17p-D6-16

角度分解光電子分光法を用いた半導体超格子のミニバンド評価
Evaluation of Mini-Bands Formed in Superlattice by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy Measurement

名大院工 [1], 分子研 UVSOR[2]　○志村 大樹 [1], 市橋 史朗 [1], 西谷 健治 [1], 原田 俊太 [1], 伊藤 孝寛 [1], 桒原 真人 [1], 松波 雅治 [2], 木村 真一 [2], 田川 美穂 [1], 宇治原 徹 [1]

Nagoya Univ.[1], IMS/UVSOR[2], °Daiki Shimura[1], Fumiaki Ichihashi[1], Kenji Nishitani[1], Shunta Harada[1], Takahiro Ito[1], Makoto Kuwahara[1], Masaharu Matsunami[2], Shin-ichi Kimura[2], Miho Tagawa[1], and Toru Ujihara[1]

E-mail: shimura@sic.numse.nagoya-u.ac.jp

【背景】半導体超格子構造によって形成されるミニバンド構造を利用した中間バンド型太陽電池が提案されている。実際の試料において形成されたミニバンド構造を把握することは中間バンド型太陽電池の開発を加速する上で重要である。そこで、我々は角度分解光電子分光(ARPES)法によってミニバンドの直接観察を行っている。本研究では、光学遷移において重要な役割をもつ 1 次、2 次の価電子帯ミニバンドに注目して測定した。

【実験】試料は MOVPE 法により作製した。GaAs(001) 基板上に $In_{0.16}Ga_{0.84}As$(2.9 nm) /$Al_{0.35}Ga_{0.65}As$(2.9 nm) 20 ペアを成長した (Fig. 1(a))。ARPES 法は分子研 UVSOR の BL-5U で行った。

Fig. 1(b) は、作製した超格子構造が理想的な周期的矩形ポテンシャルを持つとして計算される価電子帯ミニバンドである。横軸が層厚を表しており、緑で示す 1 次と 2 次の重い正孔ミニバンド(hh1、hh2)と青で示す 1 次の軽い正孔ミニバンド(lh1)が量子井戸の中に形成される。

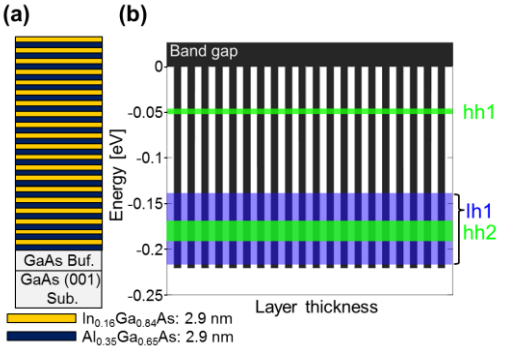

Fig. 1: (a) Details of the structure of the specimen and (b) the calculated levels of the valence mini-bands in the range of the barrier.

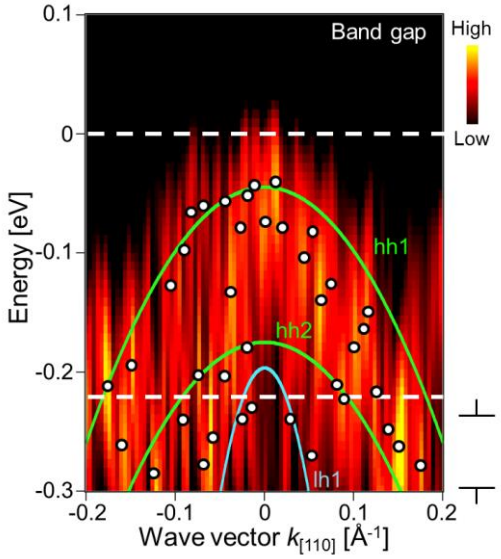

Fig. 2: The ARPES intensity mapping image and calculated mini-band dispersions of InGaAs/AlGaAs superlattice. The open circles indicate the peaks obtained by the ARPES measurement.

【結果】Fig. 2 に、ARPES 法によって得られたバンド分散関係を表すマッピング像を示す。横軸は[110]方向の波数、縦軸は電子のエネルギーである。白い点線で囲った範囲は、井戸の領域である。また、白い丸は ARPES 法によって得られたスペクトルのピーク位置であり、これらはバンド分散を意味する。この測定範囲は試料表面の InGaAs バルクではバンド分散が観察されないところであり、観察されるピークは超格子構造由来のバンド構造である。これらのピーク位置を見ると上に凸の放物線状に分布している。

Fig. 2 に示す曲線は、Luttinger モデルを用いて有効質量を求め、Fig. 1(b) の準位を対称点として求めた理論的な分散である。ばらつきはあるがこれらの理論値にピークの位置が比較的よく一致している。hh1 に由来すると考えられるピーク位置から有効質量係数を求めたところ 0.58 となり、理論から予測される有効質量係数の 0.71 とほとんど同じ値となった。ARPES 法は表面近傍のバンド分散を測定している。よって、観察されたミニバンド分散と理論値がよく一致していることから、内部のミニバンドが試料表面まで形成されていることがわかる。

本研究は科研費・挑戦的萌芽研究（25600088）により行われた。

© 2013 年　応用物理学会