

ZSX シリーズ

ZSX400による

回折線除去の原理とその効果

はじめに

メタル膜や強誘電体膜等の薄膜の膜厚組成分析を蛍光 X 線分析法で行う場合、基板の単結晶 Si ウェーハからの回折線が現れ分析に影響します。大型試料対応蛍光 X 線分析装置 ZSX400 は専用の 1 次 X 線フィルタを装着し、回折線を除去することが可能です。

[キーワード] : Si ウェーハ, 単結晶, 1 次 X 線フィルタ, 回折線, マッピング, 300mm ウェーハ

1. 回折線除去へのアプローチ

1-1. 回折線発生の原理

回折線は試料が結晶質（特に単結晶）であるときに発生します。Si ウェーハの場合、主に重元素の波長領域で回折線が観測されます。

X 線管から試料に 1 次 X 線が照射されると、照射された 1 次 X 線は試料との間に相互作用を起こします。この相互作用で X 線に関する部分だけを大きく分類すると蛍光 X 線、散乱線、回折線の三つに分類できます（図 1）。前者の二つはあらゆる試料で観測される X 線で、蛍光 X 線は分析に用いられ、散乱線はバックグラウンドとなります。これに対して、回折線は以下の条件を満たした場合のみ観測される X 線です。一つは試料が結晶質であること、もう一つは入射した X 線の波長（ λ ）と、試料結晶の面間隔（ d ）、そして X 線の入射と取出し方向との間の角度（ 2θ ）が $[2d\sin\theta = n\lambda \text{ (Bragg の条件式)}]$ の関係を満足した場合です。

図のように蛍光 X 線、散乱線はあらゆる方向に発生しますが、回折線はこの条件を満たした場合に決まった方向、角度に発生します。

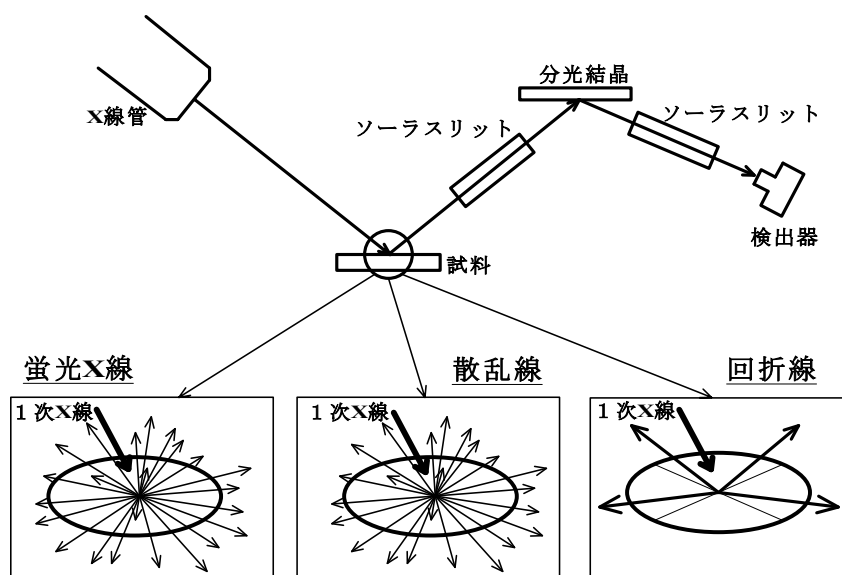


図1 1次X線と試料の相互作用

1-2. 回折線の観測

また、回折現象が発生している場合でも、測定しているSiウェーハの測定方位によっては回折線が観測されない場合があります。この原理図を図2に示しました。図2のチャートはウェーハを回転させながらX線強度を測定したものです。一定の角度において回折線が観測されています。この回折線がバックグラウンド成分として寄与するため、回折線が観測される角度で分析した場合、その試料上のポイントの膜厚、組成は他の回折線が観測されないポイントよりも厚い、あるいは濃度が高いなどの分析上のトラブルが発生します。

