

《ミニノート》

高温超伝導薄膜素子の製作

Preparation of High Temperature Superconducting Materials

工学部電子工学科 朝比奈讓二, 林 文傑, 森末 道忠

Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering

Joji ASAHINA, Wenchieh LIN, Michitada MORISUE

高温酸化物超伝導体が発見されて以来、その発現機構やデバイス化が懸命に研究されている。当研究室では高温超伝導体をICなどの配線に用いる可能性を探るために、マイクロストリップ線路用の高温超伝導薄膜を製作してきた。ここではその製作方法と、得られた薄膜の特性を分析センターの機器を使用して測定した結果について述べる。

-B)を用いて回折パターンを測定した。図2(a)は得られたX線回折パターンの一例を示し、また走査電子顕微鏡による表面写真を図2(b)に示す。図2(a)からYBCOはSrTiO₃の結晶配向と殆んど一致しており、結晶性が非常に良いことが分る。この膜の臨界温度T_cは87Kである。なおアニール温度や基板温度を若干かえると配向性は大きくずれてくる。

高温酸化物薄膜素子の製作^{1), 2), 3)}

現在高温超伝導薄膜の製作には種々の方法が用

いられているが、当研究室では図1に示す対向電極スパッタリング装置を用いて、YBCO薄膜の製作を行っている。基板はSrTiO₃ (110)とMgO (100)の2種類を用いた。まず、Y₂O₃、BaCO₃、CuOの組成比をMgO基板用には1:2:3、SrTiO₃基板用には1:2:3.6の比率で焼結して20 m/mΦのスパッタ用ターゲットを製作する。これを装置に取り付けてスパッタリングを行い薄膜を作成する。製作条件の一例を表1に示す。

成膜に当ってはスパッタ後のアニーリング温度と酸素量が大切である。

成膜に当ってはスパッタ後のアニーリング温度と酸素量が大切である。

薄膜素子の特性

SrTiO₃上に成膜したYBCOをX線回折装置(PSPC/RAD

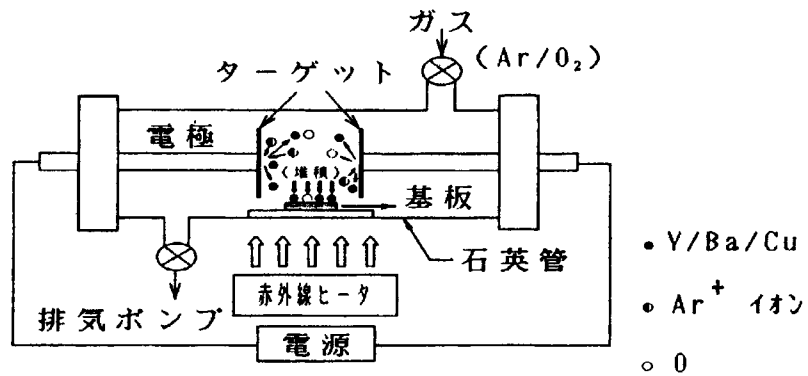


図1 対向二極スパッタ装置の構成

ターゲット組成比	Y:Ba:Cu=1:2:3.6	Y:Ba:Cu=1:2:3
スパッタガス	Ar:O ₂ =9:1	Ar:O ₂ =9:1
ガス圧	0.1 Torr	0.1 Torr
電力	136W	136W
基板温度	670℃	670℃
基板	SrTiO ₃	MgO
膜成長速度	0.07 nm/sec	0.07 nm/sec
基板間距離	27mm	30mm

