

反射分光式シリコンウェハ厚さ計で用いる短波長近赤外帯 (SWIR) 光学定数分散の検討

Dispersion Models of Optical Constants in SWIR Band for Reflection Spectroscopic Thickness Meter of Silicon Wafers

茨大工 ○小貴 哲平, 小野 竜典 柳町 修介, 尾嵐 裕隆, 清水 淳, 周 立波

Ibaraki Univ. Teppei Onuki, Ryusuke Onu, Shusuke Yanagimachi, Hirotaka Ojima,

Jun Shimizu and Libo Zhou

E-mail: onuki-t@mx.ibaraki.ac.jp

半導体ウェハの薄化工程は, IC チップ, 半導体パワーデバイス, 撮像素子或いは MEMS などの製造においてその薄軽化や高性能化のために用いられている. これらの基板は薄く均一な厚さ寸法であるほど望ましい反面, 薄く ($<30\mu\text{m}$) 加工する際の破損リスクが高まるため, 薄化から表面仕上げ・ウェハ検査まで一貫工程とする製造技術のために薄ウェハを加工機上で精度良く厚さ計測できる反射分光方式の厚さ計の開発を進めている (Fig.1). シリコン基礎吸収端外でファブリ・ペロー干渉から厚さを求めるにあたり, 本報ではその厚さ計測精度や計測範囲を低下させる要因となる不純物を始めとした光学定数分散の変動要因の影響を調べた結果とその影響を表す分散モデル式について報告する. Fig.2 は不純物特性の異なる 3 種のシリコンウェハ (無ドーパ, P 及び B ドープ (10^{18}cm^{-3} , $10^{21}\Omega\text{cm}$), 厚さ 0.5mm) の分光エリプソメータによる光学定数測定の結果である. SWIR ($1000\sim 2600\text{nm}$) 帯では不純物状態によらず実部-虚部共に差異が得られなかった. しかし同じウェハの透過スペクトル測定結果では不純物半導体において -40dB 以上の強いフリーキャリア吸収による影響があり, 最表面反射成分だけの偏光解析では特に虚部に関して十分な感度 ($<10^{-4}$) が得られないことが分かった. また, 厚さ測定範囲や精度の見積もりから, 不純物濃度が 10^{18}cm^{-3} 以上又は厚さ $100\mu\text{m}$ 以上のウェハにおいてファブリペロー干渉信号の観測の為に高スペクトル分解能 ($<0.2\text{cm}^{-1}$) 且つ高 S/N 特性 ($>70\text{dB}$) の分光計測が必要となることも分かった. 任意不純物状態の光学定数ライブラリを構築するため, 調和振動子モデルによる光学定数分散を求めた. 5 つの基礎吸収端を表すローレンツ振動子 (Table 1 のパラメータ) とドルーデ振動子の和から構成され, 実験結果とよく一致する任意不純物濃度の光学定数を表現することができた. Fig.3 は不純物濃度 $10^{19}\text{cm}^{-3}\sim 10^{21}\text{cm}^{-3}$, 厚さ $5\mu\text{m}$ のウェハからの反射スペクトル中のファブリペロー干渉振動の解析例である. 10^{20}cm^{-3} (2000ppm) 以上の超高不純物ドーパでは SWIR 帯域でも位相 (屈折率) の変化が確認され, 厚さ $5\mu\text{m}$ でもファブリペロー干渉振動の観測が困難となることが分かった.

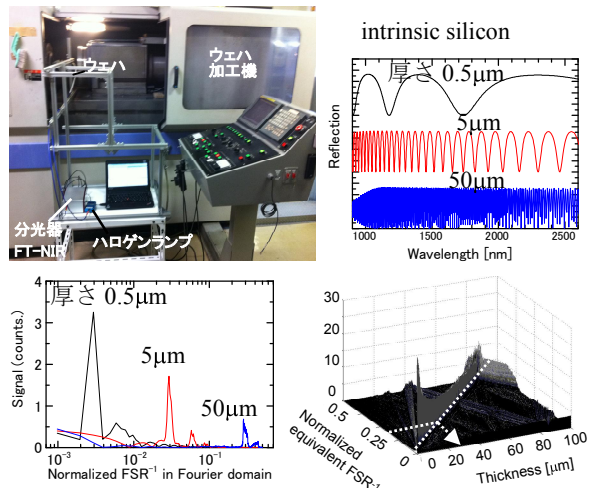


Fig.1 機上薄ウェハ厚さ計の概要

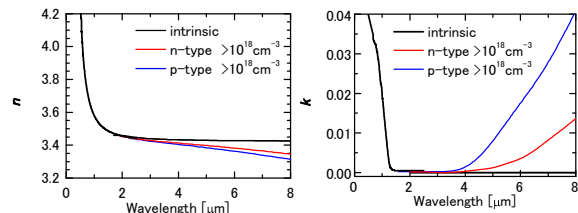


Fig.2 分光エリプソメータによる Si 光学定数

Table 1 ローレンツ振動子パラメータ

バンド間遷移	共振波長 [nm]	振動子強度 f
Γ - Δ	307	6.75×10^{28}
Γ - Γ	373	1.28×10^{28}
Γ - Δ	288	1.00×10^{28}
Δ - Δ	300	3.00×10^{28}
X - Γ	873	1.00×10^{25}

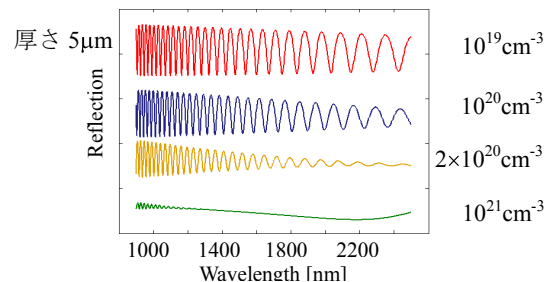


Fig.3 ドープウェハのファブリペロー干渉解析