

Title	超流動ヘリウム中での荷電粒子の生成法
Author(s)	堀, 秀信; 市川, 修
Citation	大阪大学低温センターだより. 1975, 9, p. 8-11
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/10805
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

超流動ヘリウム中での荷電粒子生成法

理学部 堀 秀信, 市川 修 (豊中2472)

約6年程前から我々の研究室では、超流動ヘリウムの色々な励起状態やそれ等の集団運動の様子を、液体ヘリウム中の荷電粒子の運動を通じて調べるため、ヘリウム中に荷電粒子を生成する方法を開発して来た。ここでは、そのうちの二つの方法について紹介する。

まず一つは、光電効果を液体ヘリウム中で行なわせようというものである。一般に光電子放出をさせる光電面は非常に酸化されやすく、光電面をいかに真空蒸着し、光電面の酸化をさけながら、液体ヘリウムに浸すかが問題となる。我々が選んだ光電面の材料は金属ナトリウムであるがこれは製作上の手順が簡単で、装置も余り複雑にならず、光源も水銀灯の紫外線で、光電子が取り出せるという利点がある。光電管の実際の構造が図1に示されている。光電面は図の(1)で、陽極は(2)である。(3)はシールドであって、それはNaを蒸着する際、Naの蒸気が陽極と陰極の間について電氣的に短絡されるのを防ぐためにある。またこれは後で実際に実験を行う時、陽極陰極の状態を観察出来るように、ガラス管へのNaの蒸着をさけるためにも役立つ。(4)はNaの入ったガラスのカプセルでその一端は閉じ、他端は開いている。(5)はキャップで、コルツの窓(9)と巻き上げコック(6)、真空バルブ(7)がついている。この窓は後で、光電子放出用の紫外線を入れるためのもので、巻き上げコックはシールド(3)をNa蒸着後引き上げるためのものである。(7)の真空バルブは排気系との結合、切り離しの為である。こうして、このガラス管全体が光電管になっており、それに(8)の細いガラス管がつけられている。先は更に極めて細かいカギ型に整形されている。

光電面製作から液体ヘリウム導入までの手順は次のようにする。ガラス管を真空に引く前に、予め、金属Naの入ったカプセルを作り、図のように、このガラス管内に入れておく。ガラス管全体は横にして真空ポンプにセットされる。そして、(7)のバルブを開いて真空に引くのであるが、 $10^{-7} \sim 10^{-6}$ Torr程度の真空で約4~5時間程引く。この間、ガラス管をバーナーで軽く何度も熱して充分Out gasを出しておく。次にガラス管の外からバーナーで、Naカプセルをゆっくり熱し続けると、しばらくしてカプセル内のNaが溶けてカプセルの内圧が上がり、Naが外に出てくる。この時、Naの酸化された部分はこのガラスシールドにくっついてしまう。そのまま熱し続けるとNaは蒸発していき、電極に蒸着されていく。適当な所で蒸着をやめ、冷えるのを待って、巻き上げコックでガラスシールド(3)を引き上げる。この時Naの残りの部分はそれにくっついたまま引き上げられ、カプセルはガラス管内の邪魔にならない所にもっていって置く。次にコックを閉じて、

デュワーにセットし、予冷をして液体Heを汲む。この状態で紫外線をあてて、一応光電流がどの程度流れるかをチェックする($\sim\mu\text{A}$ 程度である。)ガラスの枝(8)の先につけてある糸を引張ってその先端を破り、光電管内に液体Heを導入する。(この糸はデュワーにセットする時、予めクライオスタットの外に引き出して置く。)

液体He中では光電流は $\sim 10^{-3}\mu\text{A}$ 程度である。この方法は、光電面をエチルアルコールでエッチングし、ガラスの枝(8)の先を簡単なガラス細工をして、再度、同じ実験をくり返すことができる。この方法では、当初期待していたHe中の電子の集団運動や、E.S.R.等の実験をするのに必要な濃度が得られなかったのも他の方法の開発に移っていた。しかし、より高度な真空及び蒸着技術(たとえば、不純物濃度を制御する事)を組合せて、酸化しやすい金属の表面状態や薄膜の物理的性質を液体He中で研究しようとする時は上記のような技術は有効であると思われる。又、外側の真空をシールしているガラス管を工夫して、光学測定用の窓をつける事も可能で、その方面の研究も可能となるであろう。

