

Cascaded Operation of High- T_c Bulk Superconductor Lenses (Supertrons)

Hidenori MATSUZAWA, Akihito OHSHIMA, Yasuyuki MIZUTANI,
Kazuhiro SHOJI, Eizo IKAWA, Yukio CHINO and Shinji SUGANOMATA

Faculty of Engineering, Yamanashi University, Kofu 400, Japan

Lenses (Supertrons) of novel type transported intense electron beams (~ 340 keV, ~ 10 ns, ~ 2 kA) effectively in their cascade operation. The inner diameter of the lenses was 20 mm and their respective axial lengths were 40 and 13 mm. While the distance between the two lenses was up to ~ 17 mm, the electron currents that exited the first lens were totally transported through the second. From the experimental results, the lens separation should be less than the value of the inner diameter of the lenses, and their axial lengths should be longer than the value of their inner radius. The successful transportation of the electron beams indicates the utility of arrays of Supertrons as a novel lens system.

スーパートロンのカスケード動作

1. はじめに

高温超伝導体の応用として、荷電粒子ビーム用レンズ (スーパーatron, Supertron)¹⁾を開発してきた。その原理は、荷電粒子ビームを超伝導体円筒の内部へ入射したとき、ビームの自己磁場を超伝導体のマイスナー効果によって円筒内へ閉じ込め、圧縮・強調された自己磁場の圧力によってビーム自身を細径化するという簡単なものである。スーパーatronの応用例として、自由電子レーザー用ウィグラーが可能であること²⁾を示すと共に誘導加速器の電子ビームガイドとしても使えること³⁾を報告した。本報告では、スーパーatronのカスケード接続が有効であることを述べ、粒子ビームの新しい伝送系を実現できることを示す。

光学レンズをカスケード接続して光を遠隔地に伝播する方式と類似の、スーパーatronのカスケード配置を図1に示す。高速に加速された電子ビームは、このレンズ系を周期的集束を受けながら伝播する。もし、隣接するスーパーatron間に加速電圧を印加すれば、新しい電子ビーム加速系が成り立つ。本報告では、加速電圧を印加せず、単に受動レンズ素子列としての動作について述べる。⁴⁾

2. 実験装置

装置の概略を図2に示す。強力電子ビーム (~ 340 KeV, ~ 1 kA, ~ 10 ns)は、陰極と陽極 (スーパーatron) との間に高電圧パルス印加して電界放射により発生する。このダイオード空間にはネオンガス

(0.1 Torrの桁)を導入しているので、電子ビームの空間電荷は中和され、圧縮された自己磁場によって容易に細く絞られる。一、二段目のスーパーatronの出口にはログスキーコイルが設置してあり、最下流のファラデーカップと共に、ビーム電流の時間変化を観測する。スーパーatronは内径 20 mm、長さ是一段目 40mm、二段目 13 mm であった。ファラデーカップ直前のチタン箔 (20 ミクロン厚) と二段目スーパーatron出口との間隔は 15 mm に保たれた。ダイオード部の容器には観察窓があり、スーパーatronの動作時の解放写真を撮った。電子ビームの時間的振る舞いは、高速オシロスコープ (1 GHz, Tektronix SCD 1000) で観測した。

3. 実験結果

図3に、二段目スーパーatronをファラデーカップと共に下流軸方向へ変化させたときの測定結果を示す。△印は、二段目スーパーatronを除去して、超伝導状態の一段目スーパーatronのみの場合の、下流において検出された電子電流値である。軸方向距離 d に対して d^{-2} ではなく d^{-3} に比例して変化した。この理由は、電子ビームが中心軸近傍に集束していたからであろう。●印は一段目が超伝導状態で二段目が常伝導状態の場合の結果である。△印と●印とが一つの近似曲線上にある事実から、常伝導状態の二段目スーパーatronはレンズ効果がないといえる。○印は一、二段目共に超伝導状態であり、レンズ間距離が 17 mm まで離れても、ほぼ一定の電