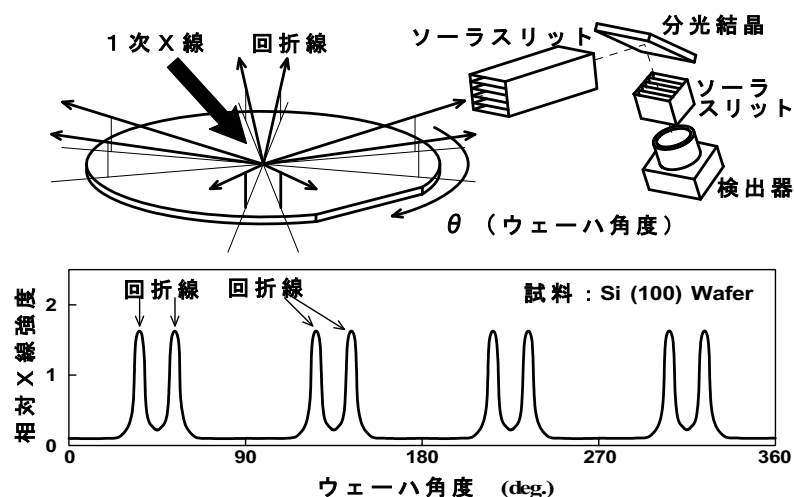


図2 回折線発生原理図

1-3. 回折線除去の原理

ZSX400 は回折線の原因となる X 線管から照射される 1 次 X 線（連続 X 線）の中で、測定線の波長の X 線を 1 次 X 線フィルタにより吸収させて減衰し、回折線の影響を取り除きます。

例として 1 次 X 線フィルタを使用しない場合と材質 Sn の 1 次 X 線フィルタを使用した場合の Si(100)ウェーハの Ti K α 線での回折線パターンを図 3 に示します。

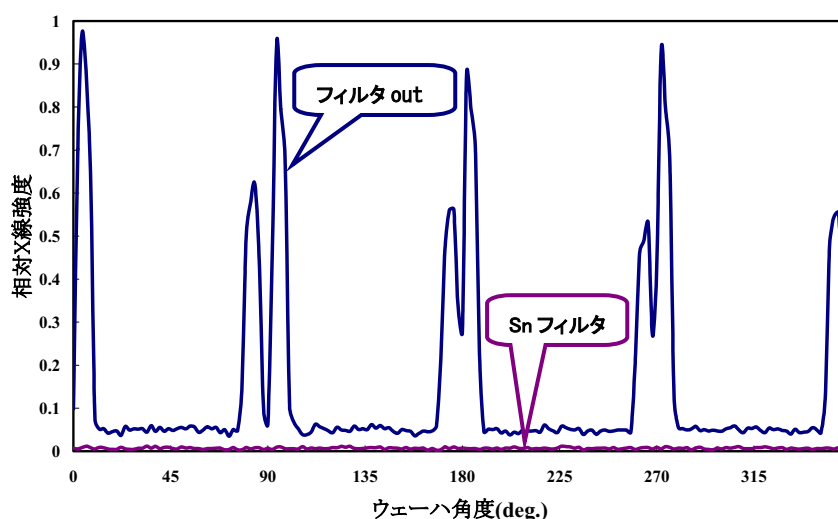


図 3 1 次 X 線フィルタによる回折線除去例 (Si(100)ウェーハ)

1 次 X 線フィルタを用いない場合には、ウェーハ角度で 0° 、 90° 、 180° 、 270° 付近に回折線が観測されています。このことは、測定座標が 0° 、 90° 、 180° 、 270° となった場合、回折線の影響で膜厚が厚い分析値となります。しかし、Sn の 1 次 X 線フィルタを使用した場合、回折線は全く観測されていません。これはウェーハの角度がどのような角度であっても回折線の影響を受けることなく分析が行えることを示しています。

2. Ti 膜厚分布測定への応用

次に実際のアプリケーション例として Si ウェーハ上の Ti 膜厚分布測定例を示します。

2-1. 装置および測定条件

測定装置	: ZSX400
X 線管	: 縦型 Rh ターゲット
1次 X 線フィルタ	: OUT, Sn
kV-mA	: 40kV-75mA
測定スペクトル	: Ti-K α
分光結晶	: LiF(200)
検出器	: F-PC
測定径	: ϕ 30mm
測定時間	: 40 秒(1 ポイント)

