

# すれすれ入射 X 線散乱法(反射 X 線小角散乱法)による低誘電率層間絶縁膜(Low-k 膜)の評価

## はじめに

X線を試料表面すれすれに入射すると、表面構造や薄膜構造を知ることができます。最もポピュラーなすれすれ入射X線測定はX線反射率測定です。X線反射率測定は薄膜材料を問わず、高精度に密度・膜厚・ラフネスを算出することが可能で、多層膜の薄膜構造解析に利用されています。従来、薄膜中の粒子や空孔を測定することは難しいと考えられていましたが、リガクで開発した反射X線小角散乱解析法により、薄膜中の粒子・空孔サイズ分布を短時間で高精度に解析することができるようになりました<sup>(1),(2)</sup>。

## 測定・解析例

近年の配線技術の高集積化にともない、配線膜間絶縁層の寄生容量が問題となっています。寄生容量を低減させるため、絶縁層に空孔を導入する技術が盛んに研究されています。空孔率は絶縁層の密度と対応しており、X線反射率測定により空孔率を算出することが可能です。また、配線間の寄生容量算出には正確な膜厚値が必要となります。X線反射率測定は、密度と膜厚の情報を高精度に引き出せるという点で非常に優れています。図1に比誘電率の異なる3種類の層間絶縁膜のX線反射率測定プロファイルおよびその解析結果を示します。

層間絶縁膜中に空孔を導入すると、薄膜自体の機械的特性の低下や空孔内に配線材料が拡散するといった問題が生じるため、空孔サイズが均一で小さいほど絶縁膜の特性が向上すると考えられています。そのため、層間絶縁膜中の空孔サイズ分布評価が重要となります。図2に反射X線小角散乱測定(X線入射角度と出射角度が等しくない状態で $2\theta/\omega$ スキャンを行い、鏡面反射を回避しながら小角散乱プロファイルのみを測定する方法)で得られた空孔サイズ分布の解析結果を示します。比誘電率の違いにより、形成された空孔径のサイズおよびサイズ分布が異なっている様子がわかります。

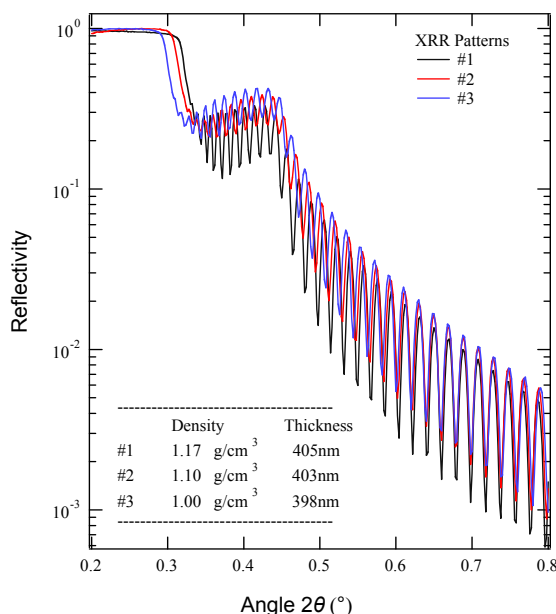


図1 X線反射率測定プロファイル

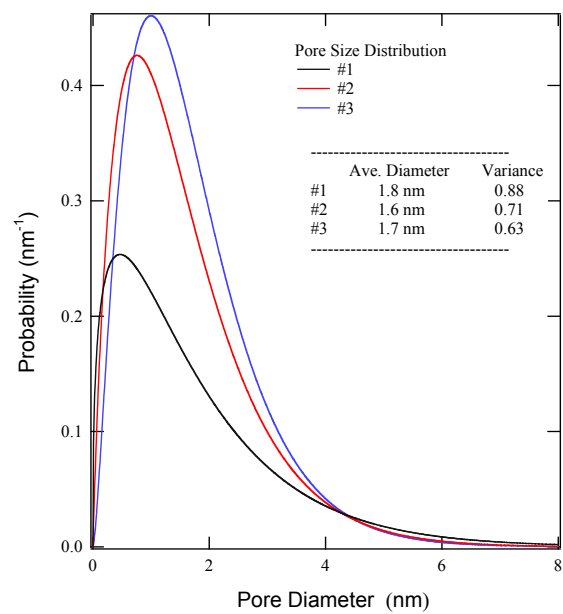


図2 空孔サイズ分布

参考文献: (1) K. Omote, Y. Ito and S. Kawamura: *Appl. Phys. Lett.*, **82**(4) (2003), 544-546.

(2)伊藤義泰: 真空, **49**(2006), 104-108

## 推奨装置

- ▶ 薄膜評価用試料水平型X線回折装置 SmartLab
- ▶ 薄膜総合解析ソフトウェア GlobalFit
- ▶ 粒径・空孔径解析ソフトウェア NANO-Solver