流値を下流へ集束・伝播している。図3の結果から、レンズと電子ビームのプロファイルを推定すると、図4を得る。図の(a)-(e)は図3の同じ記号の測定点と対応する。図4を得る過程から、本実験で使用したスーパー tronは、レンズ間距離が ~ 17 mm 以下の場合には、中心軸に対して入射角 34° 以下のすべての電子ビームを集束していると思われる。

4. まとめ

超伝導状態の二つのスーパー tronを同一中心軸上にカスケード配置したとき、スーパー tronの間隔がその内径よりも接近しておれば、初段スーパー tronに入射した電子ビームは二段目も集束を受けて通過することが確認できた。また、初段はともかくとして、二段目以降のスーパー tronの軸長はスーパー tronの内半径程度以上に長ければ、レンズとして機能することが認められた。この結果は、液体窒素冷却により動作温度が $\sim 85-90$ K の場合の結論である。ところで、もし動作温度をさらに低下させれば、スーパー tronのレンズ効果は高くなる

(文献5)。従って、その場合のスーパー tron間隔は更に長く、また軸長はより短く設定することが可能になる。本報告では、スーパー tronのカスケード列がレンズ系として有効であることを述べた。

文献

- 1) For a review, see H. Matsuzawa: J. Appl. Phys. 74 (1993) R111.
- 2) H. Matsuzawa, Y. Ishibashi, M. Ariizumi and H. Saegusa: Appl. Phys. Lett. 59 (1991) 141.
- 3) H. Matsuzawa, H. Wada, S. Mori and T. Yamashita: Jpn. J. Appl. Phys. 30 (1991) 2972.
- 4) A. Ohshima, H. Matsuzawa, Y. Mizutani, K. Shoji, E. Ikawa, Y. Chino and S. Suganomata: Jpn. J. Appl. Phys. 34 (1995) 3511.
- 5) H. Matsuzawa, H. Kobayashi, H. Mochizuki, N. Yoneyama, A. Ohshima, S. Hirano, E. Mori, G. Horigome, Y. Ishida and Y. Chino: Jpn. J. Appl. Phys. 33 (1994) 2526.

