

液相中における二次元層状物質転写手法の開発

Transfer method in the liquid phase for two-dimensional materials

東大生研¹、物材機構²、CREST-JST³、[○]若藤 祐齊¹、守谷 頼¹、増淵 寛¹、
渡邊 賢司²、谷口 尚²、町田 友樹^{1,3}

IIS Univ. Tokyo¹, NIMS², CREST-JST³ [○]Yusai Wakafuji¹, Rai Moriya¹, Satoru Masubuchi¹, Kenji Watanabe², Takashi Taniguchi², Tomoki Machida^{1,3}

E-mail: wakayusa@iis.u-tokyo.ac.jp

本研究では、これまで大気中またはグローブボックス内など気相中において行われていた二次元層状物質の積層を液相中で行うことを試みた。液相中で各々のフレイクの吸着力が気相中での吸着力よりも増加し、より効率的な転写方法となることを目的としている。Fig. (a)に液相転写の概略図を示す。積層用の二次元結晶フレイクを劈開作製した SiO₂/Si 基板を温度変調可能なステージの上に固定する。固定した SiO₂/Si 基板上に積層領域が十分覆われるように液体をスポイトによって滴下する。液体の上から、スライドガラス上に固定したポリマードームを押し当て、異なる転写温度で二次元層状物質の転写を行った。液体としては純水、IPA、ヘプタンを使用した。まず、それぞれの液体中で BN フレイクに対して十分な吸着力を発揮するポリマー材料を探索した (Table (i))。最もよく BN フレイクを持ち上げるポリ塩化ビニル (PVC)を選定した。

ピックアップポリマーとして PVC を使用し、水中での二次元層状物質積層を行った。ステージ温度を約 50°C以上に設定した場合、Fig. (b)のように厚いフレイクを核として気泡が発生するが、この大きな気泡はポリマードーム先端によって接触領域からは押し出される。Fig. (c)に示す BN/Gr/BN 構造を作製した。作製した BN/Gr/BN 構造をホールバー形状にエッチングを行い、金属電極を蒸着し、 $T = 1.5$ Kにおいて測定した電気伝導特性が Fig. (d)である。Gr のキャリア移動度として $\mu = 2.2 \times 10^5$ cm²/(Vs)を得た。同様に IPA 中、ヘプタン中においても積層構造 (Fig. (e),(f))を作製したが、顕微鏡写真からはフレイク界面に大きなバブルが生じていることがわかった。

水中における転写では、大気中における転写よりも強力な吸着力が得られている。Fig. (g)のような水中において 33 回の BN フレイク積層に成功している。疎水性が強い二次元層状物質を水中で積層する際、水に対するそれぞれのフレイクの表面エネルギーはフレイクそれぞれを密着させた際の界面エネルギーよりも高くなり、水に接触する二次元層状物質の表面積を減少させるようにフレイク同士が密着してエネルギー利得が生じることが考えられる。

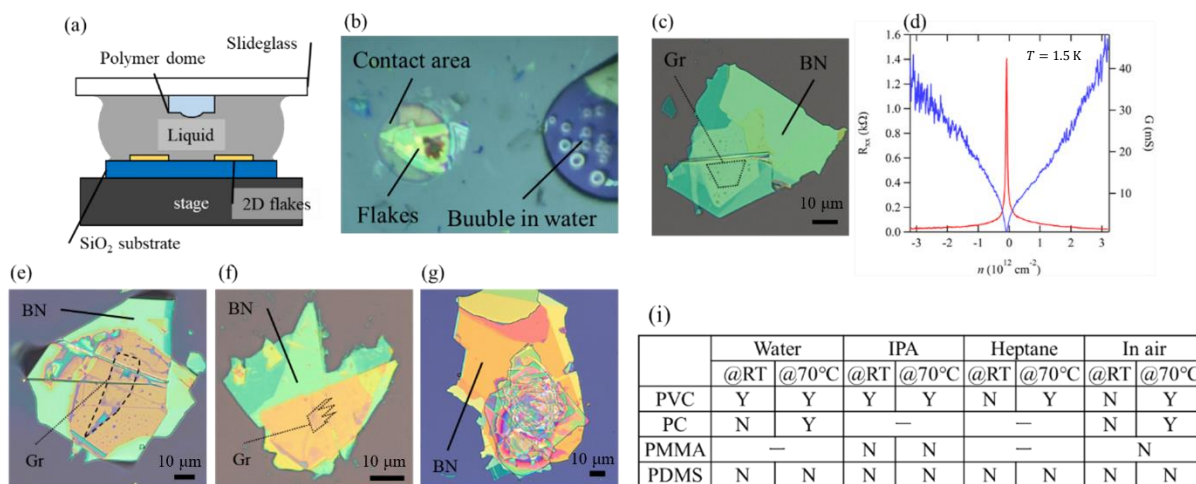


Fig. (a) Illustration of transfer in the liquid phase. (b) Micrograph of stamping in the water. (c) Micrograph of the BN/Gr/BN structure (d) R_{xx} curve (red) and G curve (blue) with respect to carrier density of BN/Gr/BN stamped in water. (e) Micrograph of the BN/Gr/BN structure stamped in IPA, (f) in heptane. (g) Micrograph of the structure of 33 layers of BN flakes stamped in water. Table (i) Table of liftability of different pick-up polymers in water, IPA, heptane and air (Y: lifted, N: not lifted, -: no data)