硫化アンモニウム処理した PbS コロイダルナノドット薄膜を用いた電界効果トランジスタ

Field-effect transistors using the $(NH_4)_2S$ treated PbS colloidal nano-dot films

和歌山大システム工，°竹市 祐実，三谷 展弘，宇野 和行，田中 一郎
Wakayama Univ., °Yumi Takeichi, Nobuhiro Mitani, Kazuyuki Uno, Ichiro Tanaka
E-mail: s183035@center.wakayama-u.ac.jp

【はじめに】半導体コロイダルナノドット(CND)は、直径数ナノメートルの半導体ナノ結晶(コア)の表面に有機分子が配位した構造を持つ。コア表面を修飾する有機配位子がドットの凝集を防ぐため有機溶媒に分散可能であり、有機半導体と同じように印刷法などの非真空プロセスを用いて成膜することが出来る。しかし、現在一般的に使われているオレイン酸や Tri-*n*-octylphosphine oxide などの有機配位子は長いアルキル鎖を含んでいるため、分散性は優れているが絶縁性が高くなってしまい、電子デバイスへの応用は難しいとされてきた。この問題を解決するための手法として、PbS CND に配位したオレイン酸を硫化アンモニウム処理によって除去する方法が報告されている[1]。硫化アンモニウム処理を用いることで、オレイン酸が除去された後の PbS コア同士が結合した薄膜を形成することが出来る。そこで本研究では、硫化アンモニウム処理による配位子除去を行った PbS CND 薄膜を用いて FET を作製した。

【実験方法】まず、n^+-Si / SiO_2 基板上に浸漬法を用いて(3-Mercaptopropyl) trimethoxysilane (MPTMS) 膜を作製しバッファ層とした。次に、水平付着法を用いてオレイン酸が配位した PbS CND 層を成膜し、0.04M の硫化アンモニウム/メタノール溶液に 2 秒間浸してオレイン酸の除去を行った。配位子除去を行うと CND 薄膜にクラックが生じてしまうため、それを埋めるために成膜・脱離の工程を 3 回繰り返し半導体層とした。最後にソース・ドレイン電極として Au をマスク蒸着し、FET を作製した。その構造図を Figure 1 に示す。比較として硫化アンモニウム処理を行わずに半導体層を形成した FET も作製した。

【結果と考察】硫化アンモニウム処理を行わなかった FET はソース・ドレイン電極間に-100 V の電圧を印加してもドレイン電流を検出することが出来なかった。これに対し、硫化アンモニウム処理による配位子除去を行った FET はゲート電圧を印加するにつれて明確なドレイン電流の増加が確認できた。また、作製した FET は p 型の特性を示し、平均キャリア移動度は 3.2×10^{-4} $cm^2V^{-1}s^{-1}$、最大キャリア移動度は 1.1×10^{-3} $cm^2V^{-1}s^{-1}$ であった。その出力特性を Figure 2 に示す。これは、オレイン酸が除去され PbS コア同士が結合したことにより、キャリア移動を妨げていた障壁が減少したためだと考えられる。

【謝辞】本研究は JSPS 科研費(JP15K05986)の助成を受けたものです。

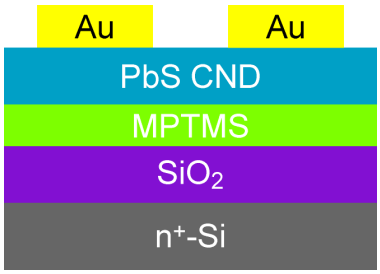

Figure 1. Schematic illustration of the fabricated FETs.

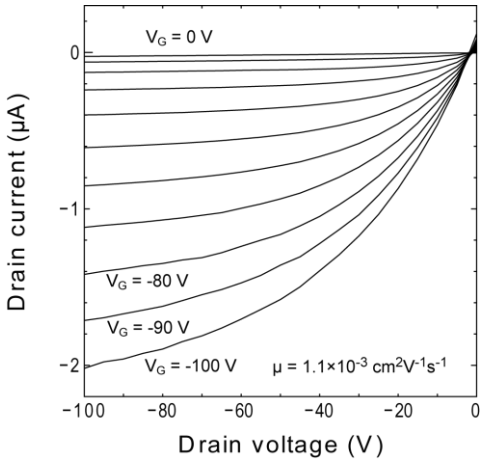

Figure 2. Output characteristics of the FET with $(NH_4)_2S$ treated PbS CND films.

[1]H. Zhang, B. Hu, L. Sun, R. Hovden, F. W. Wise, D. A. Muller, and R. D. Robinson, Nano Lett.**11**, 5356-5361 (2011).