圧縮粉末を用いた有機トランジスタ

Organic field-effect transistors with compressed organic powders

九大 OPERA[1]，JST ERATO[2] ○松島敏則 [1,2]，江崎有 [1]，安達千波矢 [1,2]

OPERA Kyushu Univ.[1], JST ERATO[2] ○T. Matsushima[1,2], Y. Esaki[1], C. Adachi[1,2]

E-mail: tmatusim@opera.kyushu-u.ac.jp, adachi@cstf.kyushu-u.ac.jp

メタルフリーフタロシアニン(H_2PC)蒸着膜に冷間等方圧加圧(CIP)を行うと、膜厚が約 40%減少し、膜の機械的強度が向上することが報告された(Appl. Phys. Exp. 4, 111603 (2011))。この先行研究を基にして、最近我々は、H_2PC 蒸着膜に CIP を行うと、ホール移動度が約 2000 倍に向上することを見出した(Appl. Phys. Lett. 105, 243301 (2014))。本研究では、CIP 法をさらに発展させ、有機粉末を基板上で直接圧縮し、トランジスタ動作させることに成功したので報告する。

SiO_2 絶縁膜付の Si 基板上に Au のソース・ドレイン電極を作製し、SiO_2 と Au の表面をそれぞれ phenyltrichlorosilane と thiophenol で表面処理した。次に、昇華精製および 100℃で加熱脱気した有機粉末を基板上に置き、HMDS で表面処理した別の Si 基板で覆った後に、ポリマーバック中に真空パックした。室温(20℃)の水を使って 200 MPa・60 min の条件で CIP 処理を行った。

粉末と HMDS 処理した基板表面は剥がれやすい性質を示すのに対して、粉末とフェニル処理した基板表面はタイトなコンタクトを有しているため、圧縮粉末体は HMDS 処理した基板からは容易に剥がれ、フェニル処理した基板表面に形成された。CIP 処理前のペンタセン粉末においては、粉末粒子間に大きな空隙が観察され、膜の連続性は極めて低かった(図 1a)。一方、CIP 処理を行うと、空隙が押し潰されるために粒子の輪郭はほぼ消失し、膜の連続性が飛躍的に向上した(図 1b)。

CIP 処理前においては、トランジスタ特性は全く観測されなかった。一方、CIP 処理を行うと、膜の連続性が向上するために、トランジスタ特性が観測されるようになった。トランスファー特性から見積もったキャリア移動度は、μ_h=1.2×10^{-3} cm^2/Vs (ペンタセン)、μ_e=7.6×10^{-3} cm^2/Vs (C60)、μ_h=1.4×10^{-2} cm^2/Vs (C8-BTBT)であった。圧縮粉末中では結晶軸が完全にランダムであるために、蒸着膜と比較すると、圧縮粉末の移動度はそれぞれ 1/78、1/24、1/278 程度の値に留まった。最も高い移動度が得られた C8-BTBT 粉末を 90℃の温水を用いて熱間等方圧加圧(HIP)により圧縮すると、移動度がμ_h=0.36 cm^2/Vs まで向上した。HIP を行うと X 線回折ピークが大きく、シャープになっていたことから、結晶ドメインが大きくなったことが移動度向上の理由として考えられる。

本研究では真空蒸着装置や有機溶媒を全く使わずに、トランジスタを作製し、アモルファスシリコン並のキャリア移動度を得ることに成功した。この方法を用いれば有機デバイスの製造コストを低減させることが期待される。

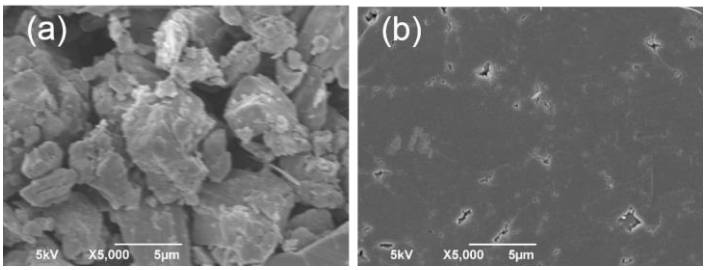

図 1. (a)CIP 処理前と(b)CIP 処理後のペンタセン粉末の SEM 像

© 2015年 応用物理学会