

氏 名 鈴木雄宇
学位の種類 博士(学術)
学位記番号 乙第35号
学位授与年月日 2021年3月25日
学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当
学位論文題目 微斜シリコン表面に於ける有機半導体分子の自己組織化
の評価

(A Study on Self-Assembly of Organic Semiconductor
Molecules on Vicinal Silicon Surfaces)

論文審査委員 主査 教授 岡野健
副査 教授 田旺帝
副査 教授 久保謙哉
副査 教授 高桑雄二(東北大学)

論文内容の要旨

本論文では、表面形態を制御した無機半導体のシリコン基板上における有機半導体分子である銅フタロシアニン (CuPc) 分子薄膜の自己組織化が論じられている。これまでの研究で、CuPc はその対称性の高さから高い自己組織化特性を示すことが知られており、これらの結果を踏まえ、本論文では、シリコン基板上の表面形状に加え、表面終端に用いる元素を比較し、CuPc 分子薄膜の自己組織化への影響に関する結果をまとめている。

単結晶インゴットから切り出されるシリコンウェーハは、結晶軸と表面方向に微小な傾斜を与えると結晶の特性から最表面に原子レベルのステップ構造が現れる。清浄な微斜シリコン表面に規則的かつ直線的な原子ステップ構造を得るプロセスを再現し、原子レベルで制御されたステップ構造を有する微斜シリコン表面上に、有機半導体であるCuPc 薄膜を堆積し、CuPc の自己組織化を観察している。また、微斜シリコン表面を水素またはアンチモンにより表面終端することで、CuPc とシリコン表面の結合力をコントロールし、CuPc の自己組織化特性への影響を評価している。

本論文では、微斜シリコン表面上のステップ構造が CuPc の自己組織化に影響することが実証されている。また、シリコン最表面の終端元素が、CuPc 薄膜の成長方向に影響を与えていることも明らかになっており、水素又はアンチモンによる表面終端により、CuPc 分子層の配向性が異なることを世界に先駆け報告している。この現象のメカニズムは、水素が微斜シリコン表面の全てのダングリングボンドを不活性化するのに対し、アンチモンはステップ構造のステップ側面のダングリングボンドが不活性化しないことにより説明されている。この解釈により、有機半導体分子の自己組織化を用いた新たな有機-無機ハイブリッドデバイスへの更なる応用が示唆されており、今後の実用デバイス作製に向けた興味深い研究内容になっている。さらに、これまでの半導体表面の物理学的な解釈にも新たな見地を示唆しており、学術的に非常にインパクトのある論文に仕上がっている。

論文審査結果の要旨

鈴木雄宇氏の博士論文は、2020年12月16日(水)に提出され、論文審査委員へ転送された。論文審査委員が年末年始の休暇中に十分な時間をかけて熟読した後、2021年1月13日(水)日本時間午前9時より、オンラインによる口述審査を行った。その結果、論文としては「とても価値のある実験結果が含まれている」ということで合格となったが、本論文の学術的な価値をより高くするため、細かい内容に関し審査委員から助言が寄せられた。この助言に基づき鈴木氏が数回の修正が行なった結果、2021年1月29日(金)に最終版が提出され、審査委員は全会一致でこの論文の評価を「A」とすることで、審査を完了した。