18p-D4-3

ナノロッドを有する $YBa_2Cu_3O_7$ 薄膜における弾性ひずみ機構

Elastic strain mechanism in $YBa_2Cu_3O_7$ films containing nanorods

[1] 九州工業大学, [2] 電力中央研究所
○堀出　朋哉 [1]，北村　貴典 [1]，一瀬　中 [2]，松本　要 [1]
[1] Kyushu Institute of Technology, [2] Central research Institute of Electric Power Industry
○Tomoya Horide[1], Takanori Kitamura[1], Ataru Ichinose[2], Kaname Matsumoto[1]
E-mail: horide@post.matsc.kyutech.ac.jp

$YBa_2Cu_3O_7$(YBCO)薄膜に Ba 酸化物ナノロッドを導入することにより臨界電流密度(J_c)が大きく向上する。ナノロッドによる特性制御及びナノロッドの組織自体の制御においてひずみが重要な役割を及ぼすことが予測され、ひずみメカニズムを明らかにする必要がある。ナノロッドと YBCO の間にはミスフィットが 6-8%程度あり、これに起因して弾性ひずみとミスフィット転位が導入されると考えられるが、これらについては詳細な議論が行われていない。そこで本研究では弾性ひずみに着目し、X 線回折(XRD)結果と有限要素法(FEM)による弾性解析を比較してナノロッドにより導入されるひずみを定量的に評価し、その弾性ひずみ機構を明らかにすることを目的として研究を行った。

パルスレーザー蒸着により YBCO+$BaZrO_3$(BZO)薄膜を作製し、YBCO 及び BZO の格子定数を XRD により評価した。ナノロッドとマトリックスの界面は薄膜内に無数に存在し、表面や基板界面も存在することから、エピタキシャル薄膜における従来の解析的手法では定量的に議論することが難しい状況である。そこで FEM 応力ひずみ計算を用いて実験結果の解析を行った。ナノロッドとマトリックスに対し、BZO 及び YBCO の Young 率(245 GPa、185 GPa)を与え、ナノロッドの間隔及びサイズを変化させてマトリックス及びナノロッドの応力及びひずみを計算した。ナノロッドが正方格子を形成していると仮定し、鏡面対称の境界条件を用いることにより、図 1 に示したようなナノロッドの 1/4 のモデルを計算した。

図に FEM により求めたナノロッド及びマトリックスのひずみの空間分布を示す。薄膜内部ではマトリクスからの圧縮応力によりナノロッドは大きなひずみを有するが、表面近傍では表面方向に拘束なく変形できるためひずみが小さくなっている。このような表面に強く影響を受ける領域は 10 nm 程度であることがわかる。またナノロッドは 2.4%の大きな圧縮ひずみを受けている。これは BZO ナノロッドの体積分率が YBCO と比較して小さいからである。これらの FEM 結果を実験結果と比較し、YBCO+BZO 薄膜の弾性ひずみ機構について議論する。

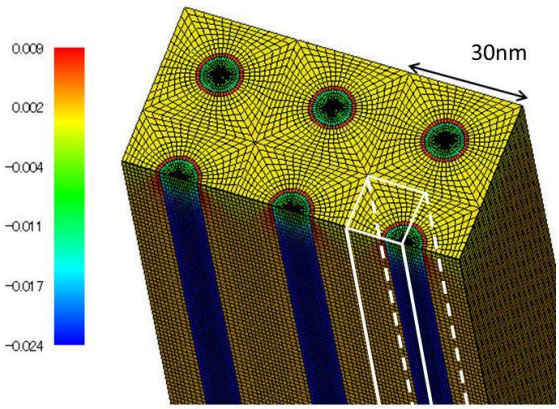

Fig ε_{zz}(//nanorod) mapping results in nanorod and matrix.　Diameter and spacing of nanorods were 5 nm and 30 nm.

© 2014 年　応用物理学会