The fabrication method of L-band niobium coated copper superconducting cavities

Masahiko OKUDA, Hiroshi KAJIKAWA, Tetsuya OHOTANI, * Kenji SAITO,
* Eiji KAKO, * Ken TAJIMA, * Shuichi NOGUCHI, * Shinnichi KUROKAWA,
**Takahusa SUZUKI

Kobe Steel, Ltd.
* National Laboratory for High Energy Physics
** Nomura Techno Research Co., Ltd.

ABSTRACT

Niobium coated copper superconducting cavities have been developed. Copper cavities were made as the substrate by the electroforming and niobium films were deposited onto the inside by the sputtering. The higher thermal conductivity of copper should improve the stability against the thermal breakdown and the maximum accelerating field. Moreover, the electroforming will be expected to smooth the inner surface of the copper cavity to improve the poor thermal contact between the niobium film and the copper substrate. In this paper, we described the sputtering method and the characteristics of the niobium film inside the copper cavity.

Ｌバンドニオブ薄膜超電導空洞の製作法（２）

１．はじめに

Ｎｂ超電導空洞は、理論的には最大６０ＭＶ／ｍの加速電界の発生が可能であるが、現状では１０～３０ＭＶ／ｍに制限されている。その原因は空洞内表面の高周波表面抵抗による発熱が欠陥部に集中し空洞の温度が上昇して臨界温度を越えてしまうためである(Thermal breakdown)。この問題を解決するには空洞壁の熱伝導率を高くして熱を冷媒に十分放散させると良いと考えられる。そのために最も有効な方法は、銅空洞の内面にＮｂ膜をコーティングすることである[1]。ＣＥＲＮではＬＥＰ超電導空洞用にこの方式の空洞を開発中であり、最大加速電界５～７ＭＶ／ｍ, Q_0値3×10^9（４．２Ｋ，５ＭＶ／ｍ，３５２ＭＨｚ）を得ているが[2]、この値は十分であるとは言えない。これはＮｂ膜とＣｕ基板の間の熱接触が不十分であるためであり、熱接触を良くするためには内表面が滑らかなＣｕ空洞にＮｂ膜を成膜することが必要である。我々は内表面を滑らかにするために電鋳法で電鋳銅空洞を作製し、その内面にスパッタ法によりＮｂ膜を作製した[3]。今回はＮｂ膜の作製方法と特性について報告する。

２．Ｎｂ膜の作製方法

Ｎｂ膜はＲＦ２極スパッタ法とＲＦマグネトロンスパッタ法を用いて作製している。　図１に

Ｎｂ膜の作製に用いた同軸型ＲＦ２極スパッタ装置の概略図を示す。基板は電鋳法を用いて製作した共振周波数１．５ＧＨｚの電鋳銅空洞シングルセルを用いた。空洞のビームパイプの両端には真空フランジを電子ビーム溶接した。Ｎｂターゲットは市販の純Ｎｂ材（99.95 ％）を用い、高純度Ａｒガス（99.999％）をスパッタガスとしてスパッタを行った。

３．Ｎｂ膜の特性

３－１．Ｎｂ膜の密着性

図２は１．５ＧＨｚＮｂ薄膜超電導空洞シングルセルの試作例である。電鋳銅空洞の内面に作製したＮｂ膜は室温と液体窒素温度間のヒートサイクルを１０回加えても剝離せず、密着性が良いことがわかった。この試料をデシケータ中で保管し３ケ月後に再度ヒートサイクルを加えても剝離しなかった。

３－２．Ｎｂ膜の膜厚分布

図３(a) は２極スパッタ法を用いて作製したＮｂ膜の膜厚の測定結果と成膜速度である。ターゲットと基板の距離が大きいほど膜厚は小さく赤道部の膜厚はビームパイプ部に比べて約１／８である。

