

研究室紹介

国際フロンティア研究システム  
量子化素子研究チームの紹介

青柳克信

理化学研究所国際フロンティア研究システム  
量子化素子研究チーム  
〒351-01 和光市広沢 2-1  
(1987年9月10日受理)

Frontier Research Programs in RIKEN  
—Laboratory for Quantum Materials—

Yoshinobu AOYAGI

Frontier Research Programs RIKEN  
Wako-shi, Saitama 351-01

(Received September 10, 1987)

理化学研究所は“21世紀の技術の根幹となる様な新しい知識の積極的な発掘を目指し、国際的に開かれた体制のもとに流動的に研究者を結集して極めて先端的な基礎研究（フロンティア研究）を長期的な視点に立って実施する”ことを目的として国際フロンティア研究システムを昭和61年10月発足させた。このシステムは、

- ① 各分野の研究能力を結集した研究体制をとれるように広く産・官・学及び海外から各分野の研究者を招聘する。
- ② 国際的に開かれた研究体制をとり、研究リーダーを含め研究者を海外より招聘する。
- ③ 研究者の流動的体制による長期的研究制度をとり入れ研究者を任期制とし、グループとしての研究は継続する。
- ④ 自由闊達な雰囲気の中での独創的な発想を生み出せる場の設置、国内外、異専門分野、異科学分野の研究者が常時交流・意見交換する場としてのフォーラムを開催する。
- ⑤ 優れた研究手段の開拓をし、最先端技術設備を開発する。

という特長を持っている。

このシステムは Fig. 1 に示す如く、生体ホメオスタシス研究グループとフロンティアマテリアル研究グループより成っている。生体ホメオスタシスの研究では老化の制御、新しい機能を持つ植物の創出等の広範囲な分野への応用を期待し、動物・植物が自身の生理機能を調節し、常にある正常な状態を逸脱しないよう全体の balan

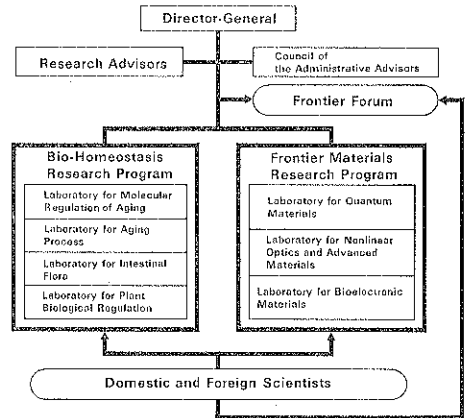


Fig. 1 Organization of frontier research programs.

スを保つ機能（生体恒常性維持機能：ホメオスタシス）の仕組みを解明する。又、フロンティアマテリアルの研究では情報科学等、新時代の科学技術の基盤となる新しい機能を持つ素子の創出を期待し、細胞、タンパク質等の生体物質、高分子、半導体等の物質の極微細な状態及びその集合状態から生ずる様々な現象を解明する。生体ホメオスタシス研究グループは、クロモソーム研究チーム、バイオメディア研究チーム、フローラ研究チーム、植物制御研究チーム、又、フロンティアマテリアル研究グループは分子素子研究チーム、生物素子研究チーム、量子化素子研究チームから成っている。

ここでは生体ホメオスタシス研究グループについては触れず、フロンティアマテリアル研究グループ、並びにその中の量子化素子研究チームを主に紹介する。

1. フロンティアマテリアル研究グループの各チーム研究内容

1) 分子素子研究チーム

分子素子研究チームは米国ペンシルバニア大学 A. F. Garito 教授がチームリーダーでこのグループでは有機分子集合体が示す諸現象を理論的に予測し、又その集合状態を制御する技術を開発することによって、バルクの物質とは異なる現象を発現する新しいオプトエレクトロニクス (OE) 素子や電子素子の創製を目指している。特に、強い光電場のもとらす非線形性を利用した OE 素子の開発と、そのデバイス化・システム化及び高い電子移動度を有する有機分子集合体の開発と新しい機構に基づく低次元超電導体創製の可能性の追求という2大テーマに重点を置いている。本研究チームには有機化学、電子工学、物理工学、固体表面科学等の研究者が参加する。

2) 生物素子研究チーム

生物素子研究チームは米国、元メリーランド大学 K.

