

セラミックスの ナノフラクトグラフィ

横浜国立大学 大学院環境情報研究院 教授

多々見 純一

(お問い合わせ先) TEL : 045-339-3959 E-MAIL : tatami-junichi-xv@ynu.ac.jp



研究の背景

セラミックスは、電子機器、自動車、航空・宇宙、環境・エネルギー、医療などの分野で私たちの暮らしを支える材料として、多岐にわたって用いられています。しかし、脆くて壊れやすいことから、その機械的信頼性の向上は有史以来の課題でした。この課題を解決するためには、セラミックスの破壊現象の理解に基づく材料の改善が必要です。特に、材料の微構造の微細化、および、材料自身の小型化により、ナノスケールでの破壊の解析に対する要求が高まっています。私はこれまでに、ナノスケールの形状を定量的に測定できる走査型プローブ顕微鏡による新規な破面解析法(ナノフラクトグラフィ)を提案して、各種セラミックスの破壊挙動の解析を行ってきました。

研究の成果

走査型プローブ顕微鏡によるナノフラクトグラフィを各種セラミックスに適用したところ、 Al_2O_3 、 AlN 、 Si_3N_4 、 $Ca-\alpha$ サイアロンナノセラミックスの破壊は、ナノサイズの分散粒子や気孔、結晶面、粒界構造、転位などと相互作用をしながら進行することがわかりました。また、走査型プローブ顕微鏡が形状だけでなく、電気的、磁気的物性を同時に測定できることを活かして、ナノフラクトグラフィ評価に関する研究を圧電体、強誘電体、半導体、磁性体などの機能性セラミックスに拡張しました。

その結果、強誘電体である $BaTiO_3$ や強磁性体である $Mn-Zn$ フェライトは、破面近傍で、き裂先端の応力場に起因した特異なドメインスイッチングを生じながら破壊していくことを明らかにしました(図1)。さらに走査型プローブ顕微鏡中に超小型試験機を設置し、き裂進

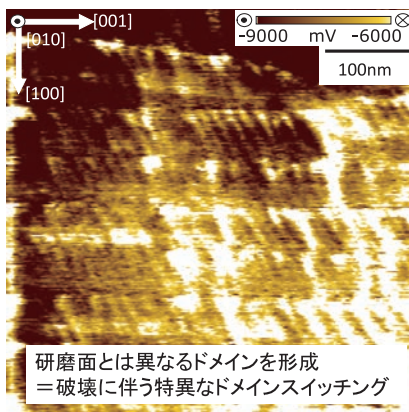


図1 非線形誘電率顕微鏡で観察した $BaTiO_3$ 単結晶の破面

展素過程のその場観察を行ったところ、 Si_3N_4 セラミックスのき裂が粒界ガラス相と Si_3N_4 粒子の界面を不連続に進展していくことが見いだされました(図2)。このようなセラミックス中のき裂進展は、結晶粒子や粒界の破壊特性に支配されますが、これらの破壊特性の実測値はほとんどありませんでした。そこで、集束イオンビーム加工法により作製したマイクロカンチレバー試験片を用いて破壊試験を行い、 Si_3N_4 セラミックス中の $\beta-Si_3N_4$ 単一粒子および粒界の破壊靱性測定にもはじめて成功しました。

今後の展望

セラミックスの破壊特性は微構造に依存することが知られています。セラミックスのナノフラクトグラフィと結晶粒子や粒界の破壊特性の評価を進めて、破壊現象の理解を深耕すると同時に、微構造制御のための粉体プロセス科学を高度化することで、セラミックスの信頼性の革新を図っていきたいと考えています。

関連する科研費

2002~2004年度 若手研究 (A) 『ナノフラクトグラフィに基づくセラミックスのき裂—微構造相互作用の解析』

2006~2008年度 若手研究 (A) 『セラミックスのハイブリッドナノフラクトグラフィ』

2009~2011年度 若手研究 (A) 『走査型プローブ顕微鏡によるセラミックスのき裂進展素過程のその場観察』

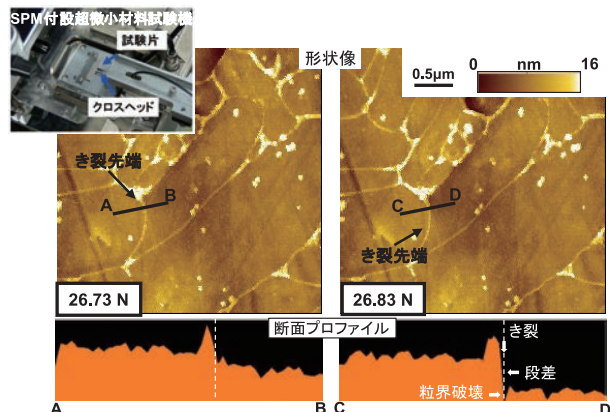


図2 走査型プローブ顕微鏡で観察した Si_3N_4 セラミックスのき裂進展挙動