３－３．Ｎｂ膜の直流超電導特性

図３(b) はＮｂ膜の臨界温度Ｔｃと残留抵抗比ＲＲＲの測定結果である。測定試料は空洞内面の軸方向に並べたサファイア基板上に２極スパッタ法を用いて作製したＮｂ膜を用いた。Ｔｃは８．６～１０．０Ｋ、ＲＲＲは２．０～６．３の値であり、赤道部ではビームパイプ部よりも小さい値である（ＮｂバルクのＴｃは９．２Ｋ）。これは赤道部ではビームパイプ部より膜厚が小さく成膜速度も低いためＮｂ膜中の不純物量が多いためであると考えられる。

３－４．Ｎｂ膜中の不純物

Ｎｂ膜表面と深さ方向の不純物をオージェ電子分光法（ＡＥＳ）により調べたところ表面は汚染されている（Ｏ；５３ａｔ％，Ｃ；２７ａｔ％，Ｎ；５ａｔ％，Ｎｂ；１４ａｔ％）が、深さ方向にスパッタした箇所では不純物は検出下限以下であった（Ｏ，Ｃ，Ｎ；＜１ａｔ％，Ｎｂ；～９７ａｔ％）。

４．おわりに

現在、マグネトロンスパッタ法を用いたＮｂ膜の作製を試みている。今後は、空洞の高周波超電導特性Q_0を測定し、特性を向上させていく予定である。

参考文献

１）小島融三，低温工学，Vol.20, No.3(1985), p.144.
２）C.Benvenuti,et.al, Proc. 4th Workshop on RF Superconductivity, (1989),p.869.
３）斉藤健治，奥田正彦，鈴木隆房ほか，１４回ライナック研究会予稿集,(1989), p.231.

