

HAS モデルによる不純物ドーピングシリコンウェーハの強度解析

Strength Analysis of Impurity-doped Si Wafers by HAS-model

株式会社 SUMCO

高田康佑, 藤瀬淳, 高奉均, 小野敏昭

SUMCO CORPORATION Kousuke Takata, Jun Fujise, Bonggyun Ko, Toshiaki Ono

E-mail: ktakata@sumcosi.com

1. はじめに

半導体デバイス構造を作製するためには、シリコンウェーハにボロン、赤燐などの不純物元素を添加する必要がある。高温の熱処理過程では不純物元素によって臨界応力や転位の移動速度が異なることが知られているが【1】、降伏挙動の変化については明らかでない。本研究ではボロンまたは赤燐を添加したウェーハに三点曲げ試験を行い、上降伏点の違いを調べた。また、Haasen-Alexander-Sumino(HAS)モデル【2】を三点曲げ試験に適用し、降伏挙動を解析することで、高濃度の不純物ドーピングによって上降伏点に変化するメカニズムを考察した。

2. 実験方法

Table 1 に示すように、赤燐ドーピング、ボロンドーピング、Ref. の三種類のウェーハを用いた。ウェーハを 14×40mm の短冊状にへき開し、三点曲げ試験を行った。試験は室温から 750℃ まで 1 時間で昇温し、1.5 時間保持した後にロードセルを速度 0.1mm/min で下降させて上降伏点まで荷重を加えた。その後、除荷して自然冷却で室温まで降温させた。

Dopant	Table1 Sample levels (atoms/cm ³)		
	Phos.(n+)	Boron(p+)	Ref.(p-)
Dopant	8.30×10^{19}	1.48×10^{19}	1.34×10^{15}
Oxygen	1.43×10^{18}	1.24×10^{18}	1.28×10^{18}

3. 結果

三点曲げ試験の結果を Fig.1 の実線で示す。縦軸は荷重、横軸はロードセルの下降時間である。ボロンドーピングウェーハと Ref.ウェーハの上降伏点の差がわずかであるのに対し、赤燐ドーピングウェーハでは上降伏点が低下していることが分かる。HAS モデルによる計算では試験時に導入される傷の影響を考慮するため、ポンチとウェーハの接触点近傍で初期転位密度を高く設定した。そして、Fig.1 の点線で示した計算結果が Ref.の結果を再現するよう初期転位密度の分布を決定した。次にボロン、赤燐ドーピングウェーハの実験結果を再現するように、転位の移動速度を求めた。転位の移動速度は次式で表される。

$$v = v_0 \tau \exp(-E/kT) \quad (1)$$

ここで、 τ は有効応力、 E は転位の移動活性化エネルギー、 k はボルツマン係数、 T は温度、 v_0 は実験によって得られた物性値【3】である。Fig.1 の点線で示すように、計算結果は実験結果をよく再現する。HAS モデルによる解析で得られたボロンドーピングの転位の移動活性化エネルギーは Ref.ウェーハの 2.20eV とほぼ同等の 2.22eV であったが、赤燐ドーピングの活性化エネルギーは 1.70eV となった。これは低濃度ドーピングシリコン結晶と高濃度赤燐ドーピング結晶の転位の移動活性化エネルギー 2.20eV、1.66eV という結果を示した Imai らの報告【3】と一致した。

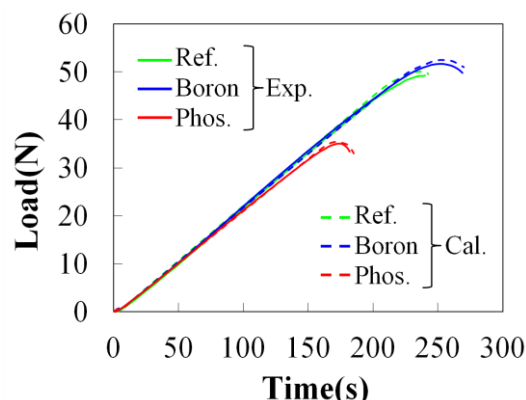


Fig.1 Load vs. fall time of load cell.

4. 結論

ボロンまたは赤燐を添加したウェーハの上降伏点を三点曲げ試験によって調査した結果、ボロンを添加したことによる上降伏点への影響は少なかったが、高濃度に赤燐を添加した場合では上降伏点が大きく低下した。この実験結果を HAS モデルによって解析すると、転位の移動活性化エネルギーが両者で大きく異なることが分かった。このことから、不純物の添加による転位の移動速度の変化が上降伏点に強く影響していることが示唆される。

参考文献

- 【1】 I.Yonenaga Materials Science in Semiconductor Processing 6 (2003) 355-358
- 【2】 P. Haasen, Zeit. Phys. 167 (1962) 461.
- 【3】 M.Imai, K.Sumino, Philosophical Magazine A, 1983, Vol.47, No.4, 599-621