4P031

電気的単一分子検出に向けた絶縁被覆 MCBJ デバイスの評価

（阪大産研*）○有馬 彰秀*，筒井 真楠*，谷口 正輝*

Evaluation of a SiO_2-coated MCBJ device for single molecule detections

(ISIR, Osaka Univ.*) ○Akihide Arima*, Makusu Tsutsui*, Masateru Taniguchi*

E-mail: akihide.arima32@sanken.osaka-u.ac.jp

［序］ 機械的破断接合(MCBJ)法(図 1)は単一分子レベルでの熱起電力測定などに広く使われており、近年は生体中での展開も試みられ、当研究グループでも DNA の核酸塩基の識別への展開を行っている[1]。しかし、表面処理が施されていないこれまでの剥き出しの接合では、生体分子の測定に用いられる電解質溶液などのイオン性液体中において、バックグラウンドとして流れるイオン電流が無視できない。そのため精度の高い単分子検出のために、このイオン電流の抑制が課題となっている。そこで今回、微細加工プロセスにより、接合全体に SiO_2 による絶縁被覆を施したデバイスを考案した[2]。このデバイスと MCBJ 法を組み合わせることにより、溶液に接触する部分を接合破断面のみに限定することができることから、余分なイオン電流の抑制が期待される。さらに測定条件下で初めて接合を破断させるため、清浄な破断面を測定に用いることができ、高感度な測定が可能であると考えられる。今回このデバイスを開発し、その評価を行ったため、その結果を報告する。

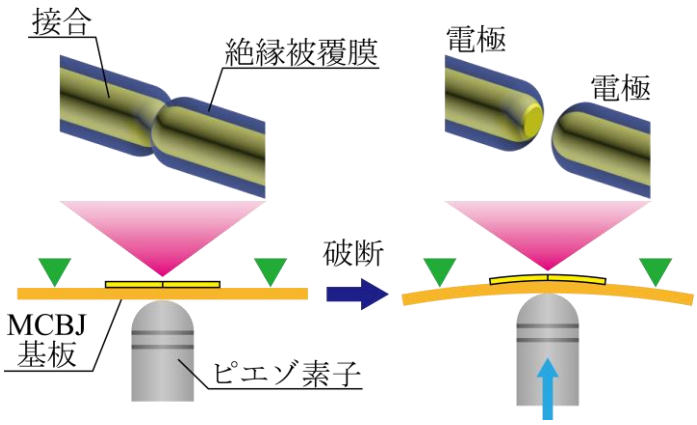

図 1. MCBJ 法概念図

［実験］ SiO_2 被覆 MCBJ 基板は以下のプロセスにより作製した。リン青銅基板にポリイミドを被膜し、その上に CVD 法により SiO_2(膜厚 25 nm)を被覆した。電子線描画法により接合部分を描画し、その後 RF マグネトロンスパッタ法を用いて Au 接合を作製した。反応性イオンエッチング法により接合底部のポリイミドを掘削し、free-standing な接合構造を形成させた。最後に再び RF マグネトロンスパッタ法により、配線部を除いた全面を SiO_2(膜厚 25 nm)被覆することで絶縁被覆 MCBJ デバイスを得た。このデバイスと MCBJ 法を組み合わせ、電流測定を行った。電流測定では室温条件下、真空中及び各種溶液(Milli-Q, 及び TE 緩衝液)中での測定を行った。MCBJ 基板を背面からピエゾを用いて押し上げることで、測定条件下で接合を破断させ、その後ピエゾに印加した電圧 V_p を変化させることで接合の再生と破断を繰り返し、その際の電流変化を測定した[3]。

［結果と考察］　真空中でのトンネル電流測定のデータを図 2(a)に示す。ピエゾ電圧の増加により破断した接合が閉じていき、それに伴い電流値が指数関数的に増加していくことが観察された。また、このトレースは高い再現性があることが確認された。図 2(b)には Milli-Q 中での電極間を通る電流 *I* の、接合に対する絶縁被覆の有無による電極間距離依存性を示している。絶縁被覆した接合は被覆していないものに比べ、ふらつきのないトレースを得ることができ、さらにイオン電流も 1 桁以上抑制することができた。図 3 には三種の環境条件下でのトンネル電流部分の電極間距離に対するコンダクタンスの傾きをヒストグラムにしたものである。このヒストグラムでは、Milli-Q において真空中よりも高いトンネル障壁の傾向が見てとれ、この原因としては水分子の局所構造の変化が考えられる[2,4]。

