

Title	超高圧電子顕微鏡への超電動応用
Author(s)	裏, 克己
Citation	大阪大学低温センターだより. 1973, 1, p. 5-6
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/6546
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

超高電圧電子顕微鏡への超電導応用

工学部 裏 克 己

このたび大阪大学に設置された超高電圧電子顕微鏡の加速電圧は最高 8 MV であり、現在の世界記録である。このつぎの段階でさらに高電圧が必要となれば、いままでの超高電圧化の過程から見て、エネルギー 10 MeV ということになる。このエネルギーは従来のコッククロフト方式で実現するには非常な困難を伴い、ライナック（線形加速器）方式が有力視されている。通常の常電導ライナックで 10 MeV の加速といえは、技術的な困難さはない。しかし電子顕微鏡に使うにはエネルギーの変動を 10^{-4} 以下に押える必要があり、これはパルス動作をしている常電導ライナックでは実現困難とされている。そこで超電導化して連続波動作に成功すれば精密な制御技術を導入することが可能となり、電子顕微鏡に応用することができよう。筆者はこの考えに基づいて数年前よりそのための基礎研究を進めている。また 8 MV 電子顕微鏡を持つフランスでも同様な研究が Orsay で行なわれている。

レンズ系として超電導コイル方式がテストされている。この場合、数万アンペアターンを数 cm^2 のコイル断面で実現でき、超電導の威力が発揮され、レンズ特性自体はすでに所期の性能に達している。ただし対物レンズに関しては、常温または高温に保たれる試料との熱的相互作用による像のドリフトの問題が残っている。

一方、超電導ライナックも加速器における新技術として登場した。通常の常電導ライナックでは現在 10 MeV/m 程度のエネルギー利得があるが、所要マイクロ波電力は数 MW/m である。このような大電力を狭い空間で処理し切れないので、パルス動作とならざるを得ず、エネルギー利得を抑える要因は、このマイクロ波大電力管とその電源の価格と保守の点とされている。超電導化すると、理論的には 10^5 程度も損失を減らせるので、マイクロ波電力源に関する制約が大巾に減り、また精密制御も容易となる。

常電導金属を 0°K にまで冷却すれば直流抵抗を零に近づけ得るが、高周波（マイクロ波）抵抗は異常表皮効果のため常温の数分の 1 程度にしか低下しない。これに反し超電導を用いると、 0°K にまで冷却すれば理論上は高周波抵抗を零にできる。すなわち高周波抵抗をある程度以下に小さくするには超電導をどうしても使わざるを得ない。この点で高周波領域での超電導応用はいわゆる技術革新の一つの担い手である。共振器でなく通信ケーブル（直径 1 mm 余りの多芯同軸ケーブル）を超電導化する実用化試験が武蔵野電通研で行なわれ、これによってミリ波通信は一挙に影が薄くなり、はかばかしい進展を見せない光通信に代って将来の超大容量通信の本命と見られるようになってきている。この辺の事情は直流用大型マグネット、大電力ケーブルが高純度金属を $20^\circ\text{K} \sim 77^\circ\text{K}$ に冷却しコイルまたは電力ケーブルとして用いる Cryogenic Resistive 方式と厳しい競走を強いられていることと対比すれば興

味深い。

空洞共振器をNbまたはPbで構成して実際に測定してみると、 0°K に近づいても有限の損失が残る。この残留損失を減らすこと、およびQを低下させないで動作高周波磁界強度を、臨界磁界値にいか近づけるかに、世界の研究者が苦心しているが、まだ確立された処方がない現状である。Xバンド(9GHz帯)でNb空洞で $Q=10^{11}$ という記録があるが、寸法を大きくして3GHz, 1GHz帯にするとQが低下すること、また表面処理に非常に敏感であることが知られている。電子を通過させて加速するときには、汚れのためさらにQは低下する。国外では、すでに数年前に数MeV($Q\sim 10^6$)程度の電子の加速がテストされている。国内では筆者のところで昨年TM₀₁₀モード(3.8GHz), Pbの単一空洞で0.5W入力時($Q=10^7$)に20KeVの加速の実験を行なった以外は、東大高エネルギー研、東北大で研究を開始した程度であり立ち遅れは著しい。

10MeVの超電導ライナックを現在の資料から考えると、加速管長5m(2MeV/m), $Q=10^8$ のとき損失20W程度になりそうである。材料はPbかNbである。電子顕微鏡に応用するにはライナックの超電導化以外に

- (i) 加速マイクロ波電界の制御(これは結局マイクロ発振器のAM, FM雑音の抑制と等価である)
- (ii) 加速管の微小放電抑制(マイクロ波, 極低温, 超高真空という状況下での),
- (iii) 電子ビームに対するピコセカンドパルスゲート(加速管への入射位相を一周期の数百分の一に限定する)の開発が必要で、筆者らはこれらも平行に研究を進めている。今後はさし当りエネルギーを実験のやり易いところまで下げ、全体の系のテストをまず行う方針である。