



Title	極低温電界イオン顕微鏡について
Author(s)	中村, 勝吾
Citation	大阪大学低温センターだより. 1973, 3, p. 5-6
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/9063
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

極低温電界イオン顕微鏡について

産業科学研究所 中 村 勝 吾

抽象的な概念を仲介としないで、結晶表面の原子の配列を手にとるように見ることができるということが電界イオン顕微鏡(FIM)の特徴であるが、比較的最近までX線や電子線を使い馴れた結晶解析の専門家からは、その価値が疑問視されたり、あるいは門外漢の人々からは逆に過大評価されたりして、今までしばしば当惑させられることが多かった。しかし、最近になってFIMの得失を充分ふまえて研究に利用し始めた人が日本国内にもかなり出て来た事は、長年、孤立感を味わいながらFIMの開発や利用技術の開拓に努力して来た筆者にとってうれしいことである。

複雑で、なんとなくもっともらしい大仕掛な顕微鏡でなく、試料針と蛍光面だけで構成された簡単なFIMを見た人はこれで“原子が見える”とは容易に信じかねるようである。しかし、FIMで“原子が見える”ということは、これまでの多くの実験事実から殆んど疑う余地がない程はっきりしている。

FIMが、これ程高い分解能をもっている理由は過去のMüllerの説明で充分であると考えられていた。しかし、原点に戻って少し突っ込んで議論をするとき、実は理論的根拠がかなりあいまいになり、現在でも結像機構にあいまいさが残っている。

10年程度前にMüllerが書いたField Ion Microscopyの教科書でFIMの試料温度は液体水素温度が適温で、それ以上温度を下げる時、かえって像の分解能が悪くなる……との記述がある。そればかりではないと思うが、今まで20 K以下で実験された例は殆んどない。その当時、Müllerが提案していた結像機構は最近になって彼自身が大幅に修正せざるを得ない事実が幾つか現われた。

そこで結像機構をはっきりするため、手がかりをつかむ一つの方法として温度を実際の使用条件(液体水素温度)から上下したときの像の変化を調べてみるということは自然の成行きであろう。これが極低温FIMを作ってみようとした動機の一つである。

FIMの試料を4.2 Kに下げるとは技術上、または取扱い上かなり面倒であるが、実用上、多くのMeritが期待できる。そのことも共に確かめてみたかった。

長年、使い馴れている液体水素に比較して、蒸発潜熱が極めて小さい液体Heに関しては全くの素人で、極低温の専門の人々に聞いたり、物理学会編の“低温物理”の教科書を拾い読みし、また二、三のクライオスタットの例を参考にし、ともかくでっち上げた“極低温FIM”が図に示すものである。試料支持部のみを改造し、鏡体等は今までのものをそのまま利用した。

FIMは動作中、1) 試料に ~ 20 KV以上の直流高電圧を加えることができる、2) 鏡体の中に $1 \sim 10^{-1}$

μHg の He ガスを導入して少なくとも 10 分～20 分 安定に動作すること等が必須の条件である。

図に示された FIM について熱入力を計算してみると輻射や熱伝導は殆んど問題ないが、鏡体内の He ガスの対流による熱入力により液体 He はかなり激しく蒸発する筈である。鏡体内に結像用の He ガス $p = 1 \sim 10^{-2} \mu\text{Hg}$ を導入した場合の液体 He の蒸発量から熱入力 Q_c を実験的に求めると

$$Q_c = 1.9 P + 0.15 \quad (\text{Watt})$$

で設計公式から計算した結果とほぼ一致した。一般の FIM は、結像用の He ガス圧は $1 \mu\text{Hg}$ 程度で動作しているが、像の明るさが予想通り、非常に明るくなったので $10^{-1} \mu\text{Hg}$ でも充分実験が可能であったので比較的落付いて実験ができた。

この FIM の液体 He の使用量は、最初、装置を液体窒素で予冷しておくとし、78 K から 4.2 K に下げるのに約 2 liter、鏡体に He ガスを導入して 30 分程度 実験を続けるとき、約 1 l 程度補給すればよいので、1 回の実験で 3 l 程度の He を必要とした。試料に 10KV 以上の高圧を加えて実験するとき、液体 He 温度に下げた時に限って原因不明の放電が起ることが多かった。種々対策を講じたが今の処、未解決である。

試料針の先端の温度は厳密な測定ができないし、また今の処その必要もないが、針の先端の柄の間の温度差は計算の上では無視できる程度に小さいので、試料先端は 4.2 K に近い処まで冷却されているのではなからうか。

液体 He で冷却した FIM によるイオン像は過去の Muller の予想に反して分解能は 20 K の場合よりかなり高く、また予想されたいくつかの Merit も確認できた。しかし、像の明るさの分布および電圧依存性については今までの理論では説明のできない奇妙な現象がいくつか現われた。結像機構を解明する手がかりを期待してこの研究をスタートしたのであるが、予期しなかつたいくつかの奇妙な現象が出現した。このため、かえって極低温 FIM が益々興味深いものになって来たようである。

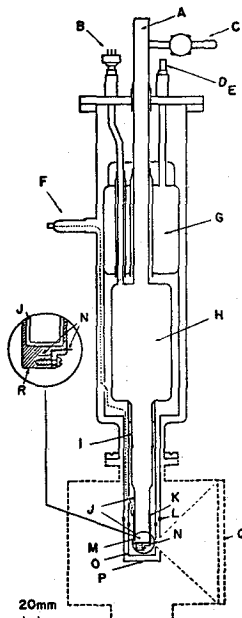


図 1. 極低温 FIM 試料支持部の構成図

- A : He 用トランスファー管入口
- B : 導入線
- C : He 帰路
- D, E : 液体窒素注入口
- F : 高圧リード端子
- G : 液体窒素容器
- H : 液体 He 容器
- I : 銅チューブ
- J : コパールガラス
- K : コパールシール
- L : ウッドメタル結合
- M : 試料支持金具(銅)
- N : 試料チップ
- O, P : 銅ジャケット
- Q : 螢光面
- R : 銅チャック