17p-A5-13

アニーリングによる銀ナノワイヤー試料の導電性向上

Electrical Conductance Improvement of Silver Nanowires by Thermal Annealing

大阪電通大工 [1]　○富岡 明宏 [1]，増田 啓宏 [1]，波多野 雄亮 [1]，川畑 公人 [1]

Osaka Electro-Comm. Univ. [1]　°Akihiro Tomioka[1], Akihiro Masuda[1], Yusuke Hatano[1] and Masato Kawabata[1]　E-mail:tomioka@isc.osakac.ac.jp

[背景]スマートフォンなどのタッチパネルデバイスが急速に普及し、ITO 電極の代替としてレアメタルを使わない半透明電極が求められている。方位選択性ﾎﾟﾘﾋﾞﾆﾙﾋﾟﾛﾘﾄﾞﾝ(PVP)触媒を用いた溶液プロセスによる銀ナノワイヤー作製が注目されているが、ナノ構造特有の融点低下が問題である。今回は透明プラスチック基板上に堆積させた銀ナノワイヤーについて、Ar プラズマ処理により結合 PVP 除去を試み、融点上昇と、より高温でのアニーリング処理による導電性向上を探った。

[結果と考察]作製した銀ナノワイヤー試料[1]をプラスチック基板に塗布し、アニーリングによる導電性向上と、屈曲による導電性低下およびその可逆性について検証した。途中で導電性経路が分断されると、巨視的スケールでの導電性が 0 となってしまい、それ以降の条件変化を追跡できなくなってしまうので、十分に高い数密度で銀ナノワイヤーを堆積したプラスチック基板を使用した。そのため可視光透過率は実用的に要求される 80%よりもかなり低く、典型的には約 30%となっていた。銀ナノワイヤーに立つ表面プラズモンの吸収(400～500nm)を除けば、全可視光領域での吸収はほぼ一様で、実用的には「色再現性のよい」半透明電極となっていた。

プラスチック基板に銀ペースト電極パターンを塗り、200℃でアニーリングして電極の導電性を高めた後、銀ナノワイヤー懸濁液を脱濡れ法で均一に塗布した。室温から(A)段階的に温度を上げては、(B)一旦曲率半径 40mm の円筒に巻きつけて屈曲させ、もう一度平坦に戻す、操作を繰り返した。曲率半径 40mm 程度の屈曲ではシート抵抗は高々1%程度しか変化しない。ナノワイヤーの断線や交叉数の変化はほとんど起こっていない、と考えられる。150℃アニーリング(30 分)により、シート抵抗は 1/4000～1/10000 に低下し、200℃加熱するとさらに約 1/30 に低下、導電性が向上した。これは（銀ペースト電極の変化ではなく、）ナノワイヤー交叉部で伝導障壁となっていた PVP 高分子が除去されたため、と期待できる。より高い温度でアニーリングするとナノワイヤーが融解して銀粒子となり、導電性経路が分断されて巨視的スケールでの導電性が失われてしまう[1]。

融点を上げ、より高い温度でアニーリングして導電性を向上させる目的で、Ar プラズマ・ボンバードメントを行った。設備の関係で低真空(背景 $5x10^{-4}$Pa)で Ar プラズマ処理を行ったが、この処理でも約30%のPVP高分子が除去され、270℃まで低下していた融点が350℃程度まで上昇した。アニーリング温度を順次上げながらシート抵抗を測定したところ、350℃では 200℃の時の 1/100 以下に低下した。融点が上昇しバルク銀の融点に近づいた事実は、強固に結合している PVP 高分子が Ar プラズマ処理により銀ナノワイヤーから除去された事を示唆している。同じアニーリング温度で比較すると、Ar プラズマ処理によりシート抵抗が約 1/2 に減少していた事も PVP 高分子除去を示唆している。さらに Ar プラズマ処理により 300℃以上でのアニーリングが可能となり、より導電性を高める事が可能となった。小さい曲率半径（10mm まで）に屈曲させた場合にもシート抵抗は可逆的に変化し、実用性には問題がなかった。

[結論]透明プラスチック基板上に堆積させた銀ナノワイヤー・ネットワークを、Ar プラズマ処理と 300℃以上のアニーリングにより、実用的な導電性をもつ半透明電極にできる事が判った。

[1] A. Tomioka, et al., Proc. of the 9th IEEE Int. Conf. on Nano/Micro Eng. Mol. Sys., (2014) 660-663.

© 2014 年　応用物理学会