

## GaMnAs における強磁性転移に伴う価電子帯と不純物帯の分離

## Separation of the valence band and impurity band

## associated with the ferromagnetism transition in GaMnAs

○(PC) 宗田伊理也、大矢忍、田中雅明 (東京大学大学院工学系研究科)

E-mail: muneta@cryst.t.u-tokyo.ac.jp



重い電子系においては、温度の低下に伴い自由電子と局在電子が磁氣的に強く結合し、有効質量の重いバンドが新たに生じる。同様に、強磁性半導体 GaMnAs においては、強磁性状態では、正孔と Mn3d 電子が結合し、ホストの価電子帯とは別に不純物帯が生じている。この類似性から、GaMnAs のバンド構造が温度に依存して変化することが予想される。この変化から温度低下時の強磁性転移の過程を推測することが出来る。しかし、GaMnAs のバンド構造の温度依存性は今まで測定されていない。本研究では、共鳴トンネル分光により GaMnAs の価電子帯正孔のコヒーレンスの温度依存性を測定し、バンド構造の温度依存性と強磁性転移過程を検討する。

本研究で作製した試料 A 及び B は、GaMnAs 量子井戸の Mn 濃度及びキュリー温度  $T_C$  が異なり、それぞれ Au / Ga<sub>0.94</sub>Mn<sub>0.06</sub>As (20 nm) / AlAs (6 nm) / Ga<sub>0.987</sub>Mn<sub>0.013</sub>As 量子井戸 ( $d$  nm,  $T_C=35$  K) / AlAs (6 nm) / GaAs:Be (100 nm)、及び、Au / Ga<sub>0.964</sub>Mn<sub>0.036</sub>As ( $d$  nm,  $T_C=86$  K) / AlAs (5 nm) / GaAs:Be (100 nm) で構成される共鳴トンネルダイオードである。Figure 1 は測定した  $d^2I/dV^2$  の量子井戸幅  $d$  及び電圧  $V$  依存性を示している。 $T_C$  より高い常磁性 (PM) となる温度では、 $d^2I/dV^2$ - $V$  振動は観測されていないが、 $T_C$  より低い強磁性 (FM) となる温度では、温度を低下させると GaMnAs 量子井戸の共鳴トンネル効果による  $d^2I/dV^2$ - $V$  振動、及び、ピーク電圧の  $d$  依存性が観測され、量子準位が形成されることが分かる。温度を低下させるほど  $d^2I/dV^2$ - $V$  振動が増大しており、価電子帯正孔のコヒーレンスが增大している。振動が観測される最大の温度は、 $T_C$  が高い試料 B のほうが、Mn の不純物濃度が高いにも関わらず、試料 A より高くなっている。このことから、温度低下による価電子帯正孔のコヒーレンスの回復は  $T_C$  に連動していると言える。PM においては、価電子帯正孔はコヒーレント状態でないことから、価電子帯は Mn の影響を強く受け、価電子帯と不純物帯は区別されないと考えられる。FM 転移後における温度低下による価電子帯正孔のコヒーレンスの増大は、Mn のスピン磁気モーメントが揃うほど価電子帯から Mn の影響が排除されることを意味する。同時に、Mn の影響を強く受けた不純物帯が価電子帯から分離される。この結果は、GaMnAs において、重い電子系と同様に温度低下によりバンド構造が変化し、その変化が強磁性転移と強く相関することを示している。理論的には Anderson 不純物モデルで理解出来る。

本研究の一部は、科学研究費 (特別推進研究、基盤研究 (A)、挑戦的萌芽研究)、先端融合 COE、日本学術振興会特別研究員制度の援助により行われた。

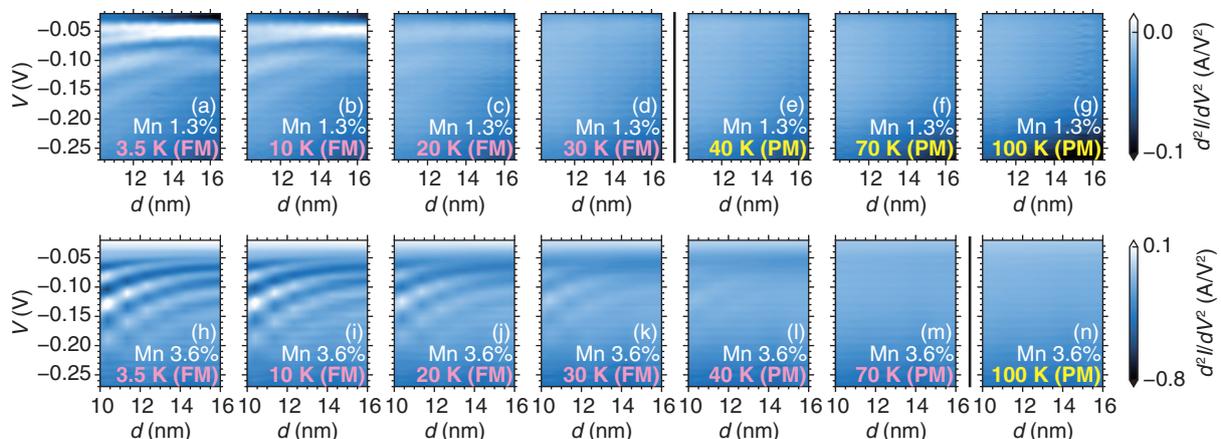


FIG. 1: The  $d$  and  $V$  dependence of  $d^2I/dV^2$  measured on (a)-(g) sample A (Mn 1.3%,  $T_C=35$  K) and (h)-(n) sample B (Mn 3.6%,  $T_C=86$  K).