表1 スパッタ製作条件

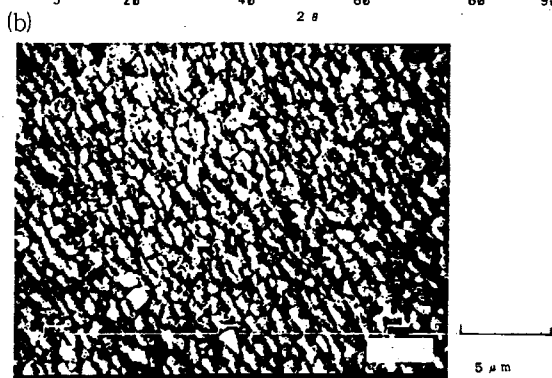
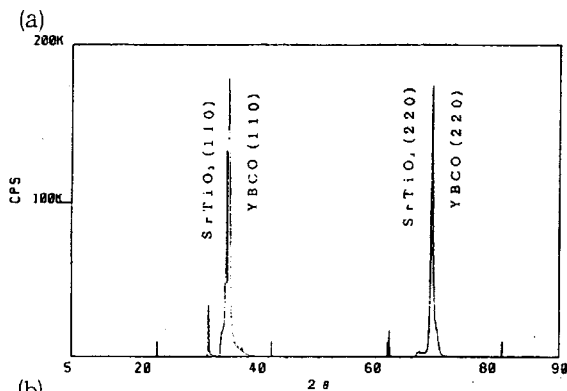


図2 SrTiO₃ 基板上的YBCOの
(a)X線回折パターン (b)表面写真

がうことができる。この膜のT_cは67Kであった。またMgO基板にスクリーン印刷法で作成したYBCO厚膜のX線回折パターンを図4に示す。この厚膜のT_cは90Kで非常によい超伝導膜ができていることが分る。薄膜のYBCOのT_cが低い理由は酸素が不足していることに原因があると思われる。なおスクリーン印刷法でYBCO厚膜を作成するプロセスを表2に示す。この方法による厚膜の作成は比較的手軽にできる。

さらに、得られた膜の組成を調べるために複合表面分析装置(ESCA/AES)を用いた。当初、膜が超伝導にならない時に、その組成分析を行ってターゲット作成時の各原料の組成比を変えて、丁度膜の組成比が1:2:3になるように試行錯誤を繰り返してターゲットを作成した。なお図5にAESによる膜の状態分析(表面)の一例を示す。

さてこのようにして得られた薄膜の抵抗-温度特性を求め、T_cを確認した。測定方法は薄膜をジグに取りつけてこれを液体ヘリウムの容器に挿入し4端子法によりその膜の固有抵抗を求めた。

