

FIMの作製と原子像

工学部機能材料工学科

岩崎政行

1. はじめに

電界イオン顕微鏡 FIM (Field Ion Microscopy) は、1951年ペンシルベニア州立大の Muller 博士によって発明され、世界で始めて原子配列を直接観察することに成功した装置である。ここではこれをもとに作製した FIM 装置についてふれ、この装置から得られた金属の原子像を紹介する。

私のいる研究室では、金属の表面を扱っており、解析装置として STM (走査トンネル顕微鏡) を使用する。この装置は、電子のトンネル効果を利用したもので、検出部は針状で出来た金属を使用する (以下チップと呼ぶ)。チップはタングステン、白金等の単結晶である。(直径 0.2 mm, 長さ 15 mm)

チップは、電解研磨法で作る金属顕微鏡や SEM (走査電子顕微鏡) を使い、チップ先端の対称性を確認する。しかし、良いチップをいかに再現性をもって作るかは重要な課題である。FIM はチップの状態を原子レベルで観察できる特徴を持っており、チップ先端の対称性を再現できる装置である。

2. FIM 装置の概略

装置本体の概略図を図 1 に示す。本体容器の中にチップと蛍光物質を散布したガラスを約 100 mm 離して設置し、容器内を $10^{-7} \sim 10^{-9}$ Torr の高真空とし、つぎに、結像ガス (He, Ne 等の希ガス) を入れ $1 \sim 3 \times 10^{-3}$ Torr の結像ガス雰囲気を作る。試料チップは液体窒素で 77K に冷却して、高電場を加える。

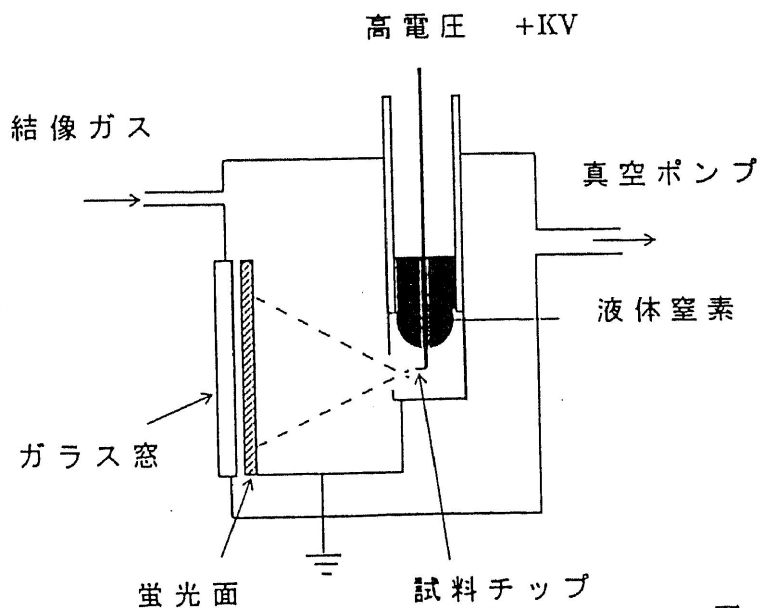


図 1

次にチップ先端の結像ガスのふるまいを表わした概略図を図 2 に示す。結像ガスには He を使用し、図中の丸い階段状はチップ先端の原子を表わした模式図で、

正電場が加わった状態である。He 原子は電場で分極されチップ先端に引かれ衝突を繰り返し、何度も飛び跳ねているうちに衝突速度は減速され、電場勾配の強い突き出た原子の上でイオン化され +He イオンになる。このイオンは電場によってチップから蛍光面に向けて加速され結像し、その原子像を映し出す。

チップをセットした後、高電場を加えて表面原子をイオンとして取り除いてチップ先端を形成する。この電場蒸発法は自己調整作用を持つ。それは、鋭い角や粗い面では電場がもっとも大きくて、その部分が最初に除かれるからである。

