

ラマン分光法による As イオン注入 Si の歪評価 Strain evaluation of As ion implanted Si using Raman spectroscopy

○小原田 賢聖¹、佐竹 雄太¹、横川 凌^{1,2}、小椋 厚志^{1,2}、

(1. 明治大理工、2. 再生可能エネルギー研究インスティテュート)

°M. Koharada¹, Y. Satake¹, R. Yokogawa^{1,2}, and A. Ogura^{1,2},

(1. Meiji Univ. 2. Meiji Renewable Energy Laboratory)

E-mail: ce191023@meiji.ac.jp

【背景と目的】 Si半導体プロセスにおいて、イオン注入は正確なドーピングに不可欠な技術である。Siより原子半径の大きいAsをイオン注入した際の歪印加メカニズムは、BやPなどのドーパントと比べて報告例が少なく、不明瞭な点が多い。イオン注入による結晶品質への影響を評価する手法の一つとして、ラマン分光法が挙げられる。イオンドーズの増加に伴い、結晶Siのラマンスpekトルの形状の変化およびSi最表面のアモルファス化が報告されている[1]。その後、アニール処理により結晶回復が為されることで、半値幅が減少し、ラマンシフトが結晶Siの値(520 cm⁻¹)に近づく[2]。よって、アニール後のSiのラマンスpekトルとイオンドーズの関係を見出すことは容易でない。そこで本研究では、高い波数分解能を有するラマン分光器を用いて、アニール後のSi基板に対する不純物イオンのドーズ依存性の評価を試みた。

【実験】 Si基板にAsイオンを7.5 MeVで注入し、結晶回復を目的として窒素雰囲気下で1000℃のアニールを30分施した。イオンのドーズは1x10¹¹~1x10¹⁴ /cm²とした。イオン注入は酸化膜スルーで行われ、酸化膜厚は20 nmとした。Si基板の歪および結晶状態はラマン分光測定で評価した。励起光源の波長、分光器の焦点距離、波数分解能をそれぞれ532 nm, 2000 mm, 0.1 cm⁻¹とした。

【結果・考察】 Siのラマンスpekトルを図1に示す。Asイオンドーズの増加に伴い、520 cm⁻¹付近に位置する結晶Si spekトルがわずかに高波数側にシフトした。さらに480 cm⁻¹付近にアモルファスSiのピークは観測されず、結晶Si spekトルの半値幅はドーズ依存がないことが分かった。これはアニールにより適切に結晶回復が為されたことを示している。図2に結晶Si spekトルのラマンシフト、および圧縮歪のドーズ依存性を示す。以下の式とラマンシフト $\Delta\omega$ より、圧縮歪 σ MPaは等方性二軸歪仮定で算出した。イオン注入による歪の影響を確認するため、未注入の試料を歪の基準とした(図破線)。

$$\Delta\omega = 3.86 \times 10^{-3} \sigma_{\text{biaxial}} \quad (1)$$

全ての試料において、ラマンシフトは520 cm⁻¹(無歪)より高波数側にシフトし、Siに圧縮歪が印加

していることが示唆された。未注入試料では表面の酸化膜の影響で歪が印加されたと考えられる。さらに、イオンドーズとラマンシフトに明確な正の相関が見られた。ラマンシフトは変化し、半値幅は変化しなかったことから、アニール処理によって結晶性は回復し、As原子は適切にSiの格子位置に置換され、かつ原子半径がSi原子より大きいことから圧縮歪が印加されたと考えられる。以上より、AsイオンをSiに注入することでSi基板に微小な圧縮歪が印加されていることが明らかになり、ラマン分光法はドーピングプロセスに生じる微小な歪について評価可能であることが示唆された。本結果はイオン注入やアニール条件にフィードバックすることができると考えられる。

[1] X. Huang *et al.*, J. Appl. Phys. **77**, 5910 (1995).

[2] J. Takahashi *et al.*, J. Appl. Phys. **63**, 87 (1988).

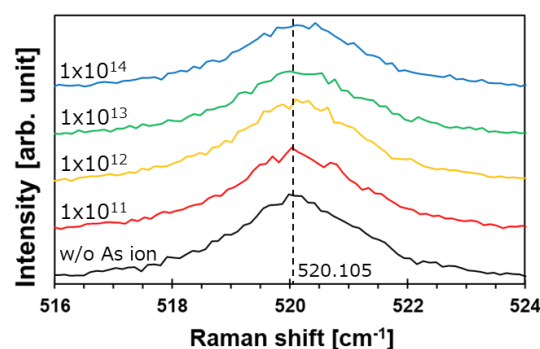


Fig. 1 Comparison of raw data of Raman spectra by Raman spectroscopy.

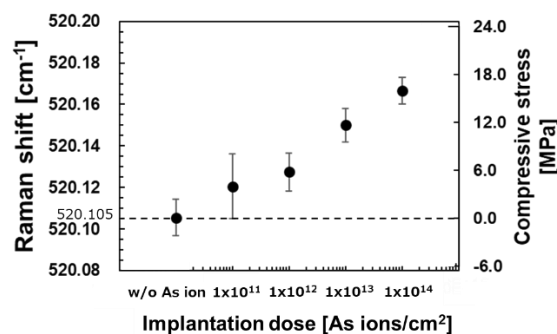


Fig. 2 The implantation induced Raman shifts of crystalline Si spectra by Raman spectroscopy.