

III-V 族化合物半導体の電気化学エッチングと微細加工への応用

Electrochemical etching of III-V compound semiconductors for micro- and nano-fabrications

北大量集セ ○佐藤 威友, 熊崎 祐介, 渡部 晃生, 谷田部 然治

Research Center for Integrated Quantum Electronics, Hokkaido Univ.

○Taketomo Sato, Yusuke Kumazaki, Akio Watanabe, Zenji Yatabe

E-mail: taketomo@rciqe.hokudai.ac.jp

【はじめに】電気化学エッチング法は、基板と電解液との接触面における酸化反応を電気化学的に制御し表面を加工する手法である。酸化条件の調整によりエッチング面の形状は大きく異なることが知られており、鏡面加工に用いられる電解研磨や、ナノ・マイクロメートル寸法の微細孔が高密度に配列した多孔質構造の形成などに応用される。特に、半導体多孔質構造については、非常に簡便な方法で高アスペクト比のナノ構造が得られることから、シリコン (Si) およびゲルマニウム (Ge) などの単体半導体に始まり、III-V 族および II-V 族化合物半導体、酸化物半導体、炭化シリコン (SiC) など、様々な材料に対して報告されている。本発表では、III-V 族化合物半導体に分類されるインジウム燐 (InP) および窒化ガリウム (GaN) に対して、多孔質構造の形成、物性評価および機能デバイスへの応用など、これまで著者らが行ってきた取り組みを紹介する。

【実験方法】多孔質構造の形成には、3 電極式の電気化学セルを用いた。半導体電極を作用電極とし、対向電極に Pt 電極、参照電極に Ag/AgCl 電極を用いた。n-InP に対しては、1mol/L の塩酸水溶液を用いて、暗中でアノード電圧、 $V_a=4\sim 6V$ を印加することにより多孔質構造を形成した。n-GaN に対しては、1mol/L の硫酸水溶液とリン酸水溶液を混合した電解液中で、照射のもと $V_a=1\sim 4V$ を印加して形成した。

【多孔質構造の例】n-InP に対しては、基板垂直方向（電界方向）に直線的な微細孔が規則配列するが、表面から深さ $0.1\sim 1.0\mu m$ 程度の領域に不規則配列構造が残ることが知られている。著者らは、光電気化学 (PEC) エッチングにより不規則配列構造を完全に除去する方法を考案し、除去後には純黒色表面が現れることを見いだした。図 1 (a) に、多孔質構造形成直後と、PEC エッチング処理後の試料写真を示す。紫外-可視-近赤外分光測定による表面反射率測定の結果、PEC エッチングによる表面不規則構造の除去により、反射率が大幅に減少することが分かった。図 1 (b) に、PEC エッチング後の試料の断面および表面の電子顕微鏡写真を示す。表面には直径約 $100nm$ の微細孔による規則配列構造が現れ、深さ $10\mu m$ 以上にわたって直線的な孔が形成されている。

【機能素子への応用】著者らが提案するイオン感応性電界効果トランジスタ (ISFET) [1]、光電変換素子[2]の模式図を図 2 に示す。いずれも多孔質構造に特有の構造的・電子的・光学的特徴（表面積増大効果、優れた電気伝導特性、極めて低い表面反射率等）を利用して素子の性能向上を図っている。

[1] 佐藤威友, 「センサ及びセンサの製造方法」特開 2011-226800 (2011-11-10), [2] R. Jinbo et al., Thin Solid Films, **520** (2012) 5710.

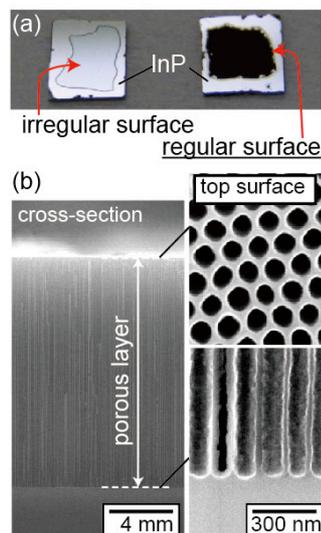


Fig.1 InP porous structures: (a) photo images and (b) SEM images.

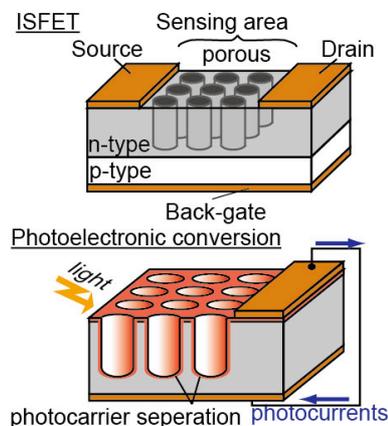


Fig.2 Functional devices based on porous structures.