

ナノ構造の光 STM

筑波大学物理工学系 吉田昭二、藤田真知子、津原克聡、保田諭、武内修、重川秀実

Photo-assisted scanning tunneling microscopy on nanostructural materials

S.Yoshida, M.Fujita, K.Tsuhara, S.Yasuda, O.Takeuchi, H.Shigekawa

Institute of Applied Physics, University of Tsukuba <http://dora.ims.tsukuba.ac.jp>

フェムト秒パルス光励起 STM を応用可能な重要な分野として、半導体表面に形成されたナノ構造におけるキャリア分布の時空間分解測定が挙げられる。これは半導体上の STM 測定における探針、真空ギャップ、半導体試料が、局所的な金属・絶縁体・半導体接合(MIS 接合)を形成し、この時のトンネル電流が探針直下の半導体中のキャリア密度に依存することを利用し、その時間・空間分布を測ろうとするものである。

理想的な 1 次元 MIS 構造のバンド図を図 1 に示す。半導体のキャリア密度が小さい場合、試料と探針の間にかけられたバイアス電圧による電界は、真空ギャップのみならず、半導体中にも浸透し、半導体表面近傍のエネルギーバンドは、探針の電界により湾曲する (バンドベンディング)。結果として、実効的なトンネル電圧は減少し、更に表面近傍に形成される空乏層によりトンネル障壁の幅・高さが増大するためトンネル電流は流れにくくなる。この状態に光を照射すると、半導体表面近傍に生成するフォトキャリアにより、バンドベンディングが緩和され、トンネル電流が流れやすくなる。バンドベンディングの大きさは、キャリア密度に強く依存し、キャリア密度が多いほど、小さくなることから、光照射によるバンドベンディング緩和量を空間的に測定することにより、局所的なキャリア密度分布を測定することが可能となる。

今回我々は、局所的なバンドベンディングの緩和量を測定する手法を開発し、Ag/Si(100)表面において、バンドベンディングの緩和の空間分布をマッピングすることに成功した。

図 2(a)に Ag/Si(100)表面の STM トポグラフィ像を示す。明るく観測される部分が Ag のドメインが形成されている部分であり、それ以外は、Si(100)清浄表面が観測されている。図 2(b)は、(a)と同領域において、光照射によるバンドベンディングの緩和量を空間的にマッピングした像である。Ag 蒸着は光照射によるバンドベンディング緩和量を Si 上に比べて小さくする方向に働いており、その結果、表面近傍におけるバンドベンディング量にナノメートルオーダーの構造が生じていることが明らかとなった。

本解析手法は、量子ドットや分子機能素子などの人工ナノ構造を利用した次世代デバイス素子開発への展開において、重要な役割を担うことが期待され、今後、基礎、応用両面を念頭に置いて実験を進めていく予定である。

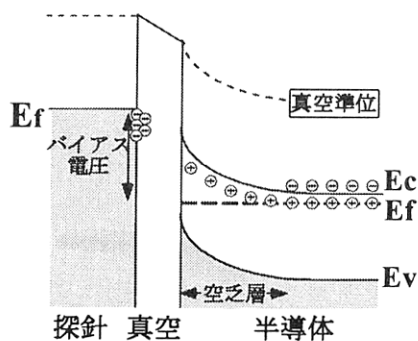


図 1. エネルギーバンド図

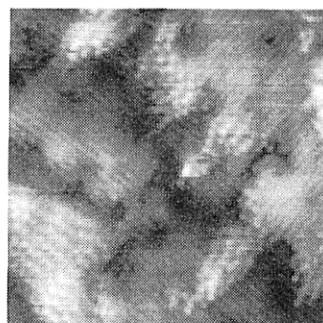


図 2(a). Ag/Si(100)表面の STM 像

$V_s=+3.0V$ $I_t=1nA$

(20nm × 20nm)

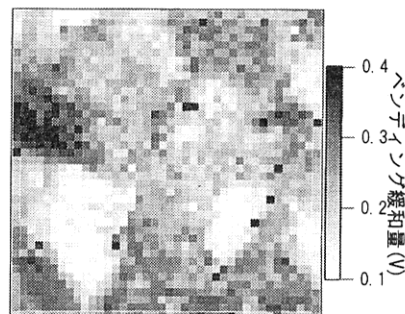


図 2(b). 光照射によるバンドベンディング緩和量の空間分布像