

二軸性歪み下における GaSb の電気伝導率の面方位依存性

Plane orientation dependence of electrical conductivity of biaxially-strained GaSb

○岸本 秀輝¹、赤石 暁¹、中村 淳¹ (1. 電通大院基盤理工)○Hideki Kishimoto¹, Akira Akaishi¹, Jun Nakamura¹

1. Dep. of Engineering Science, The Univ. of Electro-Communications (UEC-Tokyo)

E-mail: kishimoto@natori.ee.uec.ac.jp

GaSb は高いホール移動度を有するため、次世代 CMOS デバイスの p チャネル材料として期待されている。近年、GaSb 面内に対して圧縮・引っ張り歪みを印加することでホール移動度が向上することが報告されている[1, 2]。しかし、ホール移動度向上の詳しいメカニズムは明らかにされていない。また、面方位の違いによる面内の二軸性歪みの影響についても調べられていない。本研究では、(001), (110), (111)面内の等方的歪みが GaSb バルクの電気伝導に与える影響を、密度汎関数理論に基づく第一原理計算および半古典的 Boltzmann 輸送理論に基づく計算を用いて解析した。

Fig. 1 は GaSb(001), (110), (111)面内に等方的な歪みを印加した時の、面内電気伝導率 $\sigma_{in-plane}$ の歪み依存性を示す。ホール濃度が低い場合は、面方位によらず歪みゼロのときの電気伝導率が極値を示す。ホール濃度が低い状態では、価電子帯端のごく近傍の状態のみ電気伝導に寄与するため、歪みが加わると、価電子帯端の縮退が解けて状態密度が小さくなり、電気伝導率が低下したと考えられる。また、電気伝導率は引っ張り歪み下と比較して圧縮歪み下の方が大きくなった。これは、面内に歪みを与えると、圧縮時は面内のエネルギー分散が light hole 的になるのに対して、引っ張り時は heavy hole 的になるためであると考えられる。ホール濃度が高い場合は、ホール濃度が低い場合とは違い、面方位によって歪みに対する電気伝導率の振る舞いが異なった。こうした振る舞いの違いは、Fig. 2 に示した二軸性歪み下における GaSb の面内二次元バンド図から理解できる。GaSb(001)の場合は、引っ張り歪み 2%で電気伝導率が極小値をとるが、それは等エネルギー面の幾何学的な切り替わり点と対応している。GaSb(110)の場合は、[001]方向と[-110]方向のエネルギー分散が異方的で、歪みに対する変化が方位によって異なる。GaSb(111)の場合は、圧縮歪みの増加に伴い等エネルギー面が小さくなるため、電気伝導率が圧縮歪みの増加に伴い上昇する。

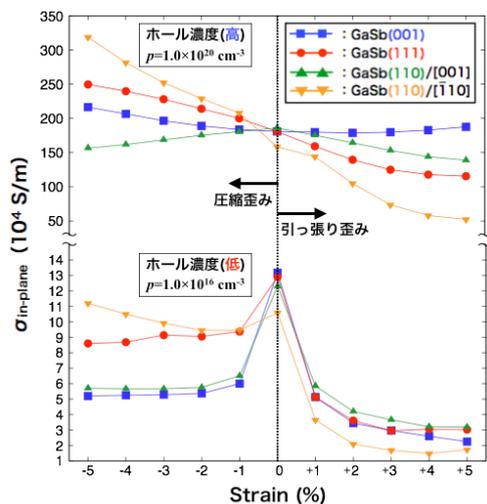


Fig. 1. Electrical conductivity $\sigma_{in-plane}$ of GaSb as a function of the biaxial strain at 300K for the hole concentrations of $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ and $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.

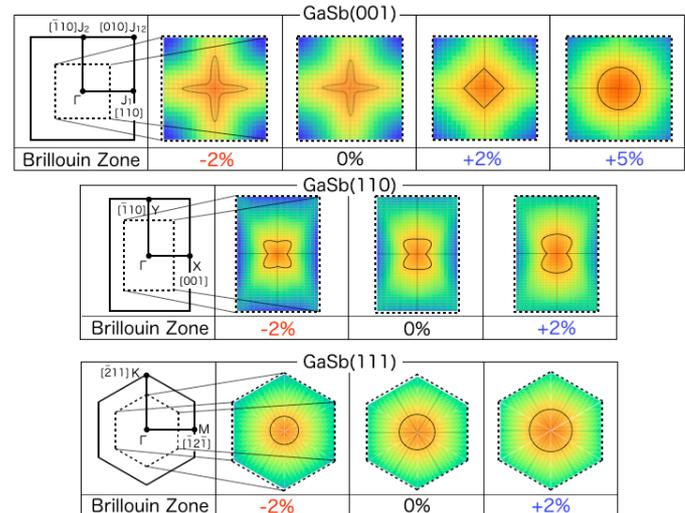


Fig. 2. 2D band structure of biaxially-strained GaSb. Black line shows an iso-energy surface for the hole concentration of $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$.

References

- [1] A. Nainani *et al.*, J. Appl. Phys. **111**, 103706 (2012).
 [2] B. R. Bennett *et al.*, J. Crystal Growth **311**, 47 (2008).