

制御コイルによるバルク高温超電導体上の永久磁石の浮上力アクティブ制御

荒井宏仁*1, 二ノ宮晃*2, 石郷岡猛*3

Experiment on Control of Levitation Force of Permanent Magnet on HTS Bulk

Hirohito ARAI *1, Akira NINOMIYA *2, Takeshi ISHIGOHKA *3

(Received April 2, 2004)

1. はじめに

バルク高温超電導体を用いた磁気浮上では、機械的接触部分が存在しないという長所があるため、半導体搬送装置や磁気ベアリングなどへの応用が期待されている。しかし、この方式では、浮上力自体は十分に強いとは言えず、また、フラックススクリープ等による浮上力の減衰の可能性もある。このため、著者等は、バルク高温超電導体と永久磁石およびコイルの三者による磁気浮上システムについて実験を行った。すなわち、そのシステムにおける浮上力が、コイルの通電電流により、どのように制御されるかを実験的に検討した。

2. 基本原理

図1に示すように、バルク高温超電導体の上に永久磁石を置き、さらにコイルによりバルク高温超電導体に可変磁界を印加することで、永久磁石に作用する浮上力を制御した。この動作原理は、コイル磁界の重畳によりバルク体の遮蔽電流が変化し浮上力が制御されるためと解釈することが出来る。このため、コイルの電流を大きくすると浮上力は増加し永久磁石は上方に動く。なお、バルク高温超電導体と永久磁石との間には、単なる反発力のみならず、バルク体の磁束ピンニング作用が働き安定

した浮上が出来ることは言うまでもない。このようにして、コイルに電流を通電し、これを制御することで浮上力、あるいは浮上高さを調節することができる。

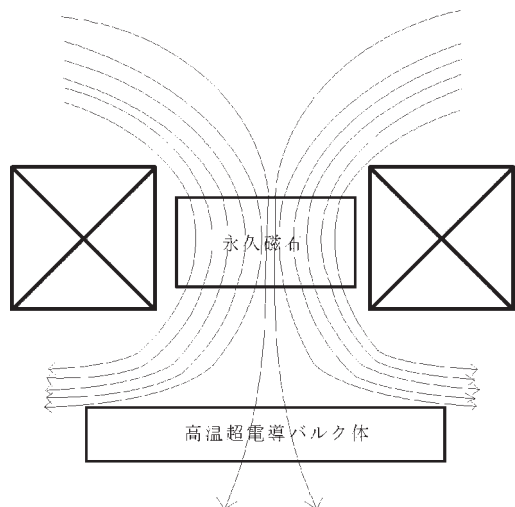


図1 基本原理の概念図

3. 実験方法

図2に示すようにバルク高温超電導体の上に永久磁石を置き、さらに、制御磁界印加用コイルを高温超電導バルク体の上方に配置した。これに電流を通電し、永久磁石の磁界にコイルの磁界を重畳してバルク高温超電導体に印加した。この状態で、コイル電流を制御することにより永久磁石に作用する浮上力をロードセルで測定した。

*1 電気電子工学専攻大学院修士学生 (Graduate Student, Dept. of Electrical Engineering and Electronics)

*2 電気電子工学科助手 (Research Associate, Dept. of Electrical Engineering and Electronics)

*3 電気電子工学科教授 (Professor, Dept. of Electrical Engineering and Electronics)

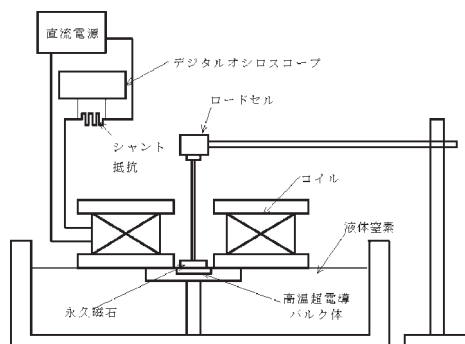


図2 実験装置の構成

4. 実験結果と検討

実験は、QMG法Y系酸化物高温超電導バルク体を用いた。成分配合比はY:Ba:Cu=1:2:3である。バルク体の寸法は縦幅30mm、横幅30mm、厚さ2mmである。この高温超電導バルク体を1枚、4枚、および5枚(上に1枚、下に4枚)敷いた場合のコイル電流に対する浮上力の変化を、それぞれ図3、4、および5に示す。

図3～5から、コイル電流の増加と共にバルク体上の永久磁石の浮上力が増加することが分かる。

また、図3と図5の比較から、ギャップ長が大きい場合、浮上力を強くするには、バルク体の面積を大きくすることが有効であることが分かる。

なお、図3と図4を比較すると、バルク体4枚を敷き詰めた「田」の字状配置では、中心部からの磁束が漏れにより浮上力が弱くなるので、中心に1枚バルク体の追加が必要であることが判る。

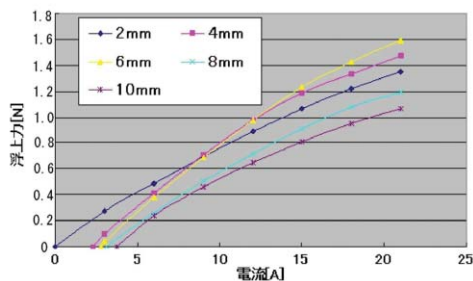


図3 バルク体1枚の場合の浮上力の変化 (図中の数値(mm)は初期高さを示す)

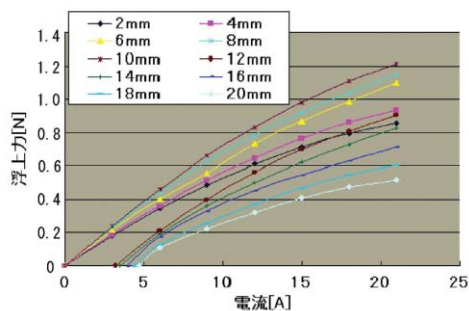


図4 バルク体4枚の場合の浮上力の変化 (図中の数値(mm)は初期高さを示す)

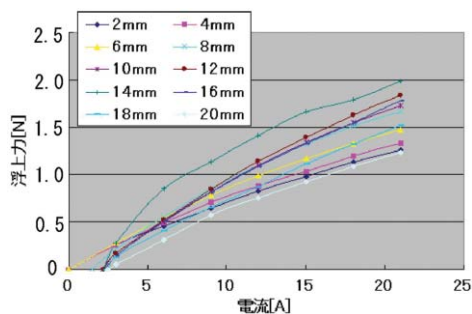


図5 バルク体5枚の場合の浮上力の変化 (図中の数値(mm)は初期高さを示す)

5. 結論

本実験から、コイル電流の制御により、バルク体上の永久磁石の平衡位置からの浮上力を、0から2Nの範囲で調節できることが分かった。

以上の結果、将来無塵室等のクリーンな環境中でのシリコンウエーハ等の搬送に本装置の原理が有効に活用できるのではないかと考えられる。