2-2. Ti 膜厚分布測定結果の比較

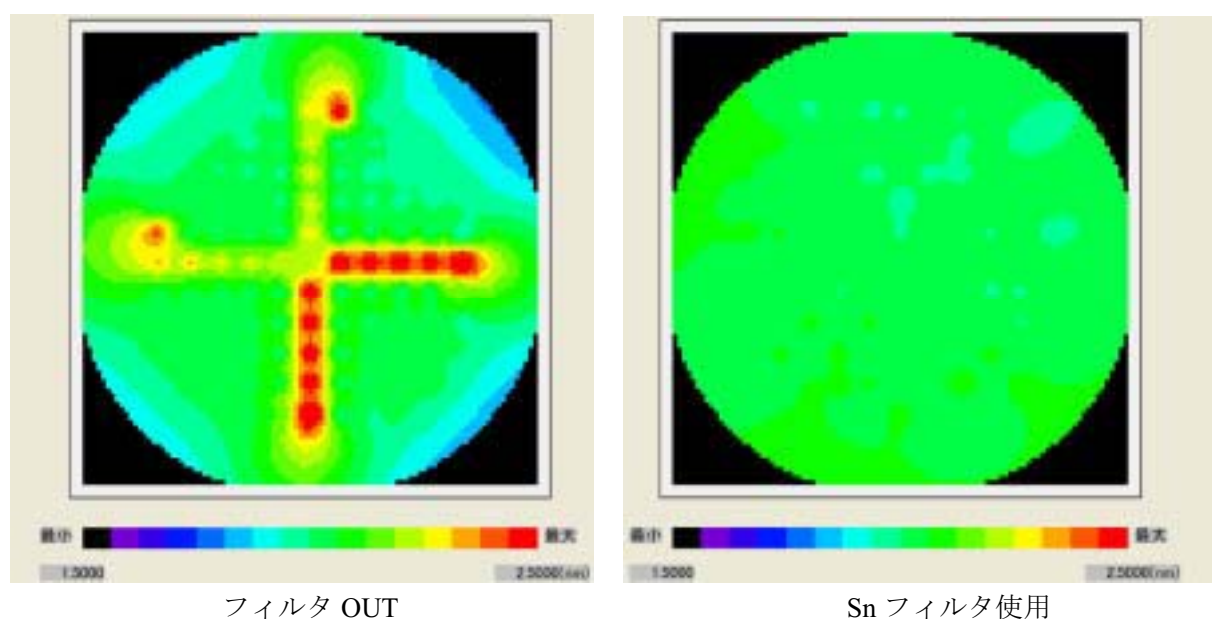


図 4 1 次 X 線フィルタ使用有無による面内 Ti 膜厚分布測定結果比較

表 1 面内膜厚分布測定結果

	フィルタOUT	Snフィルタ使用
平均値	2.09 nm	2.03 nm
最大値	2.66 nm	2.10 nm
最小値	1.96 nm	1.97 nm
レンジ	0.70 nm	0.13 nm
標準偏差	0.195 nm	0.028 nm
C.V.(%)	9.33	1.37

図4は1次X線フィルタを使用した時としない時のTi膜厚のマッピング図です。フィルタOUTの結果(図4左図)は図3で示したように回折線の影響でウェーハ角度 0° 、 90° 、 180° 、 270° で膜厚が厚い結果となっています。一方、1次X線フィルタにSnを使用した場合(図4右図)は回折線の影響を全く受けない結果が得られています。

表1に面内膜厚分布の測定結果を示していますが、フィルタを使用した場合、良好な結果となっています。

3. まとめ

ZSX400の特長の一つである回折線除去フィルタを使用することにより面内の膜厚分布、あるいは組成評価を回折線の影響なく行うことができます。また、Siウェーハ上のTi膜を例として示しましたが、Siウェーハ以外の結晶性のある基板、あるいは単結晶インゴットにおいてもこの回折線除去は有効です。

ZSX400は試料の大きさが直径400mm×高さ50mmで30kg以下であれば、試料に合わせたアダプタを使用することにより測定可能となる装置です。スパッターターゲットや機械部品をそのまま測定できます。また、アダプタはお客様の試料形状に合わせて作成することも可能です。



ZSX400

初版 2006/08/08

理学電機工業株式会社

応用技術センター

〒569-1146 大阪府高槻市赤大路町 14-8

TEL(072)693-7991

FAX(072)696-8066

〒196-8666 東京都昭島市松原町 3-9-12

TEL(042)546-8209

FAX(042)546-9057

株式会社リガク

本社 〒196-8666 東京都昭島市松原市 3-9-12

TEL(042)545-8190<代表電話案内>

FAX(042)545-7983

東京支店 / (03)3479-6011 大阪支店 / (072)696-3387

東北営業所 / (022)264-0446 名古屋営業所 / (052)931-8441

九州営業所 / (093)541-5111 つくば営業所 / (029)852-3911