## 三次元構造デバイス応用に向けた CO<sub>2</sub> レーザーアニールによる積層多結晶シリコン薄膜の形成

Double-Layered Polycrystalline Silicon Thin Films Crystallized

by CO<sub>2</sub> Laser Annealing for Three-Dimensional Integrated Devices

奈良先端大<sup>1</sup>, CREST<sup>2</sup>, 九州大学<sup>3</sup> O(DC)山崎 浩司<sup>1</sup>, 町田 絵美<sup>1</sup>, 堀田 昌宏<sup>1,2</sup>.

石河 泰明<sup>1,2</sup>, 浦岡 行治<sup>1,2</sup>, 池上 浩<sup>3</sup>

NAIST<sup>1</sup>, CREST<sup>2</sup>, Kyushu Univ.<sup>3 o(PC)</sup>Koji Yamasaki<sup>1</sup>, Emi Machida<sup>1</sup>, Masahiro Horita<sup>1,2</sup>,

Yasuaki Ishikawa<sup>1,2</sup>, Yukiharu Uraoka<sup>1,2</sup>, Hiroshi Ikenoue<sup>3</sup>

## E-mail: y-koji@ms.naist.jp

**[はじめに]** ディスプレイパネル等の大面積基板上において複数の薄膜デバイスを三次元的に集積する技術は、デバイスの多機能化を可能にする. レーザーアニール技術によって複数積層した非晶質シリコン(a-Si) 薄膜を一度に結晶化することができれば、三次元構造デバイス作製において、プロセス削減によるスループット向上や低コスト化が期待できる. そこで我々は、積層 a-Si 膜の新たな同時結晶化の手法として、 $CO_2$ レーザーアニールに着目した. 遠赤外波長を有する  $CO_2$ レーザーは、Si 膜に吸収されず、SiO\_2膜やガラス基板に吸収される特長を持つ. また  $CO_2$ レーザーの侵入長は SiO\_2膜に対して 40 µm(室温の場合)であり、100 nm 以下の SiO\_2膜を用いた積層 Si 膜(図 1)に対して  $CO_2$ レーザー照射を行った場合、レーザーエネルギーは積層したそれぞれの SiO\_膜に均等に吸収され、最下層のガラス基板まで達すると考えられる. 我々は、積層 Si 膜に対して  $CO_2$ レーザー照射を行った際に生じる上下層 SiO\_膜およびガラス基板からの熱伝導によって積層 Si 膜の同時結晶化が可能である考え、試みたので報告する.

[実験] 図1に本実験で用いた試料の断面図を示す.実験に用いた Q-switch CO<sub>2</sub> レーザーは,波 長 10.6 µm,パルス幅 10 nsec,繰り返し周波数 40 kHz のパルスレーザーである.本研究では,CO<sub>2</sub> レーザーにより形成した積層 Si 膜に対して,走査型電子顕微鏡(SEM)およびラマン分光法を用いて, 粒径観察および結晶化度を評価した.SEM 観察前にはセコエッチング溶液を用いて粒界エッチン グを行った.下層 Si 膜を評価する為に,キャップ SiO<sub>2</sub> 膜,上層 Si 膜および中間絶縁 SiO<sub>2</sub> 膜をエ ッチングし,下層膜が試料最表面になるように処理を行った.

[結果および考察] 図2にCO<sub>2</sub>レーザーアニールにより形成した積層 Si 膜の上層膜と下層膜の表面 SEM 像を示す. 照射エネルギー密度が 82 mJ/cm<sup>2</sup>の場合,上層膜および下層膜において最大粒径 3 µm,平均粒径 2 µm の結晶粒が形成された.この結果より,CO<sub>2</sub>レーザーアニールを用いることにより,積層 Si 膜の同時結晶化が可能であることが明らかになった.図3に照射エネルギー密度を変化させた際の積層 Si 膜の下層膜のラマンスペクトルを示す.照射エネルギー密度の増大とともにアモルファス成分(480 cm<sup>-1</sup>)の値が減少し,さらにピーク位置においては、単結晶 Si (c-Si)の値の方向にシフトしている.これらの結果より,CO<sub>2</sub>レーザーの照射エネルギー密度の増加に伴い,下層 Si 膜の結晶性が向上することが分かった.

[まとめ] 本研究では、CO<sub>2</sub>レーザーアニールによって形成した積層 Si 膜の膜質評価を行った. その結果、上下層膜において最大粒径 3 µm、平均粒径 2 µm の結晶粒が確認され、CO<sub>2</sub>レーザーア ニールによって積層 Si 膜の同時結晶化が可能であることが明らかになった.また、照射エネルギ 一密度の最適化を図ることにより、積層 Si 膜の膜質の向上が可能であると結論する.

【謝辞】本研究において、Q-Switch CO<sub>2</sub>レーザーの技術支援をして下さったギガフォトン株式会 社渡辺陽介氏に感謝致します.

SiO <sub>2</sub> (cap layer)	100 nm
Si (upper layer)	50 nm
SiO <sub>2</sub> (inter layer)	50 nm
Si (lower layer)	50 nm
SiO <sub>2</sub> (buffer layer)	100 nm
SiN (buffer layer)	50 nm
Quartz (substrate)	

Fig.1 Illustration of double-layered Si sample structure for  $CO_2$  laser annealing.



Fig.2 SEM images of (a) upper and (b) lower layers of double-layer samples after laser annealing. The laser energy density is 82 mJ/cm<sup>2</sup>. A crystal grain is enclosed by a dashed line.



Fig.3 Raman spectra of annealed lower layer of double-layered samples for various irradiated laser energy compared with single crystal-Si.