

単一自立ナノワイヤのその場差分 I - V 測定による電気伝導率評価

Electrical conductivity of individual free-standing nanowires grown on a substrate using *in-situ* “differential” I - V method

信州大学¹, °(M1)宮嶋 航汰¹, (M1)村田 雄生¹, 渡辺 健太郎¹

Shinshu Univ.¹, °Kota Miyajima¹, Murata Yuki¹, Kentaro Watanabe¹

E-mail: kentaro_watanabe@shinshu-u.ac.jp

【背景】社会インフラの老朽化を監視する手段として超音波探傷検査が一般的であるが、既存の探触子材料である PZT は Curie 点 ($T_c=350^\circ\text{C}$) 以上では圧電性を失う。我々は、融点まで圧電性を保持し、加工し易く安価で無毒な材料である ZnO に着目し、これまでに直径 100nm 程度以下のナノワイヤ(NW)形状の単結晶 ZnO は 4%もの弾性歪を保持でき、バルク単結晶($\sim 0.1\%$)と比べて機械的に強靱化されるという知見を得ている[1][2]。そのため、高面密度の圧電体 NW 配列は、優れた圧電応答が期待できる。一般の結晶成長法では成長環境の局所性により基板上の自立 ZnO NW 群の電気特性に個体差があるが、従来の巨視的 I - V 測定ではこれらを一括測定するため、個体差を評価出来ず、また電流経路が不明確で信頼性に乏しい。本研究では、基板上の NW の電気伝導率 σ を個別評価する独自の「その場差分 I - V 測定法[3]」を、Au 薄膜/Si(111)基板上に溶液成長(CBD)させた ZnO 自立 NW 配列試料に適用し、①基板上の NW の電気伝導率の個体差を弁別できること、②酸素雰囲気中アニール処理による ZnO NW の σ 低減効果を検出可能なこと、を実証した。

【実験】 n -Si(111)基板上に Au 薄膜を真空蒸着し、CBD 法で ZnO NW 配列を成長させた。これを試料として一部の試料に酸素雰囲気中で 350°C または 600°C で 1 時間アニール処理を施した。これらの試料と未アニール試料に対して、その場差分 I - V 測定法を適用した。SEM 内のマイクロマンピュレータに搭載したタングステン金属プローブ電極を ZnO NW 上面に接触させ、Si 基板裏面電極に対するプローブ電圧を V_p として I - V 測定を行った。Au 薄膜にプローブ電極を接触させた参照 I - V 測定も行い、両者の微分抵抗 $R(V_p) = (dI/dV_p)^{-1}$ を差分評価した[Fig.1(a),(b)]。

【結果・考察】ZnO NW 上および Au 薄膜上で I - V 測定を行い、それらの微分抵抗を $V_p = -2.0\text{[V]}$ で差分評価した例を Fig.1(c),(d)に示す。結果、未アニール試料で $\sigma=81.5[\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}]$ 、 350°C アニール後で $\sigma=6.6[\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}]$ 、 600°C アニール後で $\sigma=0.96[\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}]$ となり、酸素雰囲気中アニール処理による 1/100 の σ 低減を検出し、更に同一試料上の NW の個体差の検出にも成功した。

【謝辞】本研究は科研費基盤研究(B)[20H02632]および文部科学省卓越研究員事業の支援を受けた。

【参考文献】 [1] F. Xu, *et al.*, *Nano Res.* **3**, (2010) 271.

[2] K. Watanabe, *et al.*, *ACS Nano* **9**, (2015) 2989.

[3] K. Watanabe, *et al.*, *Nat. Commun.* **7**, (2016) 10609.

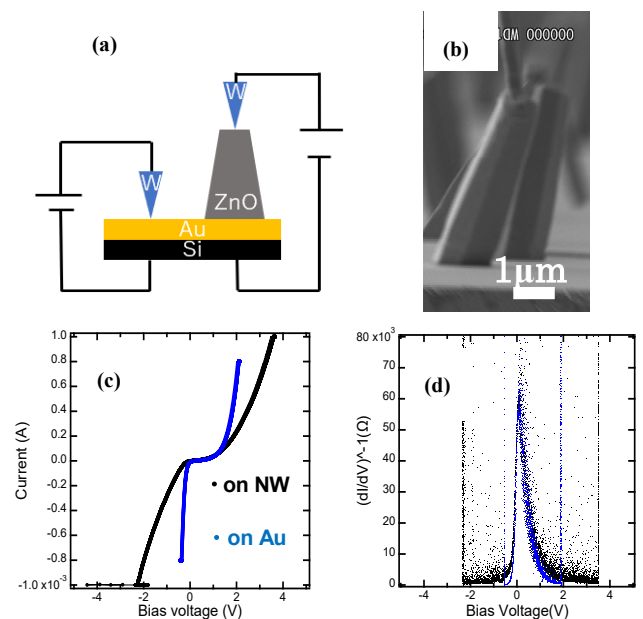


Fig.1 (a) “Differential” I - V measurement probing a ZnO NW and Au film. (b) SEM image of W-probe in contact with an as-grown ZnO NW. (c) I - V_p curves and (d) R - V_p curves probing a ZnO NW and Au film are indicated by black and blue solid lines, respectively.