M. Ulmer 教授がチームリーダーをしており、タンパク質、生体膜、酵素などの生体膜由来物質が示す高度な機能（例えば、エネルギー変換、物質認識、情報処理等）を電子素子に組み込んだり、生体機能を模倣した素子システムを構成することによって、従来のエレクトロニクスで用いられてきた素子とは異なった高機能な素子を創製することを目標としている。このため、先ず、これらの生体機能を支配しているタンパク質の2次元結晶の創製とそのキャラクターゼーション及び電子・光機能の解明を行う。

本研究チームには、高分子化学、電子工学、タンパク質化学、物理化学、物理工学、計測工学等の研究者が参加する。

### 3) 量子化素子研究チーム

量子化素子研究チームは大阪大学難波進教授がチームリーダーで、本研究チームではレーザー、イオンビーム、分子ビーム等を総合的に組み合わせることにより、材料を原子のオーダーで制御・加工する技術を開発し、これによって新しい量子化素子材料を創製することをねらいとしている。又、このようにして創製した新しい量子化素子材料の物性を明らかにし、現れてくる諸現象（量子効果による現象）と極微細な原子レベルの状態との関係を追求・解明することにより、次世代を担う新しい機能素子を追求する。

本研究チームには半導体物理学、半導体光物性、量子エレクトロニクス、電子工学、材料工学等の研究者が参加する。

量子化素子研究チームはこの目標を達成するためにとりあえず次の研究計画を実行しつつある。

- ① 量子化素子材料の創製及びその物性研究
- ② 量子化素子のプロセス法の開発
- ③ 量子化素子材料の評価と新しい評価法の研究

現在のこのチームにはチームリーダー以外に理研から4名のメンバーと4名の専属研究スタッフ、更に1名（延べ3名）の外国人の研究者、計9名でこれまで研究を行ってきた。

以下に最近得られた研究成果の1つを紹介する。

## 2. 量子化素子研究チームでの最近の成果例

量子化素子研究チームは理化学研究所のレーザー分子加工研究グループと密接な関係をもって研究を進めている。本チームはレーザー分子加工研究グループと共同して有機金属結晶成長法（MOVPE）において種々の有機金属ガス並びにレーザーをある時系列でパルス状に供給するスイッチングレーザー MOVPE 法を開発した。我々は、TMG 供給時にアルゴンレーザーを基板に照射することに

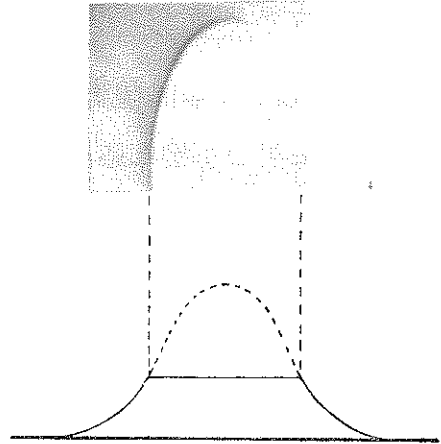


Fig. 2 Crystal grown by the laser atomic layer epitaxy. Bottom shows the profile of the laser used for the atomic layer epitaxy.

より、TMG が基板表面原子種の違い（As 又は Ga）により選択分解反応が起こることを見だし、各原料供給パルスごとに結晶を一原子層ずつ成長させることが出来る単原子層制御の結晶成長に成功した。

一原子層成長を示す実験例として Fig. 2 に成長した GaAs 結晶面の写真を示す。写真では中央の台形の部分がレーザー照射した部分で、照射レーザービームの強度分布が鋭いガウス型であるにもかかわらず平らな表面となっている。これはレーザーに強度分布があってもある一定強度以上の所では一原子層成長した所で成長が止まる為、平らな成長面が出てくるためである。この成長厚みはパルス数と原子間距離の積で与えられる厚みに完全に一致する。最近結晶成長速度の温度依存性、ガス供給量依存性、更に光強度依存性等は一原子層成長の所で飽和特性を明確に示し、これらの実験結果は上に述べた反応の基板原子種依存性を考慮に入れたモデルで理論的にもよく説明できることが分かってきた。この様な単原子層制御結晶成長法はまだ研究が始まったばかりで不明なところが多いが、一原子層制御の結晶成長は結晶成長の究極の形態であり、量子化素子研究チームでは今後この方向も精力的な研究がなされる。

国際フロンティア研究システムは以上述べたように研究体制において外国人を積極的に招聘すること、或いは研究者が任期制であること等、システム自身が今の日本の現状から見てフロンティア的な試みが幾つもなされている。このシステムは5年3期、計15年にもわたる長期的な計画であり、本体である理化学研究所と密接な関係のもとに研究が遂行されている。量子化素子研究チームも今述べた如く新しい成果を出しつつあるが、今後研究計画に従って研究が順次発展していくと考えられる。