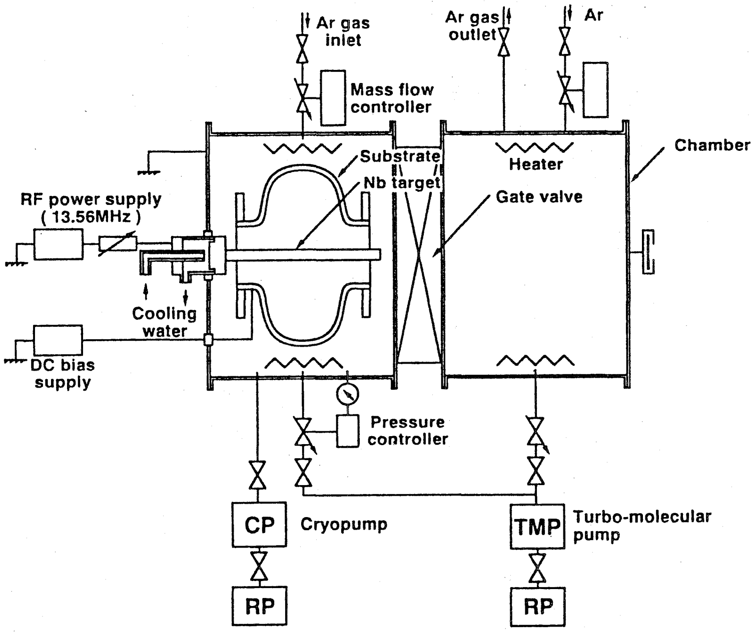

図１　ＲＦ２極スパッタ装置の概略図

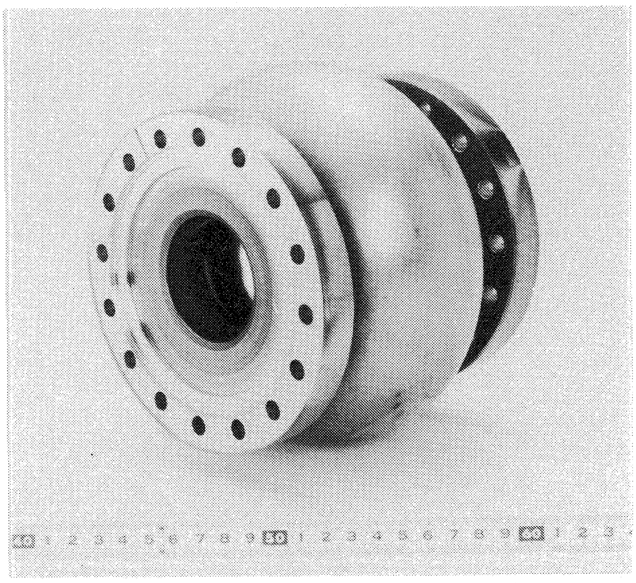

図２　１．５ＧＨｚＮｂ薄膜超電導空洞
シングルセルの試作例

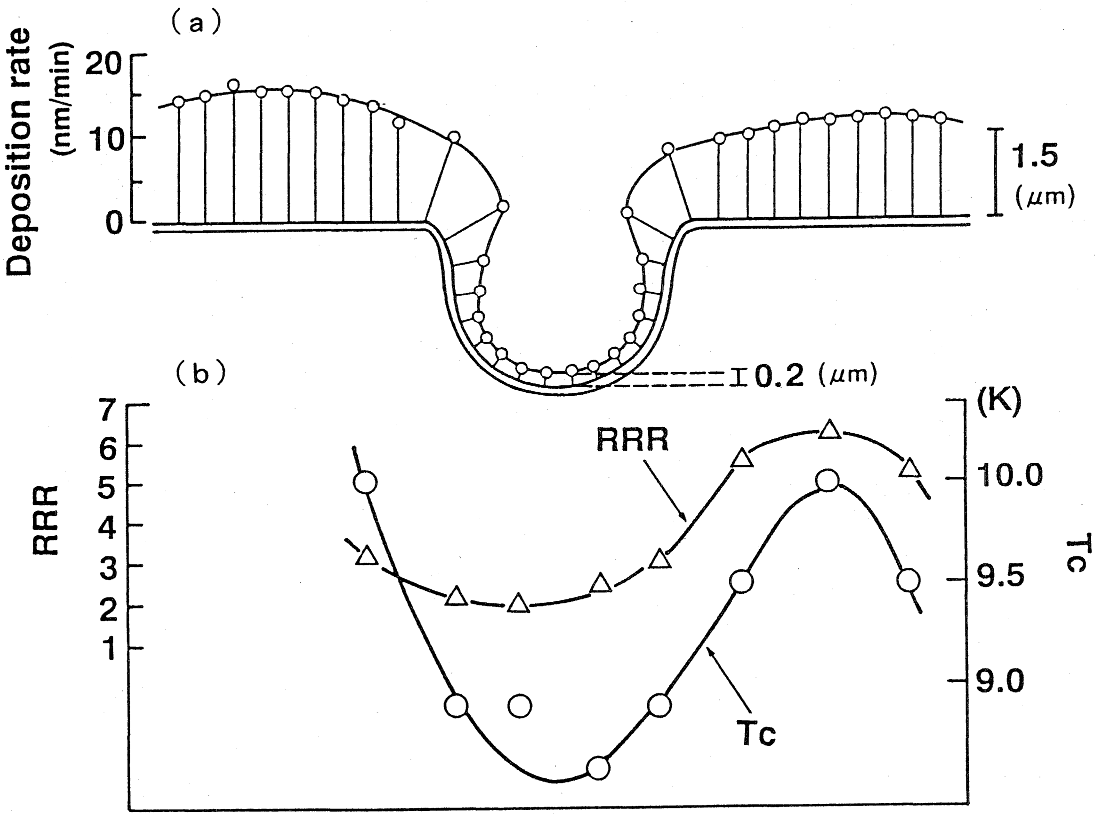

図３　Ｎｂ膜の直流超電導特性
（ａ）膜厚と成膜速度
（ｂ）ＴｃとＲＲＲ