

GaAs 半導体中格子歪み分布の核スピンによる観察

Nuclear-Spin Observation of Spatially Distributed Strains in GaAs Semiconductor

西森 将志¹, 長谷川 広和¹, [○]佐々木 進¹, 渡辺 信嗣², 平山 祥郎^{2,3}

(1. 新潟大自然, 2. JST-ERATO, 3. 東北大理)

Masashi Nishimori¹, Hirokazu Hasegawa¹, [○]Susumu Sasaki¹,

Shinji Watanabe², Yoshiro Hirayama^{2,3}

(1. Niigata Univ., 2. JST-ERATO, 3. Tohoku Univ.)

E-mail: susumu@eng.niigata-u.ac.jp

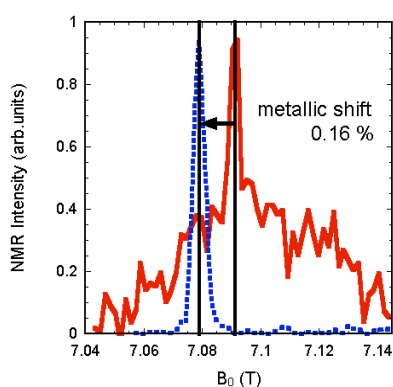
改めて強調するまでもなく、半導体中の格子不整合に起因する歪みの様子を把握することは、より高品質な半導体を作成する目的にはもちろんのこと、歪みを積極的に活用した物性による応用を展開する上でも、極めて重要な知見を与える。近年の斬新な手法により、基板の上に積層した最上部の表面近傍の歪みについては、多角的に情報が捉えられるようになってきた[1,2,3]。しかしながら、もっとも重要である歪み、すなわち基板との格子不整合に起因する界面に垂直方向の歪みの空間分布については、定量的に観察することは困難であった。

核スピンは、言わば物質に“作り付け”られたプローブであるため、物質内部の微視的な情報を得る強力な手法である。実際、核スピンをプローブとした核磁気共鳴法 (NMR) [4]は、これまで超伝導体や磁性体の多岐にわたる物性の発現機構を明らかにしてきた[5]。

今回、GaAs 基板の上に交互に積層された GaAs 層と $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 層において、Al 核スピンをプローブとした NMR を超高感度で行うことにより、Ga サイトにおける歪みの空間分布を観測した。

得られた Al-NMR スペクトルから、以下のことが明らかとなった：①超格子構造では界面から 90%まで歪みが存在すること (=界面から 90%以上離れれば、歪みから完全に開放されていること)、②得られた歪みの大きさは、試料を冷却することによる熱収縮などでは到底説明できないこと、③歪みの大きさは、他の表面敏感な手法[1,2,3]で報告されている値に比べ、10 倍以上大きいこと、④得られた実験値は、予備的な数値計算の値とほぼ同程度であること。

これより、GaAs 界面と超格子との格子不整合による歪みが、界面垂直方向に分布する様子を核スピンにより観測したことが強く示唆される。



講演では、左図 (赤線は GaAs 基板上の GaAs/ $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 層中の Al-NMR スペクトル) から上記の結論を得た過程を詳細に述べる。

文献：[1] T. Ota et al., Phys. Sta. Sol. (c) **4**, 1759 (2007). [2] M. Kawamura et al., Appl. Phys. Lett. **96**, 032102 (2010). [3] M. Ono et al., Appl. Phys. Lett. **96**, 071907 (2010). [4] M. H. Levitt, *Spin Dynamics: Basics of Nuclear Magnetic Resonance*, John Wiley & Sons, Ltd (2008). [5] 川畑有郷, 安岡弘志, 「遍歴電子系の磁性と超伝導」 裳華房(1992).