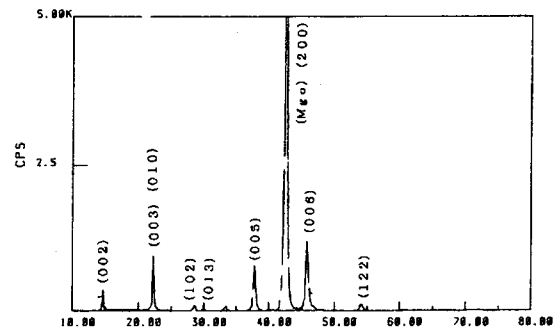


図3 MgO基板上的YBCO薄膜のX回折パターン

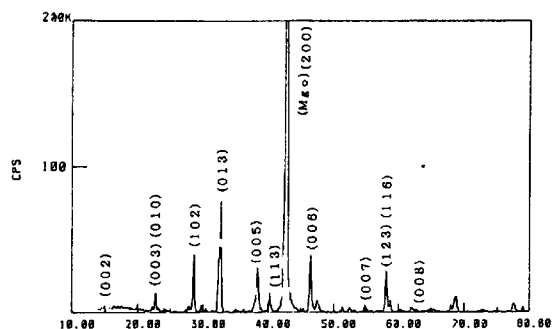


図4 MgO基板上的YBCO厚膜のX回折パターン

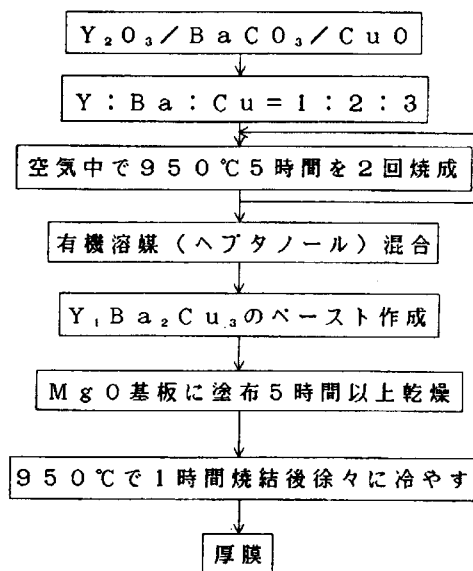


表2 YBCO厚膜の製作プロセス

膜の温度は容器に入れる深さによって液体ヘリウムの蒸気の温度が異なるので、ある深さに固定して膜が一定温度になるのを待って測定している。

図6はSrTiO₃基板上に成膜したYBCO薄膜の

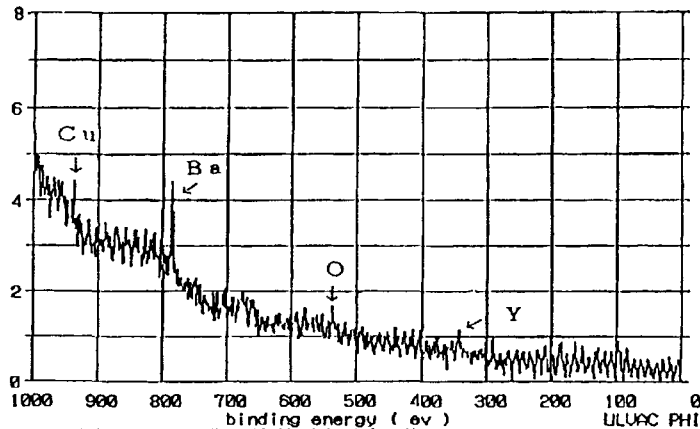


図5 ASEによる膜の状態分析(表面)

	アニール温度 (T _i)	時間 (h)	T _c (K)
(a)	715	0.5	78
(b)	720	0.5	88
(c)	725	0.5	<77

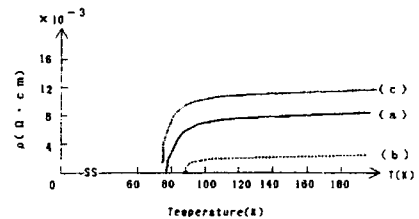


図6 SrTiO₃基板上YBCO薄膜の固有抵抗-温度特性図

固有抵抗-温度特性図を示す。(a)はアニール温度が715°C、(b)は720°C、(c)は725°Cの場合の特性である。(b)の試料はT_c=88Kで最も良い試料である。このようにアニール時の温度が超伝導薄膜素子の作成に非常に影響していることが分る。図7はMgO基板上に成膜したYBCO膜の固有抵抗-温度特性図を示す。

T_c=70K近傍の素子は得られるが77K以上の素子は得られていない。酸素の含有量に原因があると思われる。

あとがき

以上のようにスパッタリング装置により、一応超伝導薄膜素子を作成することができた。薄膜素子の特性を評価するためには、分析センターにある種々の測定機器を使用させて頂いた。これらの機器を全学で使用できる体制ができていることは大変有益なことだと感謝している。私共の超伝導素子作りにも更に分析センターの充実を念願する次第です。

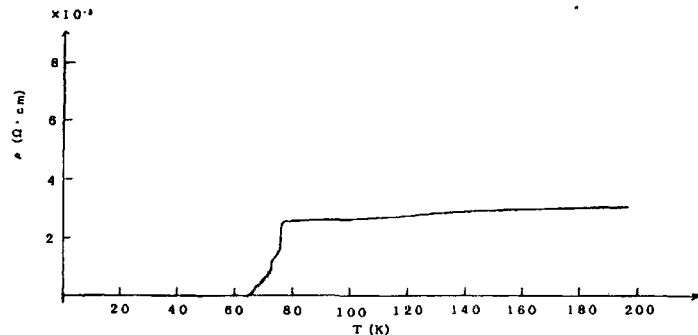


図7 MgO基板上のYBCO厚膜の固有抵抗-温度特性

参考文献

- 1) 後藤俊成: “超伝導の基礎・応用・実験技術” アイ・ピーン (昭64年)
- 2) 朝比奈、古沢、林、荒木、森末: “YBCO伝送線路の特性測定” 電子情報通信学会技術報告、SCE89-27、pp.31-36 (1989)
- 3) 林、余、朝比奈、森末: “YBCO伝送線路の作製” 電子情報通信学会春季全国大会、C-506 (1990)