

研究室紹介

“吉田ナノ機構プロジェクト” について

吉田 庄一郎

日本光学工業株式会社精機事業部
〒100 千代田区丸の内 1-2-1 東京海上ビル新館 10 階
(1987 年 4 月 23 日受理)

Yoshida Nano-Mechanism Project

Shoichiro YOSHIDA

Industrial Supplies and Equipment Division
Nippon Kogaku K.K.
Tokyo Kaijo Building Shinkan
2-1, Marunouchi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100

(Received April 23, 1987)

吉田ナノ機構プロジェクトは先号に紹介された“黒田個体表面プロジェクトと同じく、昭和 60 年 10 月に新技術開発事業団の創造科学技術推進事業の中の一つのプロジェクトとして発足した。

ナノ機構プロジェクトはナノメータ (10^{-9} m) 領域の計測、制御、加工等を可能とする基本技術について研究することを目的としている。ナノメータ領域は原子の格子間隔に迫る領域であり、技術的扱いもバルクとしての連続的性質のみでなく、原子・分子の粒子性を考慮しなければならない。そのためナノメータ領域の技術、Nano Technology はこの粒子性を基本的条件とした技術であり、取り扱う物質の物理的、化学的性質を巧みに利用する技術である。

一般的に超精密技術は 1) 計測技術、2) 制御技術、3) 加工技術が 3 大技術要素であり、それに 4) 耐環境技術、5) 材料技術が周辺技術として必要となる。中でも計測技術は計測のみでなく、制御のためのフィードバック要素として、加工の評価技術としても必要であり最も重要な技術である。超精密化が進めば進むほど環境の変化の影響を受け易くなり、そのため環境を制御する技術及び環境変化の影響を受け難くする技術が必要となり、材料に関する技術、加工技術については正に原子・分子オーダーの技術となる。

いずれの技術についても現在のサブミクロンオーダーの技術からナノメータオーダーの技術へ進むには様々なブレークスルーが必要であり、新しい原理、媒体 (X線等)、素材を考え、それを利用し新しい技術を生み出すことが

必要である。この研究により得られた成果は超精密機器の分野のみでなく、他の分野 (例えばバイオテクノロジー) の発展にも寄与することと思われる。

当プロジェクトでは前述の技術要素も考慮し、1) 基本解析研究、2) 計測・制御研究、3) 加工研究の 3 つのグループを構成し研究を進めている。

基本解析研究は材料の解析、加工表面の評価等を通じナノ機構を構成する要素の基本的特性の解明についての研究を行う。このためには解析等の手法、装置についても新たな開発を行っていく。その一つにトンネル電流顕微鏡 (STM) がある。STM は原子レベルでの表面構造の解析を可能とし、ナノメータ領域の加工の評価等、原子・分子レベルでの物質の特性を解析するために有効な手段である。更にナノメータオーダーの精度、分解能を期待できる手法として X線 (軟 X線) の利用がある。X線は波長そのものがナノメータ領域であり分解能もナノメータオーダーの値が理論的に得られる。X線に関する基本的研究として、X線に対する物質の反射、吸収、散乱等の相互作用を研究している。これには高エネルギー物理学研究所の SOR を利用している。また X線を収束する素子 (例えばゾーンプレート) を用いて X線の収束または X線像の結像 (X線顕微法) を行わせ、加工物または生物体等の微小部分の解析を行いナノ機構としての基本データを得る研究を行っている。

計測・制御研究はナノ機構の中でも応用的領域の研究が中心となっている。まず微細制御システムとしてナノメータオーダーの超精密位置決めの研究を行っている。このテーマは計測、制御技術を総合した技術が必要となり、更にモータ等の駆動要素についても新しい概念での研究を行っていく。計測に関する研究としては 1 nm の分解能を持つレーザ計測システムの研究を行っている。レーザ計測システムは分解能を高めようとすると空気のゆらぎ等の影響を受け易くなるため、実用上のメリットから、ゆらぎの影響を除くことのできる新しい原理に基づく耐環境レーザ計測技術について研究している。更に計測技術として微小三次元形状の計測技術について研究している。例えば半導体集積回路のパターン形状等サブミクロンオーダーの形状をナノメータオーダーで計測する要求は今後増大するものと思われ、これまでのレーザ光による測定等の分解能を越えた精度の測定が必要であり、その一つとして先の STM の原理を応用した測定の研究を第一歩として行っている。また細胞分析用のマニピレータ等のためには形状自体が細胞並みであるマイクロマニピレータが有効であると考えられるように、微小機械の実現が研究され始めているが、当プロジェクトでも圧電素子等を利用した微小モータの研究を始めてい

