

Poster presentation | 15 Crystal Engineering : 15.1 Bulk crystal growth

📅 Fri. Sep 20, 2024 9:30 AM - 11:30 AM JST | Fri. Sep 20, 2024 12:30 AM - 2:30 AM UTC 🏛️ P07
(Exhibition Hall A)

[20a-P07-1~1] 15.1 Bulk crystal growth

[20a-P07-1]

Mecahnical properties of bulk SiGe crystals III

○Yasutomo Arai¹, Shigeki Uchida², Tsuyoshi Kanda², Masanori Kusama², Kouji Tsubaki²,
Yoshifumi Katano², Masami Kataoka³, Shingo Sasaki³, Yasunori Sato³, Okuhisa Matsumura³,
TaTakeo Kobae³, Takuya Kawasaki³ (1.JAXA, 2.TOPCON, 3.TDY)

混晶バルク SiGe 結晶の機械的特性 III

Mecahnical properties of bulk SiGe crystals III

○荒井 康智¹、内田 茂樹²、草間 正寛²、神田 剛²、椿 浩二²、片野 佳文²、片岡 正巳³、
佐々木 新悟³、佐藤 靖則³、松村 億久³、小八重 竹夫³、川崎 拓也³

(1.JAXA、2.トプコン、3. ティーディーワイ)

○Y. Arai¹, S. Uchida², Y. Katano², K. Tsubaki², T. Kanda², M. Kusamai², M. Kataoka³, S. Sasaki³,
Y. Sato³, O. Matsumura³, T. Kobae³ and T. Kawasaki³

(1. JAXA, 2. TOPCON, 3. TDY)

E-mail: arai.yasutomo@jaxa.jp

【背景と目的】混晶系SiGe半導体合金は、宇宙用の熱電変換材料、電子デバイス材料等として実用化されており、近年は合金化による高硬度化と3~5μmおよび8~12μmの2波長透過特性を利用した赤外線材料として期待されている。我々は、TLZ法 (Traveling Liquidus Zone method) 等で育成したバルクSiGe結晶について、ナノインデントレーション法によるHardnessの組成依存性、SiGe結晶Gibbs自由エネルギー、圧縮率組成依存性等を用いた密度揺らぎ、多結晶SiGeを利用した体積弾性率・ずり弾性率の組成依存性等を報告してきた[1]。本報告では、Hardnessについて先行研究との比較とを行い、結晶構造や弾性率との相関を議論する。

【結果・考察】 SiGe 結晶の Hardness はエピタキシャル膜[2]とバルク[1, 3]、焼結体[4]、さらに MD 計算[5]で値が異なり、ベンチマークが必要とされている。図 1 に室温における Si_{1-x}Ge_x 結晶の Hardness について先行研究の報告例を示す[1-5]。▲の MD 計算結果[5]と一点鎖線のエピタキシャル膜の計測値[2] (ナノインデシミュレーション法) は比較的近い組成依存性を示しているが、点線で示した Cz 法バルク結晶の組成依存性[3]は線形依存性に近く、□の焼結体[4]も含めて、エピタキシャル膜とは中間組成の Hardness に数 GPa の差がある。なお、焼結体は Vickers 法、点線のバルク結晶体は Knoop 硬度、●の TLZ 法で育成した多結晶はナノインデシミュレーション法で計測されている。図 1 の TLZ-SiGe(●)[1]は組成依存性が Vegard 則より Bowing 則に従うが、薄膜(一点鎖線)のような顕著な硬度の上昇はなく、最大値を示す組成も Si リッチ側(Si70Ge30 付近)にシフトしている。Si80Ge20 組成について Hardness の値を比較すると、TLZ バルク、焼結

体、Cz バルク、エピタキシャル膜結晶の順に大きくなり、粒界やアモルファス物質の介在、結晶粒サイズ等が Hardness に大きく影響していることが判る。本報告では、SiGe 硬さの基準提案を目指して、バルク SiGe 結晶の Hardness と体積・ずり弾性率の関係を整理するとともに、単結晶バルクの音速測定から導出した弾性定数について報告を行う予定である。

【謝辞】本研究の一部は防衛装備庁安全保障技術研究推進制度(JPJ004596)の支援を受けたものである。また、本研究を実施するにあたり、実験・解析に関し多大なご助言を頂いた木下恭一氏に感謝申し上げます。

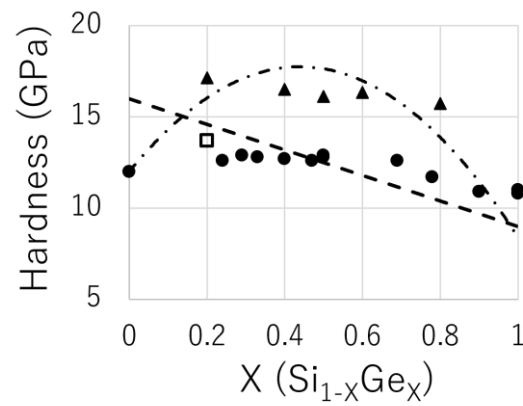


Fig. 1. Hardness of Si_{1-x}Ge_x crystals. ●:TLZ-Bulk SiGe, □: spark plasma sintering, ▲: MD simulation, dashed line: Bulk SiGe, dashed dotted line: epitaxial layers.

[1] 荒井、他. 第 71 回 応用物理学会 春季学術講演会.
[2] B. Roos *et al.*, Solid State Phenom.,**47-48**(1996)509-516.
[3] I. Yonenaga, Maert.Sci. Eng., A234-236 (1997) 559-562.
[4] S. Bathula *et al.*, Appl. Phys. Lett., 105 (2014) 061902.
[5] Van-Trung Pham, Mater. Sci. Semicond. Process., 123, 105568 (2021).