我々の開発したもう一つの荷電生成法はいわゆるHot-Cathodeの方法と呼ばれるもので、液体He中のタングステン線による熱電子放射を利用するものである。図2に概略図が示してある。タングステン線の直径は $10\mu\text{m}$ 程度で長さは $10\sim 5\text{mm}$ 位である。それを陰極として、まわりに同軸状に陽極をつけて色々な測定をするわけである。このタングステン線を超流動He中に浸して電流を流すと始めは電流は電圧に比例して増加するが、ある臨界電圧(約 0.1V 位)で急に電流が小さくなりしばらく電圧の増加に対して電流が減少するという負抵抗の領域が続き、その後再び電圧の増加とともに電流が増加するようになるが、この辺からタングステン線が光り始め電流も多く流れるようになる。この負抵抗になった時からタングステンフィラメントのまわりにガスのさやができ、液体Heとタングステン線との断熱材のような役割を果していることがわかっている。Wフィラメントは直径 $10\mu\text{m}$ という、目でやっと見える程度の細さで、それを支えるのに工夫がいる。我々は直径 0.5mm 程度の少しやわらか目の銅線を折り曲げて、その銅線を更に電極用端子にハンダ付けする方法をとった。更に重要な事はタングステン線上についている不純物を充分良く取ることである。我々は超流動He中で、充分赤熱する事によってそれ等を取り除いた。この操作を我々はフラッシュと云っているが、W線の長さや、そのHoldの仕方によって赤熱の仕方を変えねばならない。我々の経験ではヒーターのついている状態での極小の抵抗値が $0.45(\Omega/\text{cm})$ 程度になるようにするのが良いようである。フラッシュすることは非常に重要でこの他、接触抵抗もかなり小さくすることができる。時々、タングステン線が全体に光らずある一点だけで光る場合があり、この原因はよくわかっていない。今の所フラッシュをやる時、瞬間的に電圧を $6\sim 7\text{V}$ にあげるような事をやったり、W線の長さを 7mm 程度の少し短目にする等の方法によってそれをさけている。

この方法で、陽極電圧が数KV/cmのとき数 μ A程度の陽極電流が得られる。又、陽極に、1500~2000Vの逆電圧(負電圧)をかけるとガスのさやの中で放電が起きて、正の電荷の電流を流すこともできる。他方、この方法ではきれいな表面をもつW線が、液体He中に作られるので、カピッツァ抵抗の実験にも使えるのではないかと考えている。

図1

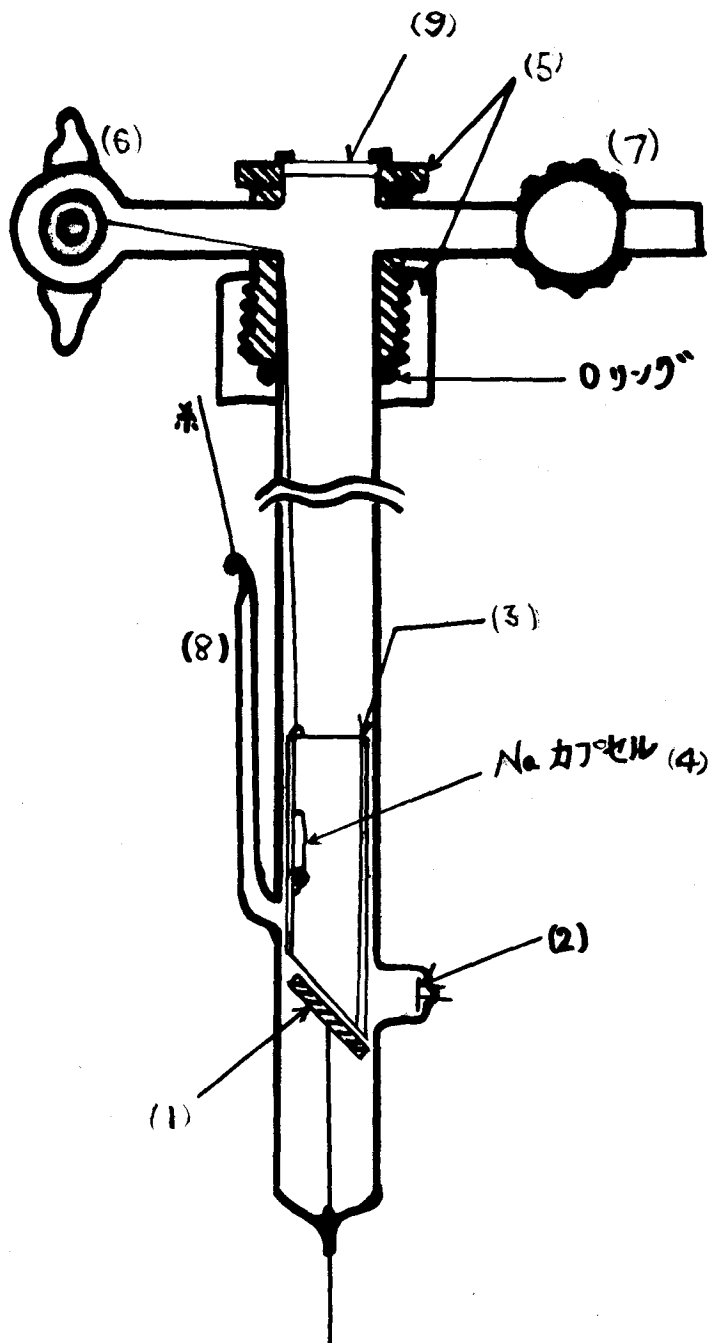


図2

