

固体電気化学反応を用いた量子ポイントコンタクトスイッチ

理化学研究所^{*}、CREST^{**}、大阪大学大学院工学研究科^{***}
寺部一弥^{**}、長谷川剛^{*}、中山知信^{*}、青野正和^{*,***}

Quantum-point-contact switch using solid electrochemical reactions

K. Terabe^{**}, T. Hasegawa^{*}, T. Nakayama^{*} and M. Aono^{*,***}

The Institute of Physical Chemical Research (RIKEN)^{*}, CREST^{**}

Department of Precision Science and Technology, OSAKA University^{***}

硫化銀 (Ag_2S) は、結晶内で銀イオンと電子が伝導する混合導電体物質として知られている。我々は、この結晶内の銀イオンの固体電気化学反応を利用して、ポイントコンタクトスイッチを作成した。図1にその模式図を示す。適当な電圧を加えることにより、 Ag_2S 結晶内の銀イオンがトンネル電子によって還元され、表面上に銀原子として析出する。この銀原子から成る架橋によって電極間にポイントコンタクトが形成される。さらに、加えるバイアス電圧の極性を反対にすれば、析出した銀原子が酸化されて元の結晶内に銀イオンとして再固溶することにより、ポイントコンタクトを切り離すことが可能である。

はじめに、 Ag_2S 結晶を UHV-STM 探針に用いて、探針と試料間に適当な電圧とトンネル電流を加えた。その結果、探針先から析出した銀原子によって試料との間にポイントコンタクトが形成され、この時量子化されたコンダクタンスが発現した。また、電圧の極性を反対にすることによりポイントコンタクトは切断され、この時も同様に量子化コンダクタンスが発現した。銀原子のポイントコンタクトによる量子化コンダクタンスは、図2に示す様に、パルス電圧を加えることにより制御することが可能であった。ここでは、探針と試料間に量子数が $n=1$ になるようにポイントコンタクトを形成した後、加える電圧を銀イオンの固体電気化学反応が起こらない様に小さくした。この状態で、固体電気化学反応が進む大きな電圧をパルス状に加えることによる銀イオンの出入りを利用して、コンダクタンスの量子数 ($n=1, 2$) を制御した。

次に、二本の白金線と Ag_2S で被覆した一本の銀線を用いてポイントコンタクト・アレーを大気中で作成した。白金線と銀線の各交点では、トンネル電流が流れる様に僅かな空間を形成した。それぞれ独立に電圧を各交点に加えることにより、 Ag_2S から析出した銀原子によって各ポイントコンタクトが形成され、量子化コンダクタンスが発現した。各ポイントコンタクトの量子化コンダクタンスは、図3に示す様に、各交点に加える電圧によって独立に制御された。この時、ポイントコンタクトの構築と切り離しは、1マイクロ秒以上の速さでスイッチした。これら結果から、本法によるポイントコンタクト・アレーは、メモリ素子や演算素子などの新規な電子デバイスの創製に繋がると期待される。

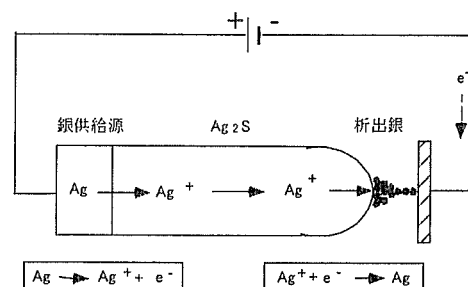


図1 Ag_2S 内銀イオンの固体電気化学反応による量子ポイントコンタクトの形成

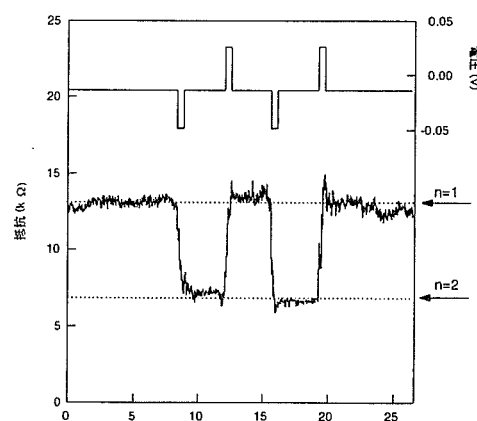


図2 パルス電圧による量子化コンダクタンスの制御 ($n=1$ と $n=2$ は量子数を示す)

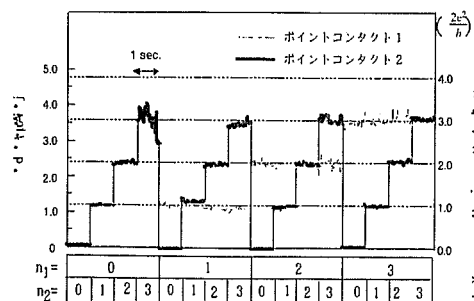


図3 白金線と Ag_2S で被覆した銀線を用いて作成したポイントコンタクト1及び2の量子化コンダクタンス