このように、FIM 装置では試料先端部の原子をはぎ取り、先端の形成を行うことが可能である。

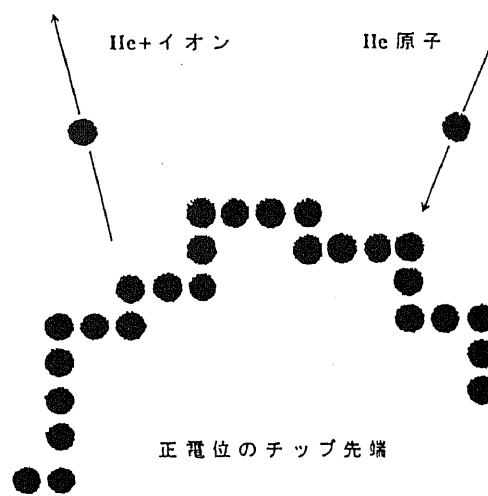


図 2

3. 作製した FIM 装置の基本構成

全体としては真空排気系、本体容器、鏡体部、高圧電源部、ガス導入部、記録部の 6 つから構成されている。

真空排気系は図 3 に示し、到達真空度を 10^{-7} Torr と目標においたので油拡散ポンプを使用し、本体容器に不純物ガス等の混入を防ぐためトラップ、バツフル等を取り付けた。到達真空度 p は排気速度 S とガス放出量 Q で決まる。

実際の真空度は 8×10^{-7} Torr となった。

$$p = \frac{Q}{S} \quad (\text{Torr})$$

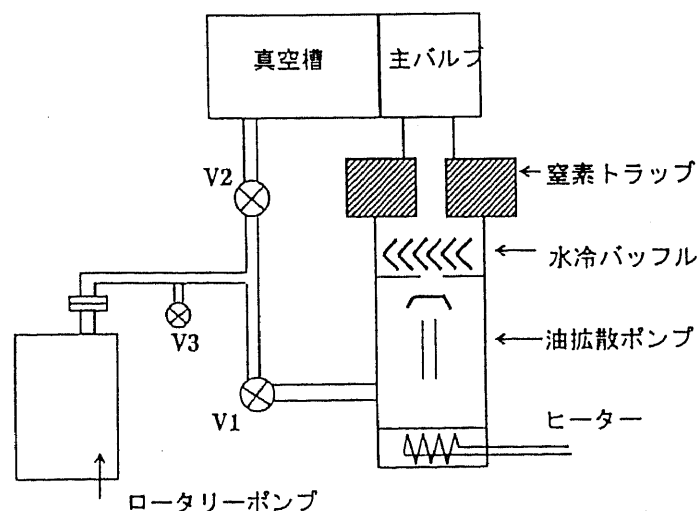
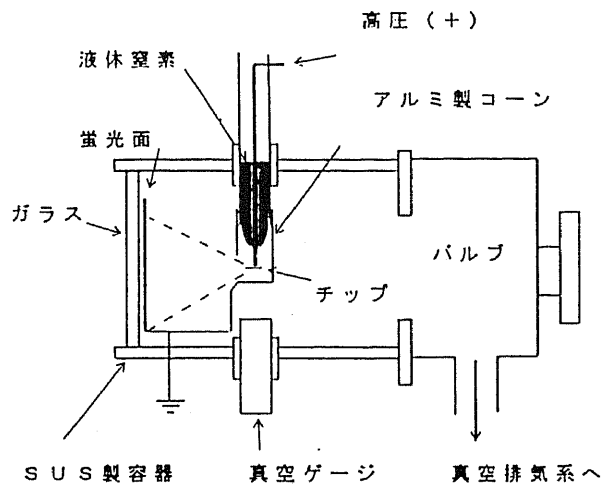


図 3

容器側面図



本体容器の側面図と正面図を図4に示す。本体容器(厚さ5mm, 直径120mm, 長さ180mm)は不純物ガス放出量の小さいステンレスを使い、容器とフランジ及びゲージポートの取り付けはアルゴンアーク溶接で行った。又、ビューポート(のぞき窓)は厚さ10mm, 直径140mmのガラス板を使用した。

次に原子像を映し出す鏡体部は、厚さ1.5mm, 直径120mmのガラス板に蛍光物質を散布しスクリーンとした。結像ガスはHeを使い、導入部は全てガラス製とし、水分等の混入を防ぐためコールドトラップを設けた。

正面図

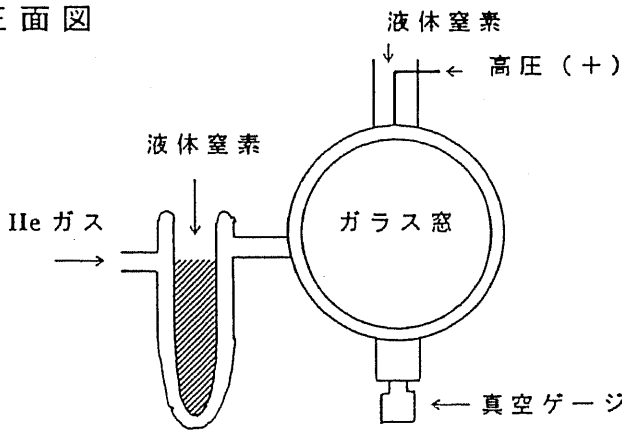


図4

図中の本体上部のチップ取り付け部および高圧部(別名コールドフィンガー)はガラス製とし高圧の導入線にタングステン線を使用した。この部分はガラスと金属の封着部分であり液体窒素が入るため真空漏れには要注意である。

