

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		原子層材料をバッファ層にした InN 系窒化物半導体成長法の開発			
研究テーマ (欧文) AZ		Study on growth of In-rich nitride semiconductors using atomically-thin layered material buffers			
研究氏 代 表 名 者	カナ CC	姓)モウリ	名)シンイチロウ	研究期間 B	2016 ~ 2017 年
	漢字 CB	毛利	真一郎	報告年度 YR	2017 年
	ローマ字 CZ	Mouri	Shinichiro	研究機関名	立命館大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		立命館大学工学部・助教			
<p>概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)</p> <p>本研究では、ダングリングボンドを持たない理想界面を有するグラフェンなどの“原子層材料”上での窒化物半導体結晶エピタキシャル成長メカニズムの解明を目指して研究を行った。以下に示すような成果が得られており、国際学会 1 件、国内学会 5 件の発表を行った。</p> <p>1. グラフェン、及びグラファイト基板上への窒化インジウム (InN) 成長</p> <p>RF-MBE 法を用いて、グラフェンやグラファイトへの窒化物半導体結晶成長について研究を行った。最適な成長温度が 425°C であること、450°C を超える温度では InN が解離することなどを明らかにした。また、典型的なグレインの横方向サイズはグラフェン上では 100nm 程度であるが、より平坦性の高いグラファイト基板上では 1μm に達することを見出した。ラマン分光の結果から、これらの結晶は、従来用いられてきた GaN 自立基板などの成長基板上に作成した場合に比べ界面応力が緩和されることも分かった。大面積化がデバイス応用へ向けた課題であり、これを克服する手法として AlN の薄膜を緩衝層としてグラファイト上に作成することがコアレスセンスの改善に有効であることも見出した。これらの成果を、窒化物半導体分野の最大の国際会議である ICNS12(2017 年 7 月、フランス、ストラスブール)で発表した他、応用物理学会 2 回、電子材料シンポジウム(ともに 2017 年度)で発表した。</p> <p>2. グラフェン、及びグラファイト基板の表面状態と窒化物半導体成長との関係</p> <p>原子層材料上での窒化物半導体成長メカニズムを解明するための研究も進めた。試料には、評価がしやすい GaN を使用したが、同様の結果は InN でも観察されている。</p> <p>具体的には、核生成過程に注目し、初期段階で成長を止めた試料の SEM 観察を行った。また、グラフェン表面を AFM で観察し、その結果との比較を行った。その結果、グラフェン表面に存在するドメイン境界で優先的に結晶成長が起こることが分かった。一方で、RF-MBE 法を用いた成長では、ドメイン内部のグラフィック領域では核生成密度が低いことがわかった。この傾向は、平坦性が高くダングリングボンドが少ないグラファイト試料ではより顕著である。さらに、窒素プラズマのイオン化率が大きい ECR-MBE 法を用いることで、核生成密度が増加することも見出した。イオン化されたプラズマにより、ダングリングボンドが導入されるためであると考えられるが、現在その詳細なメカニズムを検証している。</p> <p>この成果は、本年春の応用物理学会で発表した。</p> <p>3. グラフェン、グラファイト基板上成長した窒化物半導体の転写技術</p> <p>グラフェンやグラファイトはダングリングボンドが存在しないため、その上に成長した窒化物半導体との相互作用は小さい。その特性を利用し、成長した窒化物半導体を、熱剥離テープを用いて任意基板上に転写する手法も開発した。この成果についてはイノベーションジャパン 2017 で紹介した。</p> <p>以上の成果を踏まえた論文を執筆しており、近いうちに投稿する予定である。</p>					
キーワード FA	グラフェン	窒化物半導体	原子層材料		

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要 ^{EZ}

In this research, we tried to elucidate the growth mechanism of nitride semiconductor crystals on "atomically thin layered materials" such as graphene having an ideal interface without dangling bonds.

1. Indium Nitride (InN) Growth on Graphite Substrate

We demonstrated growth of InN crystals on graphene and graphite substrate by RF-MBE method. We found that optimum growth temperature is 425°C and dissociation of InN occurs above 450 °C. The typical lateral grain size is ~ 100 nm on graphene but it reaches ~1 μm on graphitic substrates with higher flatness surface. Raman spectroscopy suggests that the interfacial stress is relaxed as compared with conventional substrates. We also indicated that AlN buffer layer is effective to improve the coalescence of crystals, which is important finding for fabricating large area thin film used in device application.

2. Surface condition of graphene and graphite substrate on growth of nitride semiconductor

We also studied the nitride semiconductor growth mechanism on graphene. Specifically, we focused on the nucleation process. We observed SEM image of the GaN crystal, which growth was quitted at the initial stage. AFM observation of graphene surface revealed that crystal growth occurs preferentially at the domain boundary of graphene. On the other hand, the nucleation density is low within the graphitic region in the growth by RF-MBE. This tendency is more pronounced in thick graphite with high flatness and few dangling bonds. Furthermore, we also found that nucleation density is increased by using ECR-MBE with high ionization rate of nitrogen plasma. It suggests that dangling bonds are introduced by ionized plasma.

3. Transfer process of nitride semiconductor grown on graphene, graphite substrate

Since graphene does not have dangling bonds, interaction with nitride semiconductors is small. We have also developed the method to lift-off the nitride semiconductor crystals from graphene and transfer them onto arbitrary foreign substrates using a thermal release tape.