ossipyan (USSR) の半導体表面物性、Shikin と Pokrovsky (USSR) によるウィグナー結晶、および2次元結晶の講演などの、いわば表面物理のトピックスにつづいて、Bethge (DDR) Barna (Hungary) による薄膜成長機構、Kern (France) によるエピタキシーの研究史の講演があった。前者の表面物理のトピックスと結晶成長とが必ずしもかみ合わなかった感は否めないが、結晶成長の素過程としての表面ステップの運動の解析については、突っこんだ討論が行われ、Symposium としての1つの成果となったと思われる。具体的には、ICCG-6 のところで紹介した Chernov, Ag 電析の Bostanov (Kaishev グループの一人)、Laser Annealing とともに GaAs の液相エピタキシーを紹介した Rozgonyi の3人の呼びかけで開かれた ad-hoc meeting 「Elementary steps vs macrosteps」の討論である。気相・液相、場合によっては融液相からの成長界面上の実在のステップの運動のレベルで、成長過程を吟味しようとするもので、step の profile とその起源、step の profile と面の成長速度の関係、および不純物のドーピングへの step profile 依存性を、できるだけ統一的な考えで理解する試みが検討された。実在の結晶成長界面にあるステップは、単位格子の高さのものは少なく、何らかの原因で束ね合った macrostep が現象を支配していると考えられる。macrostep の理論は、古くは Frank による予測、1960 前半の Chernov らによる体積拡散理論に基づく研究などがあるが、最近の結晶表面に関する情報をとり入れて新たに研究する価値が浮び上がって来たと思われる。そのためには step-free で、vertical & horizontal な高分解能を保障したその場観察法が、個々の成長系で試されることが必要ではないかと、筆者はその ad-hoc meeting で痛感した次第である。

今回の2つの会議では、ロシア語も公用語となり、圧倒的な数を擁するソ連からの参加者がすべてロシア語で講演したという事情もあって、筆者には少なからぬ不便さを感じられた。特にスクールでは、テキストがロシア語で書かれているものが多く、これには閉口した。しかし、冒頭にも述べたように、表面科学との相互関連に焦

点を合わせながら、結晶成長の全体をカバーする討論が行われたと思われる。この報告では、その中の理学サイドのテーマばかりとりあげてしまい、solar energy 関係の material design などの話題を割愛してしまったが、それらについては「日本結晶成長学会誌」の報告(割受)などを参考にされたい。