つぎにチップ取り付け部の形状を図5に示す。

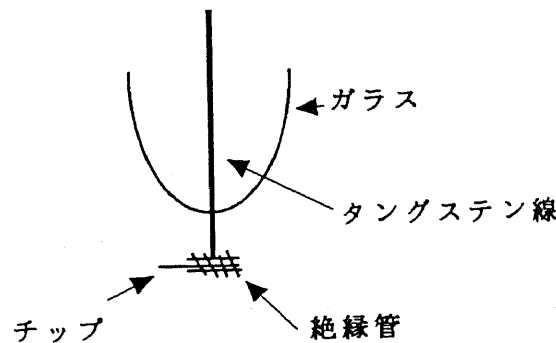
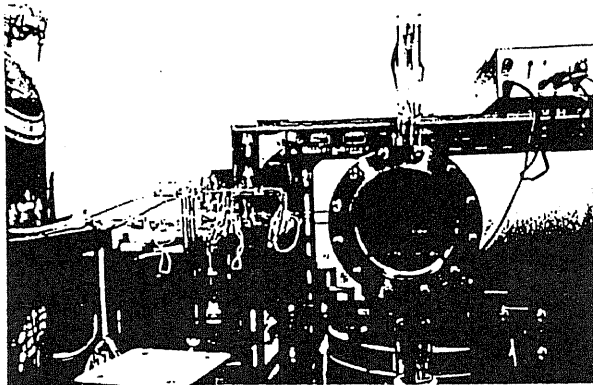


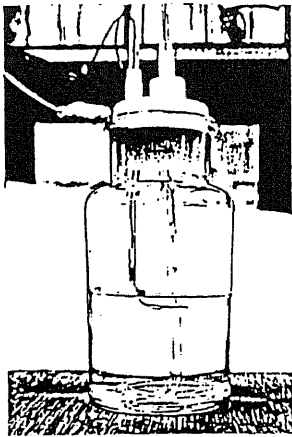
図5

4. FIM と原子像

今回作製した電界イオン顕微鏡 (FIM) を図 6 に示す。



電界イオン顕微鏡 (FIM)



電解研磨装置と W-tip の顕微鏡像 ($\times 130$)

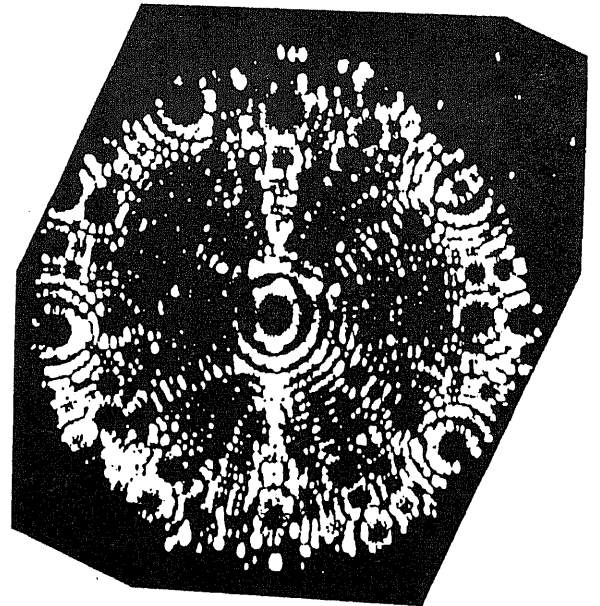


図 6

図 7

試料チップはタングステン (W) (1,1,0) 面の単結晶を使用した。チップ先端の形状は電界研磨装置を用い作製し、その先端部を金属顕微鏡で観察した結果を図 6 に示す。

FIM で観察されたタングステンのチップ先端部の原子像を図 7 に示す。

測定条件	He	3×10^{-3}	Torr
	電圧	20	Kv
	チップ温度	77	K
	フィルム	Kodac P3200, 15sec	

図において中心部のリング面はチップ先端部であり、タングステン (1,1,0) 面を表している。輝点は突出している原子に対応し、図 2 の円形の平らな面が明瞭に認められる。また、今回重視したチップ先端部の対称性はリングが等方的に広がっており、対称性のあるチップが作製できた。