AFMによるBi_4NbO_8Br光触媒結晶表面のナノレベル分極ドメイン分布解析

Nano-level analysis of polarization domain distribution at surfaces of Bi_4NbO_8Br photocatalytic crystals by AFM

金大理工[1]、金大院[2]、京大院[3]、金大 NanoLSI[4]

°水島 大地[1]，平田 海斗[2]，鐘 承超[3]，宮田 一輝[2,4]，宮澤 佳甫[4]，陰山 洋[3]，福間 剛士[2,4]

Dept. Of. Eng., Kanazawa Univ.[1], Grad. School of Kanazawa Univ.[2], Grad. School of Kyoto Univ.[3], NanoLSI, at Kanazawa Univ.[4]

°D. Mizushima[1], K. Hirata[2], C. Zhong[3], K.Miyata[2,4], K. Miyazawa[4], H. Kageyama[3], T. Fukuma[2,4]

E-mail: mizu4ma@stu.kanazawa-u.ac.jp

現在、環境・エネルギー問題の観点から、クリーンエネルギーである水素が大変注目されている。安全かつ無害に水素を生成する方法の１つとして、光触媒効果による水分解反応が挙げられる。しかし、光照射によって生成された電子と正孔の再結合は反応効率を著しく低下させる要因であり、高効率な光触媒反応を妨げる主な要因の一つとなっている。

Bi_4NbO_8Brは、バンドギャップが 2.4 eV であることから可視光応答性を持ち、安定的に水分解活性を示す新規光触媒材料として注目されている。また、この材料は 90 度ずつ分極方向の異なる 4 種類の分極ドメインから構成されているため、光照射によって生成される電子と正孔の分離が促進され、それらの再結合が抑制されることで、高い反応効率を示すと予想されている。しかし、現在、分極ドメインの大きさ、形状、分布などは分かっておらず、当然、それらと水分解反応の関係も直接確認されてはいない。これは、反応機構を理解する上で大きな妨げとなっている。

本研究では、圧電応答力顕微鏡（PFM）などの原子間力顕微鏡（AFM）を用いた各種電子物性計測技術を用いて、Bi_4NbO_8Brの分極ドメイン分布とその水分解能反応との関係を明らかにすることを目標とした。

図 1a は、Bi_4NbO_8Br結晶表面の In-plane PFM 像である。全体に縞状のコントラストが見える。これらは、分極方向が 90° 異なるドメインであり、それらの境界では図 1b に示すようにベクトルの head と tail が交わるため、電荷の分離や、その結果として生じる反応の活性化にはあまり寄与しないと予想される。一方で、図 1a に見られる周囲より明るい領域は、暗い領域と比べて分極ベクトルの方向が 180°異なるドメインとなっている。この様な 180°ドメイン壁においては、ベクトルの head と head または tail と tail が交わるため、電荷の分離と反応の活性化に大きく寄与するものと予想される。

今回、PFM により Bi_4NbO_8Br の分極ドメイン構造を観察できることを明らかにした。今後、より系統的な PFM 観察により、この材料の分極ドメイン分布の全体像を明らかにするとともに、ケルビンプローブ力顕微鏡（KPFM）やオープンループ電位顕微鏡（OL-EPM）などの表面電位分布計測技術を併用することで、ドメイン境界で水分解反応が活性化されるという上記の仮説を検証する。

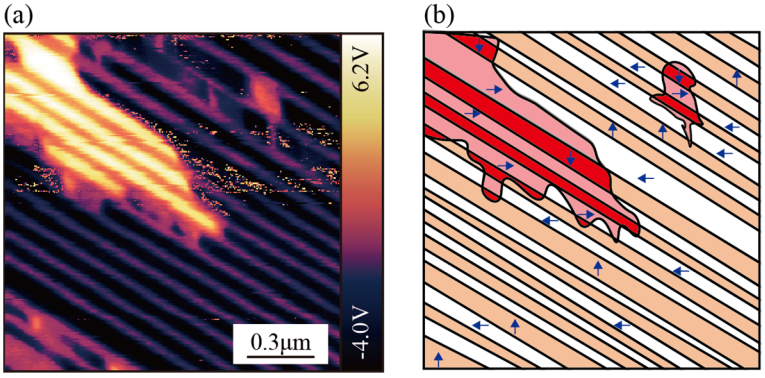

Fig.1: (a) In-plane PFM image of the Bi_4NbO_8B crystal and (b) its schematic model showing the distribution of the polarization domains.