

● 極薄酸窒化ゲート絶縁膜の評価

— SIMS による酸窒化膜中の窒素濃度分析 —

TN184

1.概要

配線幅 $0.13\mu\text{m}$ 以下の CMOS トランジスタでは、より一層の高速化、高機能化および低消費電力化に向けて、ゲート絶縁膜は従来の酸化膜に代わり、窒素を含む酸化膜(酸窒化膜)が採用されています。しかも、現在では酸窒化膜の厚さもおよそ 2nm にまで薄膜化が進んでいます。

酸窒化膜中の窒素濃度を正確に評価することはプロセス上重要とされ、酸窒化膜中に存在している窒素濃度は通常 数 atom%~十数 atom%であり、X線光電子分光分析法(XPS)やオージェ電子分光分析法(AES)、2次イオン質量分析法(SIMS)などで分析が可能です。

今回、極低エネルギーの1次イオンビームを照射することが出来る、四重極型 SIMS による分析事例を紹介いたします。

2.評価事例

2.1.典型的な窒素濃度分布

SIMS による典型的な酸窒化膜(膜厚: 2nm)中の窒素濃度分布を Fig.1 に示します。このような極薄酸窒化膜を評価する場合、照射する1次イオンエネルギーをかなり低く($<1\text{keV}$)設定する必要があり、同時に試料への1次イオン入射角度も最適化しなければなりません。

一方、一般的に%オーダーにおける SIMS の定量性は、マトリックス効果から信頼性が低くなります。しかしながら、1次イオンに Cs^+ を用い、2次イオンとして1次イオンと目的元素(M)とから成るクラスターイオン(CsM^+)を検出することによって、マトリックス効果を抑制出来ます。また、管理された標準試料を用いることによって濃度換算が出来ます。

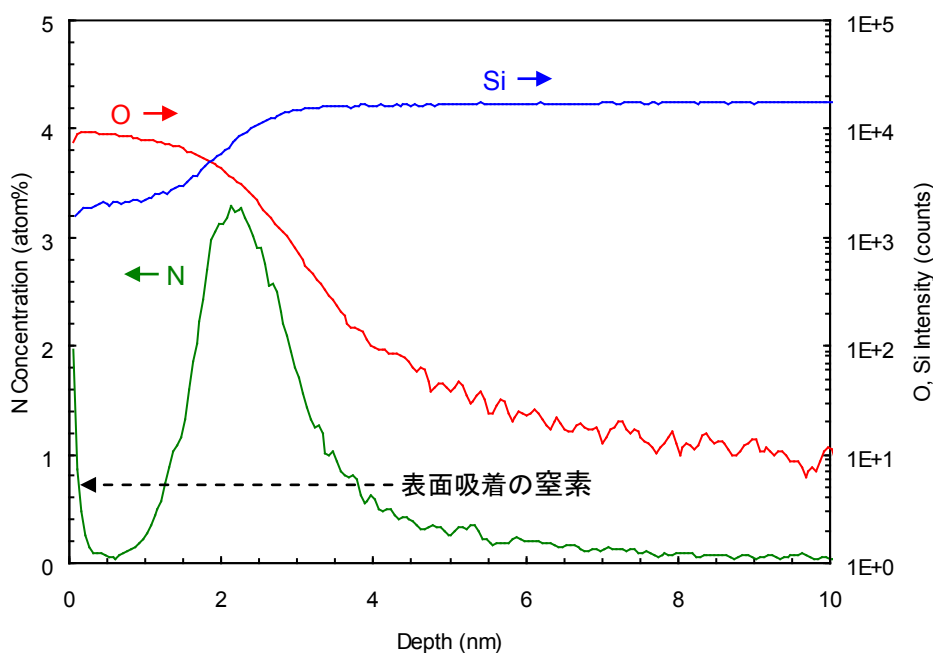


Fig.1 SIMS による典型的な酸窒化膜中の窒素濃度分布

2.2.窒素濃度の定量範囲

酸化窒素膜中の窒素濃度を变化させた試料(3水準)と通常の酸化膜について窒素濃度分布を評価した結果を Fig.2(縦軸：正方表示)および Fig.3(縦軸：対数表示)に示します。一般に極薄酸化窒素膜中の窒素濃度の定量範囲は、検出感度および検量線の信頼性から約 0.02atom%~約 20atoms%です。

