イオン照射による半導体微細セル構造の自己組織化形成

高知工科大学物質・環境システム工学科 新田 紀子 谷 脇 雅 文

(a) 4.0×10^{14}

(b) 1.2×10^{15}

(a) 4.0×10^{14}

(b) 8.9×10^{14}
(ions/cm²)

Fig. 1 GaSb - 60 kV Sn⁺ の 表面 SEM 像.

Fig. 2 GaSb-60 kV Sn⁺ の断面 TEM 像と制限視野回折像.

半導体など無機物質にイオンを重照射すると、通常、表面注入層に損傷領域が形成されやがて非晶質層となる。ところが、化合物半導体 GaSb に約 150 K の低温で約 10^{15} ions/cm² の 60 kV Sn イオンを注入したところ、その表面に特異な欠陥構造が形成された⁽¹⁾⁽²⁾。これは、表面 SEM 像 Fig. 1 (b) と断面 SEM 像 Fig. 2 (b) に示されるように、内部が空洞の非常に微細なセルの集合である。形成されたセルは、アスペクト比が大きい筒状で、直径は 50 nm、深さが 250 nm、セルを隔てる壁の厚さは 10 nm 程度である。

このセル状構造の形成はスパッタリングや気相成長ではなく、イオン注入によって導入される点欠陥の挙動に支配されている。それを検証するために Sn イオンの注入量、つまり点欠陥の形成量を変え、構造の形状を調べた⁽³⁾。注入量を約 1/2 にしたものの表面 SEM 像と断面 TEM 像が Fig. 1 (a) と Fig. 2 (a) である。 4.0×10^{14} ions/cm² 注入 GaSb の表面には高密度の窪みが観察されるが、このコントラストは (b) に比べ弱い(実は薄い表皮の下にある空隙を覗いている)。断面 TEM 像には、面内方向の直径約 50 nm、垂直方向の直径約 100 nm のボイドがほぼ同じ深さ、ほぼ等間隔に形成されている。その中心位置は、表面から約 50 nm であり、これはイオン射程に相当する深さであ

る。このことから、ボイドは原子空孔が過飽和に蓄積され、内部ひずみが臨界を越えたとき、原子空孔が集合し、自己配列的に形成されたものと考えられる。

二つの組織写真から以下のことが読み取れる。イオン注入によって格子間原子と原子空孔が形成されるが、低温のため原子空孔はカスケード損傷の中にとどまる。やがて照射領域の原子空孔が集合しボイドが形成される。さらに注入量が増加すると、ボイドは深さ方向に成長し、セル状構造が形成される。成長を空隙量で評価すると、 4.0×10^{14} ions/cm² 注入までに比べて 8.9×10^{14} ions/cm² までの注入では10倍以上成長したことになり、これは原子空孔だけでは説明できない。このことから、セル状構造の形成には、イオン照射によって導入された原子空孔と格子間原子の双方が寄与していると考えられる。

文 献

- (1) 新田紀子, 谷脇雅文, 鈴木朝夫, 林 禎彦, 佐藤裕樹, 義家敏正: 日本金属学会誌, **64**(2000), 1141-1147.
- (2) N. Nitta, M. Taniwaki, T. Suzuki, Y. Hayashi, Y. Satoh and T. Yoshiie: Mater. Trans., **43**(2002), 674-680.
- (3) N. Nitta, M. Taniwaki, Y. Hayashi and T. Yoshiie: J. Appl. Phys., **92**(2002), 1799-1802.

(2004年 8月19日受理)

Self-Organized Formation of Cellular Structure on Semiconductors by Ion-Implantation; Noriko Nitta, Masafumi Taniwaki (Department of Environmental Systems Engineering, Kochi University of Technology)

Keywords: GaSb, ion implantation, cellular structure, compound semiconductor

TEM specimen preparation: ion milling TEM utilized: JEOL JEM-2010F (200 kV) SEM utilized: JEOL JSM-6400F