19p-F9-2

無欠陥条件Si結晶成長中の熱応力起因によるボイド形成

Thermal stress induced void formation near defect free silicon crystal growth condition

岡山県立大学 情報工学部 ○神山栄治，末岡 浩治

Okayama Pref. Univ., Dep. Communication Eng., E. Kamiyama, K. Sueoka

E-mail: ejkamiyama@aol.com

【研究背景】育成中の単結晶Siには熱応力が生じており，この熱応力は点欠陥の濃度バランスに影響する．我々のグループでは，現実の固液界面近傍における熱応力効果を内部応力とした理論計算により，中村[1]が実験により精密に導いた臨界*v/G*値の熱応力依存性と非常に良く一致することを示した[2]．このように，熱応力は臨界*v/G*値に影響を与えている．本研究では，点欠陥濃度の熱応力依存性からボイドサイズを算出することにより，熱圧縮応力がボイドサイズに与えるインパクトを示すことを目的とする．

【計算における仮定】熱応力として，等方的な内部応力の計算結果を用いた解析について紹介する[3,4]．応力効果を無視した場合の固液界面における原子空孔（*V*）と格子間Si原子（*I*）の取り込み量がバランスする無欠陥条件を基準とし，圧縮応力による*V*の取り込み量増加分を計算することで，応力効果を評価した．得られた*V*の取り込み量から，実験で観測されるボイド密度(10^4-10^7cm^{-3})を仮定し，すべての*V*が球形ボイドに取り込まれるとして，ボイドサイズを算出した．なお，Si融点における*V*と*I*の熱平衡濃度には，実際のSi単結晶育成におけるGrown-in欠陥分布解析で決定された値を用いた[5-7]．

【結果と考察】宝来ら[8]により得られた無欠陥Siとなる*v/G*のProcess Windowが与える，臨界応力をTable Iに示す．さらに，Nakamuraら[5]による*V*と*I*の熱平衡濃度を用い，図1に示すボイドサイズの圧縮熱応力依存性を得た．このように，熱応力がボイドサイズに与える影響は最先端デバイス製造において無視できず，熱応力の影響も考慮してSi結晶育成条件を決定することが重要である．

Table I Critical stress for defect-free crystal growth [3, 4].

Parameter sets	Critical stress [MPa]	Ref.
Nakamura	4.10	[5]
Kulkarni	2.68	[6]
Sinno	2.95	[7]

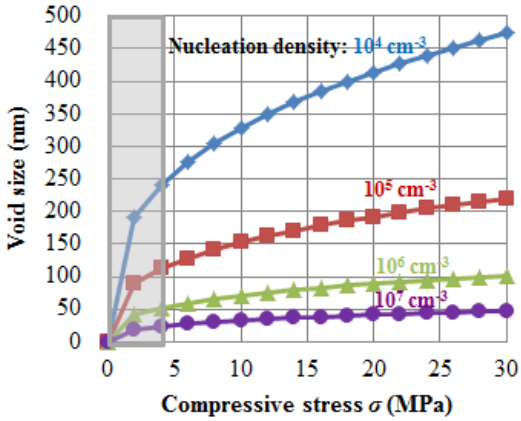

図１　仮定の各Void核密度におけるVoidサイズ応力依存性［3］

参考文献

1. K. Nakamura, R. Suewaka and B. Ko, *ECS Solid State Lett.*, **3**, N5-N7 (2014); doi:10.1149/2.005403ssl.
2. 末岡・神山, 2014春応物
3. E. Kamiyama, *et. al.*, *Appl. Phys, Lett.*, **102**, 082108 (2013); doi: 10.1063/1.4793662.
4. K. Sueoka, E. Kamiyama, J. Vanhellemont, *J. Crystal Growth*, **363**, 97 (2013).
5. K. Nakamura, *et.al.*, in: H.R.Huff, *et. al.* (Eds.), Semiconductor Silicon 2002, PV2002-2, The ECS Proceedings Series, Pennington, N.J., 2002 p.554.
6. M. Kulkarni, in: H. R. Huff, *et. al.* (Eds.), Semiconductor Silicon 2006, ECS Transactions 2(2), Pennington, N. J., 2006, p.213.
7. T.Sinno, *J. Crystal Growth*, **303**, 5 (2007).
8. M. Hourai, *et. al.*, in: H.R. Huff et al. (Eds.), Semiconductor Silicon 1998, PV 98-1, The ECS Proceedings Series, Pennington, N.J., 1998, p. 453.

© 2014 年　応用物理学会