る。

加工研究はX線用光学素子の加工を対象として、その基本技術を研究している。X線は波長がナノメートル領域であるため、光学素子としてもナノメートルオーダーの加工精度が必要となり、このための技術はとりもなおさずナノメートル加工技術となる。まずX線を反射させるための多層膜の研究がある。多層膜は現在でも干渉フィルター等に用いられているが、X線の場合は層厚がナノメートルとなり、また層数も数百層以上となるため膜の材料を含めその加工技術の研究が必要となる。マグネトロンスパッタ、光 CVD 等多様な手法での試みを通じ最適な技術を得るべく研究が進められている。またX線の反射面では基板の表面加工もナノメートルオーダーの精度を必要とする。この加工も原子数層の加工となり、そのために従来の研削、研磨でなく、イオン、中性原子等の粒子ビームによる加工を研究している。この加工研究は材料の解析、加工面の評価等の面で基本解析研究と一部共同研究を行っている。

以上の3つの研究グループにより吉田ナノ機構プロジェクトの研究は進められているが、創造科学技術推進事業の特質的研究運営方針の一つとして出来るだけ研究員は広い分野から参加してもらいヘテロな研究員構成とすること、また研究室も夫々のグループの研究内容に最も適した場所を民間研究機関等の中に借り上げて設置することになっており、当プロジェクトでも3グループ2カ所の研究室を設けている。

基本解析研究、計測制御研究の2グループは筑波研究学園都市内の東光台にある民間研究所団地である“筑波研究コンソーシアム”内の共用研究建物のうち“第2サテライト棟”内に研究室を設けている。この建物は3階建の建物であるが“黒田固本表面プロジェクト”とで専用しており、吉田ナノ機構プロジェクトでは1階に3つの研究室、3階の半分に研究員の居室及び会議室を設けている。筑波地区は国の研究機関等が多く集っており、特に当プロジェクトの場合、電子技術総合研究所、機械技術研究所、計量研究所等上記2グループに関連する研究機関が多く、研究員相互の交流、情報交換等の面で最適な地であると言える。特に基本解析研究でのSORの利用等の面ではこと更にである。

加工研究グループの研究室は東京の日本光学工業(株)大井製作所内に設けられている。加工研究にはクリーンルームが必要であるが、幸いにも既存のクリーンルームを研究室とし借用することが出来、費用の面、研究準備期間の面でも効果的であった。

研究員は各グループ約5名であり、一人一人が夫々の研究テーマを持ち研究活動を行っている。各グループに

はグループリーダーがおり、研究グループの研究業務面でのまとめ役となっているが、グループリーダーも夫々の研究テーマを持っており、一研究者でもある。研究員は国内の企業からの出向者が多いが、他に米国の大学の研究所、米国立研究機関から、また米国企業よりの外国人がいる。

基本解析研究グループは中桐グループリーダーを中心とし物理関係の研究員を多く集めている。研究室には当プロジェクトでの研究開発になる SEM-STM 複合型装置、X線マイクロプローブアナライザ、超高真空蒸着装置が設置されているが、基本解析研究は他グループの基本物性的研究も受け持つため、今後の研究の進展に応じ設備は充実される。

計測・制御研究グループは研究内容から、装置そのものを開発することが研究の一部となっており、研究の周辺装置が多く準備されている。振動を除く防振台は標準設備であり、他にクリーンチャンバー、マイクロプロセッサ開発装置、サーボアナライザ等があり、またパソコン、ワークステーション等は夫々の研究にオンラインで使用されている。このグループは二見グループリーダーを中心とし、応用物理、制御工学、精密機械等を専門とする研究者で構成されている。

加工研究グループは永田グループリーダーを中心とし、光学、材料、薄膜加工等の研究経験者が研究に従事している。設備はマグネトロンスパッタ装置、光 CVD 装置等特自の仕様による装置が昭和61年度末に納入され、本格的な研究実験に入る段階にある。X線光学素子の評価は最終的には高エネ研のSORを利用して行うが、予備段階の評価のためにX線源及び小角散乱測定装置も準備される。ビーム加工についてはイオンビーム、中性原子ビーム夫々のソースが準備され今後加工装置として完成される。

創造科学技術推進事業の研究運営は研究者個人の能力、自主性を最大限に生かすことを旨としているが、研究者相互の触発も重要である。そのため週1回程度のグループミーティング、月1回の全体会議を通じて研究者間及び総括責任者との相互理解を図っている。またプロジェクト内には研究の全般的及び特定テーマに対するアドバイザースタッフに、顧問として土井康弘先生、研究推進委員として千川純一、市ノ川竹男、新宅勝郎、山下広順の各先生方をお願いしている。

当プロジェクトの研究は期間5年、予算年約3億円(人件費含む)と限られた条件の中での研究ではあるが、各人の研究テーマの関連付け、研究成果の相互利用等出来るだけ研究効率を上げ、体系的なおかつ創造性の高い成果が得られることを期待している。