

薄膜 SOI における UV ラマンスペクトルのサイズ効果

Size Effects in Ultraviolet Raman Spectra of Few-Nanometer-Thick SOI

産総研-NeRI¹, GNC-産総研², ロシア熱物理学研究所³, 産総研⁴, ○多田 哲也¹,
ウラジミール ポボロッチ¹, 森田 行則², 右田 真司², パベル・ゲシェフ³, 金山 敏彦⁴
AIST-NeRI¹, GNC-AIST², Institute of Thermophysics³, AIST⁴, ○Tetsuya Tada¹, Vladimir Poborchii¹,
Yukinori Morita², Shinji Migita², Pavel Geshev³, Toshihiko Kanayama⁴
E-mail: t-tada@aist.go.jp

【序論】

近年、超微細CMOSにおいては、短チャンネル効果を抑制するため、厚さ数 nm 以下の薄膜SOI (Silicon On Insulator)の使用が検討されている。これらの、微細構造に於いては、低次元化に伴うフォノンの量子閉じ込め効果等による物性の変調が予想される。本講演では、厚さ数 nm の薄膜SOIのラマンスペクトルの測定を行い、サイズ/応力効果について解析を行ったので、報告する。

【実験と結果】

使用した(001) SOI 基板は、SOITEC 製で、BOX (Buried Oxide)層は、145nm、SOI 層は 70nm である。熱酸化と化学エッチングにより SOI 層を薄膜化した。膜厚は、TEM、エリピソメトリー、反射スペクトルなどを測定することにより評価した。ラマンスペクトルは、364nm の励起光を用いた顕微ラマン分光装置を用い、後方散乱配置で行った。測定温度は、熱によるスペクトル幅の増大を避けるため、77K で行った。

Si ナノ構造のラマンスペクトルは、サイズが大体 10nm より小さくなると、ピーク位置が低波数側にシフトし、幅が広がる。図1に SOI のラマンスペクトルの低波数側へのシフト量 ($\Delta\omega$) を半値幅の増加量 ($\Delta FWHM$) の関数としてプロットしたグラフを示す。実線は、Richter-Campbell-Fauchet (RCF) モデル[1]を用いて、 $\Delta\omega$ と $\Delta FWHM$ を計算した結果である。RCF モデルは、微細構造中のフォノン閉じ込め効果で波数の選択則が緩和する効果により、ピーク位置シフトと幅の変化を説明するものである。グラフから分かるように、実測値との一致はよくない。

これは、ラマンスペクトルの変化が、フォノン閉

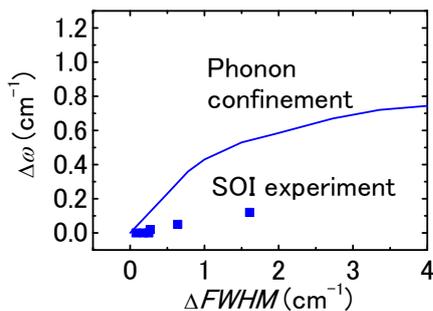


図1 ラマンスペクトルの線幅増加と低波数シフトとの関係。

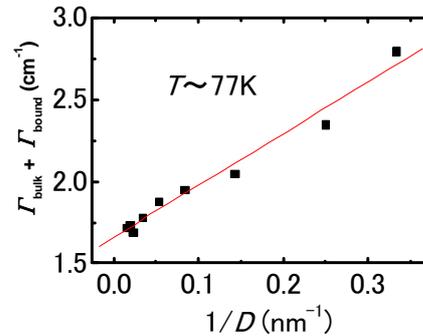


図2 ラマンスペクトルの線幅増加と低波数シフトとの関係。

じ込め以外の効果の寄与も無視できないことを示す。その効果の一つとして考えられるのは、フォノンが界面で散乱される効果である。そこで、ラマンスペクトルの半値幅を

$$FWHM = \Delta FWHM_{\text{conf}} + \Gamma_{\text{boundary}} + \Gamma_{\text{bulk}}$$

と表して解析を行った。ここで、 $\Delta FWHM_{\text{conf}}$ はフォノン閉じ込め効果による半値幅の増加量、 Γ_{boundary} は、界面散乱による幅、 Γ_{bulk} はバルク Si の自然幅で、77K における値は、 $\sim 1.7 \text{ cm}^{-1}$ である。

SOI の界面散乱による線幅は、Cashimir Limit により、

$$\Gamma_{\text{boundary}} = \nu / 2\pi c D$$

と書ける。 ν は音速、 D は SOI の厚さ、 c は光速である。 $\Gamma_{\text{boundary}} + \Gamma_{\text{bulk}}$ を $1/D$ の関数としてプロットしたグラフを図2に示す。図から分かるように、データは直線で良くフィットされている。さらに、フォノンの寿命と平均自由行程を図3に示す。SOI の厚さが薄くなるほど寿命が短くなっていることが分かる。講演では、応力効果についても触れる予定である。

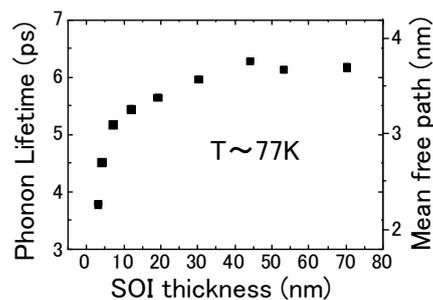


図3 フォノンの寿命と平均自由行程。