# 法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2025-01-15

## SiGeにおけるイオンビーム誘起界面非晶質化

### 石濱, 佑亮 / 山本, 康博 / 柏木, 俊秀 / 飯塚, 健太

(出版者 / Publisher)
法政大学イオンビーム工学研究所
(雑誌名 / Journal or Publication Title)
Report of Research Center of Ion Beam Technology, Hosei University / 法政 大学イオンビーム工学研究所報告
(巻 / Volume)
36
(開始ページ / Start Page)
16
(終了ページ / End Page)
18
(発行年 / Year)
2017-02-15
(URL)

https://doi.org/10.15002/00030306

#### 3. SiGeにおけるイオンビーム誘起界面非晶質化

柏木 俊秀\*、飯塚 健太\*\*、石濱 佑亮\*\*、山本 康博\*\*

#### 1. はじめに

#### 1.1 研究背景

イオンビームを用いた再結晶化/非晶質化プロセ スとしてイオンビーム誘起エピタキシャル結晶成長 法(IBIEC)とイオンビーム誘起界面非晶質化 (IBIIA)がそれぞれ知られている。IBIECは固相エ ピタキシャル結晶成長法(SPEG)と比べて低温で 再結晶化ができるというメリットがあり、これまで に多く研究がなされてきた。IBIECは結晶化が起こ る現象であるがこれとは逆の現象としてIBIIAがあ り、こちらは非晶質化が進む現象である。IBIECに 比べてIBIIAの研究例は少ないことから我々は IBIIAについての研究をしている。

#### 1.2 SiGeについて

現在、化合物半導体ではGaAs、GaN、InPなどが よく使われているがこれらはコストが高いとされ る。これらの化合物半導体に性能面で肉薄し、かつ コストが安いSiGeが注目されるようになった。SiGe の特徴としてSiのバンドギャップが1.1 eVに対して Geのバンドギャップが0.66 eVと小さくSiGeのGe濃 度によってバンドギャップを変えることができる。 この特徴を利用したSiGeヘテロ接合バイポーラデ バイスの研究がされており、例えばジョージア工科 大学が2014年2月に最大発振周波数798 GHzをもつ SiGe-HBTを開発したという発表をした<sup>1)</sup>。またSi の格子定数が5.43 Åなのに対してGeは5.82 Åと異 なっており、SiGeは歪を持って結晶成長することに なる。この特徴は歪シリコン技術に応用されてい る<sup>2)</sup>。Geの格子定数がSiよりも大きいためSiGeの格 子間隔は大きくなる。SiGe層上のSi層はSiGeに引っ 張られる形で原子間隔が広がり隙間が生じるように なる。これによって電子の移動度が上がり、デバイ スの高速動作を実現できるようになる。

#### 2. 実験

CVD法により作成されたSiGe層の厚さが400 nm、 Ge濃度が10%のSiGe/Siを試料として実験を行った。 図1に実験の流れと実験条件を示す。堆積直後の試料



図1 実験条件及び実験の流れ

•法政大学大学院理工学研究科、\*\*法政大学理工学部

に対して、エネルギーを200 keV、1.0×10<sup>15</sup> ions/cm<sup>2</sup> の注入量でGeイオンを室温の下で注入し、SiGe層に 結晶質/非結晶質界面を形成した。次にこの試料を、 アニールをする場合とアニールをしない場合の2通り に分けた。アニールは窒素雰囲気中で300℃、10分間 行った。これらの試料にエネルギーを3.9 MeV、4× 10<sup>14</sup>、7×10<sup>14</sup>、9×10<sup>14</sup> ions/cm<sup>2</sup>の注入量でGeイオン を室温の下で注入し、IBIIAを行った。IBIIA後の結 晶性の評価はRBSにより行った。IBIIAによる非晶質 層の増加量は小さく、このわずかな変化を検出するた めに散乱角を120°に設定した。

#### 3. 結果と考察

図2に200 keV、1.0×10<sup>15</sup> ions/cm<sup>2</sup>でのGeイオ ン注入後の試料にアニールをする前とした後のRBS による測定結果を示す。図2により最初のイオン注 入で表面からおよそ230 nmが非晶質化したことが 分かる。またアニールをしたことで結晶質/非晶質 界面がより急峻になることが分かる。図3、4にそ れぞれの試料のIBIIA後のRBSによる測定結果を示 す。図3、4よりアニールの有無にかかわらず IBIIAが起こることは確認ができた。しかしながら 非晶質層の増加量に違いがあり、アニールをしない 方がよりIBIIAが進みやすいということが分かっ た。アニールによる結晶質/非結晶質界面の構造の 変化がIBIIAの進行度に影響を与えていると考えら れる。



図2 200 keV、1.0×10<sup>15</sup> ions/cm<sup>2</sup>でのGeイオン注入 により結晶質/非結晶質界面を形成した後にア ニールする前とした後でのRBS測定結果



 図3 アニールをしなかった試料に対して3.9 MeV、 4×10<sup>14</sup>、7×10<sup>14</sup>、9×10<sup>14</sup> ions/cm<sup>2</sup>の注入量で、
 室温の下でのGeイオン注入によるIBIIA 後のRBS 測定結果



 図4 アニールをした試料に対して3.9 MeV、それぞれ 4×10<sup>14</sup>、7×10<sup>14</sup>、9×10<sup>14</sup> ions/cm<sup>2</sup>の注入量で、
 室温の下でのGeイオン注入によるIBIIA 後のRBS 測定結果

#### 4. 結論

SiGeにおいてアニールの有無にかかわらずIBIIA が起こることが確認さることができた。ただし IBIIAの進行度はアニールの有無により違いが生 じ、アニールをしない方がよりIBIIAが進みやすい ことが分かった。アニールによって結晶質/非晶質 界面がより急峻になることからこの界面の構造変化 がIBIIAに影響を与えていると考えられる。今後は この界面の状態をより詳細に調査をしていく必要が ある

#### 参考文献

- P. S. Chakraborty, A. S. Cardoso, B. R. Wier, A. P. Omprakash, Electron Device Letters, IEEE, 35, 2 (2014).
- 2) K. Rim, S. Koester, M. Hargrove, J. Chu, P. M. Mooney, J. Ott, T. Kanarsky, P. Ronsheim, M. Ieong, A. Grill, H. -S. P. Wong, VLSI Technology Digest of Technical Papers 59-60 (2001).
- 3) J. Nakata Phys. Rev. Rev. B 43, 14643 (1991).
- 4) Ch. Angelov, M. Takai, A. Kinomura, Y. Horino, A. Peeva, W. Skorupa, Nucl. Instr. and Meth. B 206, 907 (2013).
- 5) K. Awane, Y. Kokubo, M. Yomogida, T. Nishimura, Y. Yamamoto, Nucl. Instr. and Meth. B 307, 399 (2013).
- N. Kobayashi, M. Hasegawa, N. Hayashi, H. Tanoue, H. Shibata, Y. Makita, Nucl. Instr. Meth. B 106 (1995).
- T. Henkel, V. Heera, R. Kögler, W. Skorupa, M. Seibt, J. Appl. Phys., 82 (1997).
- G. Otto, G. Hobler, P. Pongratz, L. Palmetshofer, Nucl. Instr. and Meth. B 253, 253 (2006).