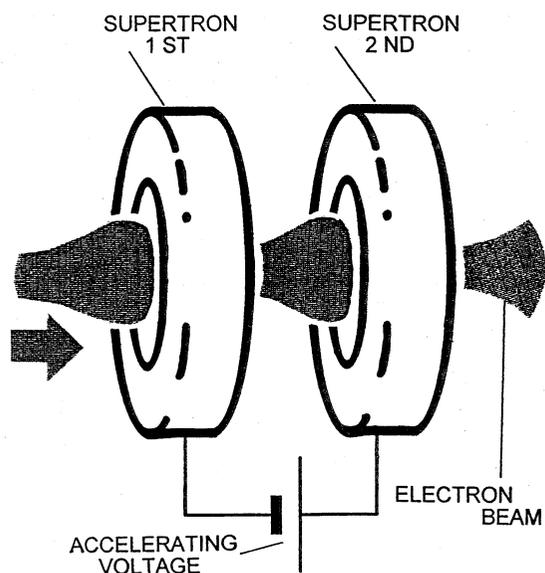


図1. スーパー tronのカスケード動作。

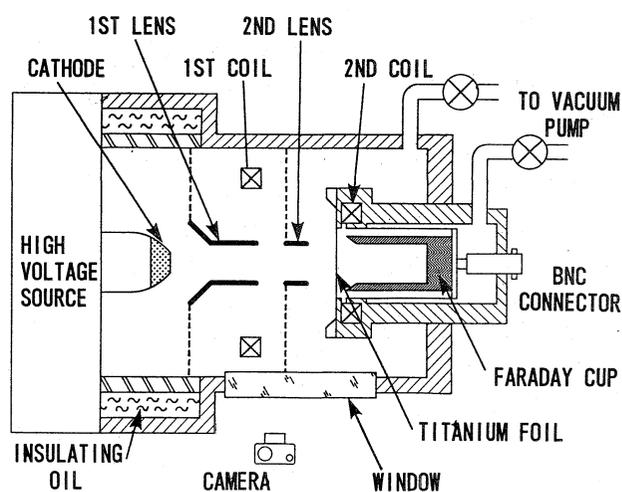


図2. 実験装置の概略。

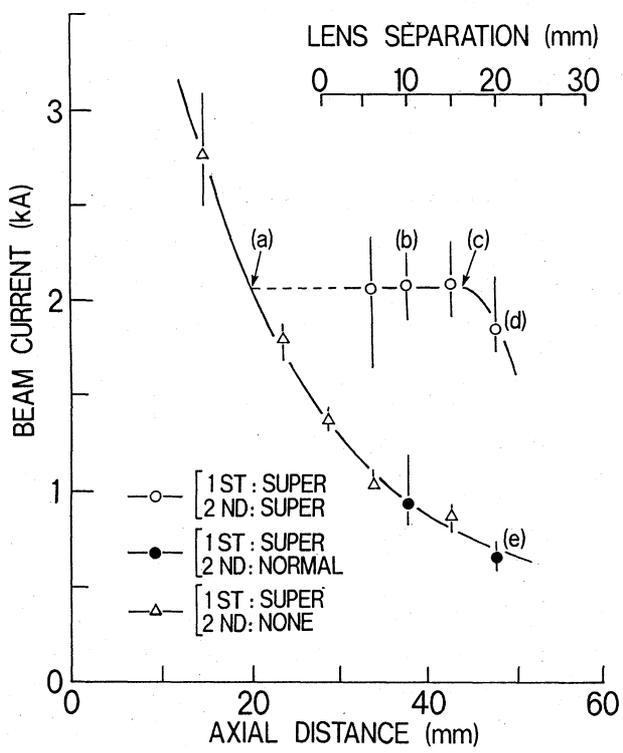


図3. スーパートロンの間隔を変化したときの
下流へ集束・伝播された電流値。

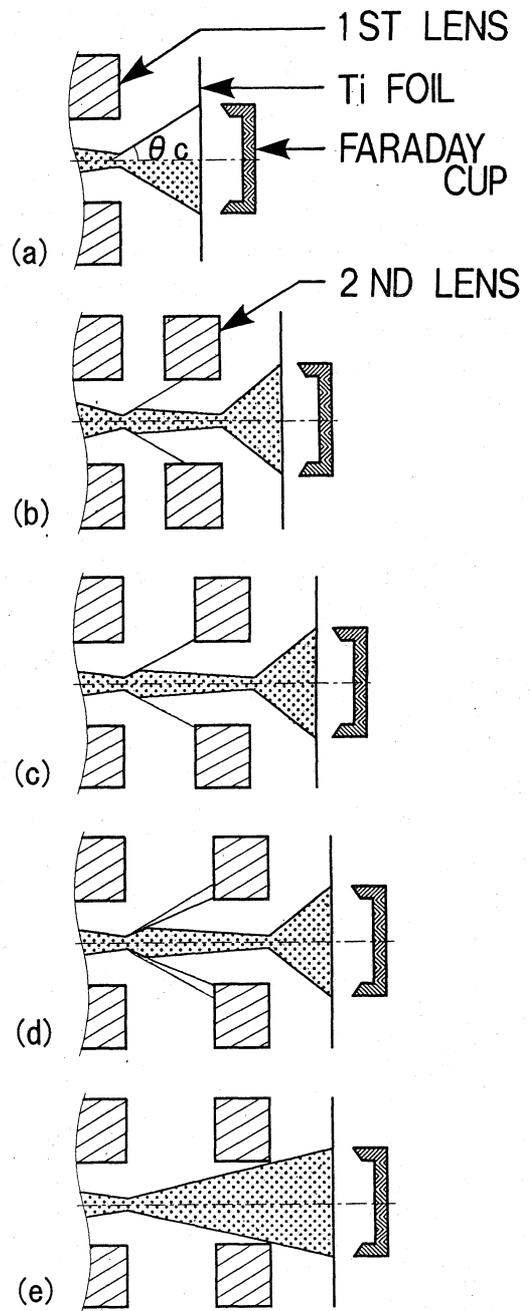


図4. スーパートロンの間隔を変化したときの
電子ビームのプロファイルの有様。