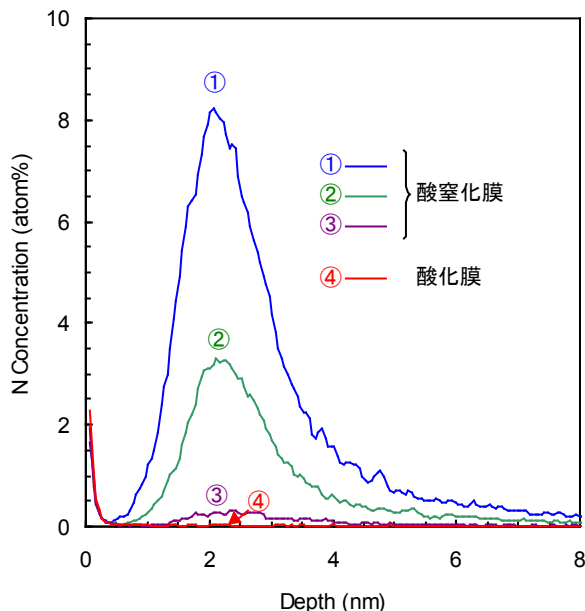


Fig.2 酸化窒素膜中の窒素濃度比較
(縦軸：正方表示)

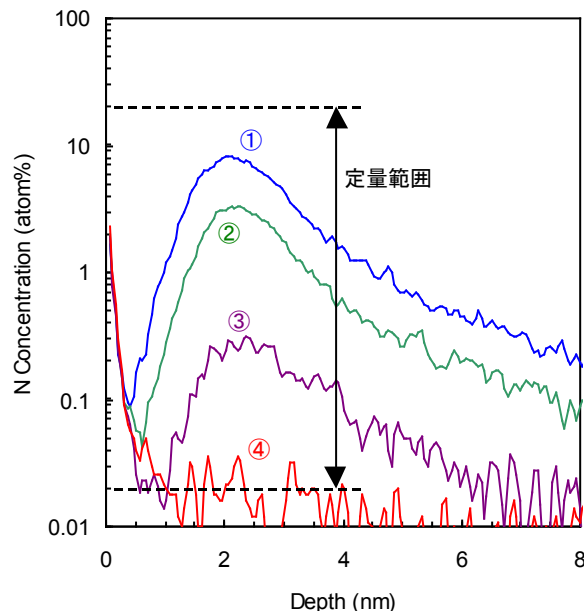


Fig.3 酸化窒素膜中の窒素濃度比較
(縦軸：対数表示)

2.3.窒素濃度の定量精度

酸化窒素膜(膜厚：2nm)付きウェーハの中央部から5チップずつ切り出したものについて繰り返し測定(n=5)を行いました。測定結果を Fig.4 および Table 1 に示します。一般に極薄酸化窒素膜中の窒素濃度の定量精度は、ピーク濃度およびドーズ量ともに約 3%(RSD：相対標準偏差)です。

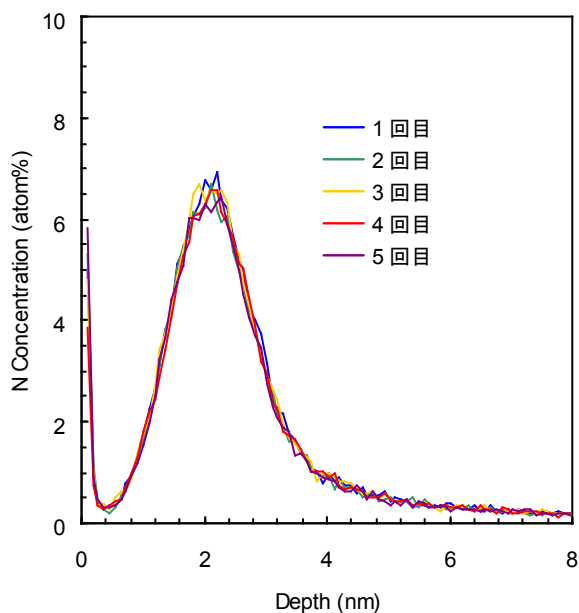


Fig.4 繰り返し測定結果

Table 1 繰り返し測定結果

測定回数	ピーク濃度 (atom%)	ドーズ量 (atoms/cm ²)
1回目	6.7	9.25E14
2回目	6.3	8.80E14
3回目	6.6	9.22E14
4回目	6.5	8.83E14
5回目	6.3	8.67E14
平均値	6.48	8.95E14
標準偏差	0.179	2.64E13
RSD (%)	2.8%	2.9%

以上