本研究により、生体分子測定における絶縁被覆 MCBJ デバイスの高精度測定への有用性を示した。当日は他の電解質溶液中での測定についても発表する。

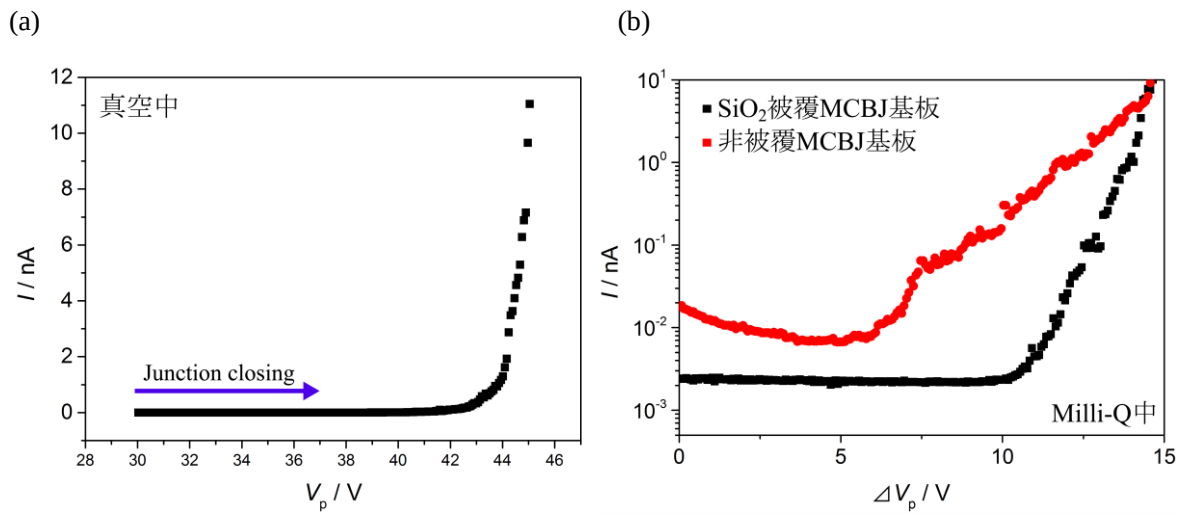

図 2. (a) 電流 *I* のピエゾ電圧 V_p 依存性　(b) 絶縁被覆の有無による電流 *I* の電極間距離依存性の比較

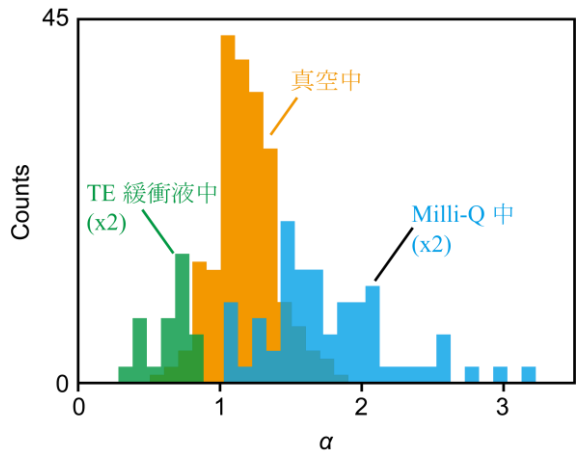

図 3. 各種測定条件下でのトンネル電流の減衰の比較

[1] M. Tsutsui et al., ***Nature Nanotechnol.***, 5, 286 (2010).

[2] A. Arima et al, ***J. Appl. Phys.***, 115, 114310 (2014)

[3] M. Tsutsui et al., ***Nano Lett.***, 8, 345 (2008)

[4] Clotilde S. C., et al., ***J. Phys. Chem. C***, 116, 22129 (2012).