

## GaAs/AlGaAs 層状構造をもちいたナノサイズ電極の作成

東北大多元研<sup>1</sup>, JST-CREST<sup>2</sup>

○成田慧子<sup>1</sup>, 掛札洋平<sup>1</sup>, 米田忠弘<sup>1,2</sup>

Formation of nano-size electrode using layered structure of GaAs/AlGaAs

IMRAM, Univ. of Tohoku<sup>1</sup>, JST-CREST<sup>2</sup>,

K. Narita<sup>1</sup>, Y. Kakefuda<sup>1</sup>, T. Komeda<sup>1,2</sup>

はじめに： 近年、分子エレクトロニクスが基礎物性のみならず応用面でも期待されている。中でも特に、単一の分子を架橋させた構造の作製と物性の評価はきわめて重要である。単一分子の電気伝導特性を評価するためには、電極のギャップが分子サイズである必要がある。また、電極のサイズや平坦性も原子レベルで制御可能であることが望ましい。しかし、一般的なリソグラフィーを用いた手法ではこれらの要求を満たす電極の作製は困難である。本報告では、これらの要求を満たすナノ電極を、半導体積層構造のへき開を利用して作製した。

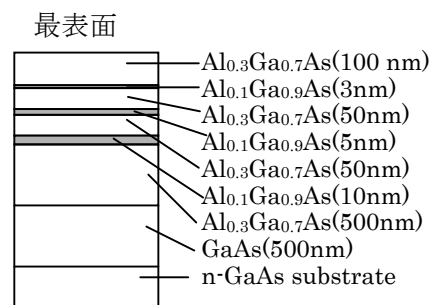


図 1 GaAs/AlGaAs 層状構造の断面図

実験： 試料には、膜厚が 3 nm から 500 nm までの GaAs/AlGaAs 超格子を用いた(図 1)。試料を大気中で(110)面を露出するようにへき開し、自然酸化させた後に、AFM 観察を行った。AFM 観察は大気中原子間力顕微鏡(AFM)(XE-100、PSIA 社製)を用いた。

結果： GaAs/AlGaAs へき開面の層状構造近傍の AFM 観察を行った(図 2(a))。図中に黒い 3 本線のラインが観察されているが、これはその線幅から  $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$  層であると考えられる。AFM line profile の測定結果を図 2(b)に示す。AFM で各層で 0.2 nm ~ 0.4 nm の段差が検出された。これは、AlGaAs の Al/Ga の組成比に依存した酸化速度と体積膨張率の差に起因すると考えられる。また、各層での表面平坦性を調べたが、 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$  層では RMS は 0.06 nm 以下であった。この結果より、AlGaAs へき開面は原子レベルで平坦であることがわかった。

以上の結果は、AlGaAs の層状構造の膜厚を制御し、へき開することで任意のギャップ長をもつ、原子レベルで平坦な構造を容易に作製できることを示すものである。

次に、同様の層状構造に対し、選択的化学

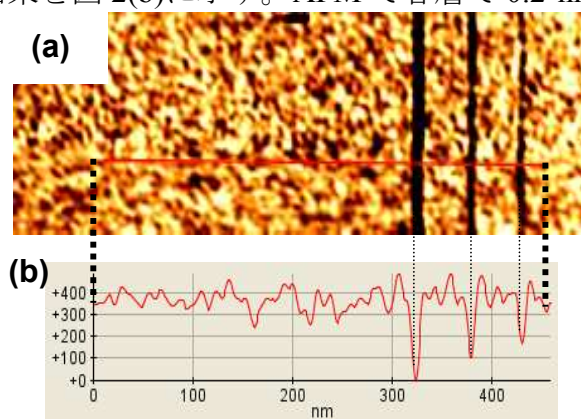


図 2(a) GaAs/AlGaAs へき開面の層状構造近傍の AFM 像 (b) 図 2(a)の line profile(縦軸の単位は pm)

<右方向が最表面方向>

エッチングを行うことで、電極の高さ方向の制御を行った。エッチング液はクエン酸と過酸化水素の混合水溶液（クエン酸： $\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}=4:1:4$ ）を用い、へき開した基板を室温で1秒エッチング液中に浸した後、大気中で自然乾燥させた。以上の処理を行った後の基板表面のAFM観察像を図3(a)に示す。エッチング後も、エッチング前と同様に、 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 層が黒い3本の線として観察されていることがわかる。AFM line profileの測定結果を図3(b)に示す。エッチング処理前に測定した結果(図2(a)(b))と比較すると、エッチング後の基板では、各層の段差が大きくなっていることがわかる。 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 基板表面を基準とすると、 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 部分はエッチング前は0.4 nm低くあらわれたのが、エッチング後は3 nmと差が大きくなっている。これは、AlとGaの組成比によってエッチング速度に違いが生じることを示している。すなわち、AlとGaの組成比およびエッチング時間を制御することで、ギャップ長のみならず、その高さをも制御可能であるといえる。

また、本研究ではエッチング後の各層の表面平坦性についてもあわせて議論する。 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 部分でRMS値を比較すると、エッチング前は0.06 nmであったのがエッチング後は0.426 nmとなっている。これはエッチング処理によってわずかに表面が荒れていることを示唆しているが、ギャップ長と比較して十分に小さいため、平坦であるといえる。

結論： AlGaAs層状構造のへき開面を利用して任意のサイズのギャップおよび高さを持つ、原子レベルで平坦な電極を作製することに成功した。ギャップ長は層状構造の各層の膜厚によって制御可能である。また、クエン酸と過酸化水素の混合水溶液でエッチングする時間とAlGaAsの組成を制御することで、電極の高さを制御できることを示した。以上の方法を用いて作製した電極はナノスケール分子の電気伝導測定を評価する上で非常に有用である。

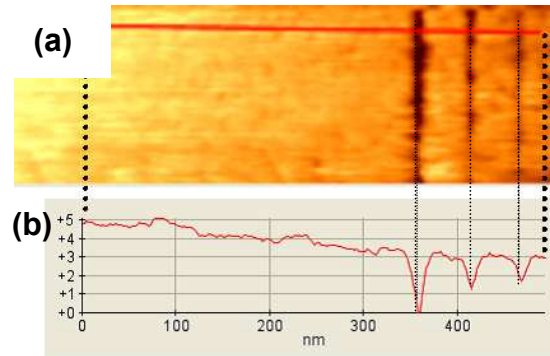


図3(a) エッチング処理後のGaAs/AlGaAsへき開面の層状構造近傍のAFM像 (b) 図3(a)のline profile(縦軸の単位はnm)  
<右方向が最表面方向>