

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実施状況報告書(平成23年度)

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	窒化物半導体との融合を目指したエピタキシャル二ホウ化物薄膜の表面・界面研究
研究機関・ 部局・職名	北陸先端科学技術大学院大学・マテリアルサイエンス研究科・准教授
氏名	高村 由起子(山田由起子)

1. 当該年度の研究目的

本年度は、二ホウ化物薄膜の成長と、その表面の走査プローブ顕微鏡による高分解能観察を行い、成長過程の理解と、特に異配向結晶の核生成・成長の抑制を目的とした結晶配向関係、結晶面とその再構成構造、基板由来元素の影響を調べる。実験により得られた二ホウ化物薄膜成長に関する知見をもとに薄膜成長プロセスを改良し、二ホウ化物薄膜の高品質化、異配向粒の抑制、より完全な単結晶配向を目指す。装置の整備に関しては、高分解能観察を目的としたスタンドアローンの超高真空走査プローブ顕微鏡を新規に購入・設置して研究を加速する。また、薄膜 X 線回折による結晶性の評価が容易な大型試料への窒化物薄膜成長を目的とした装置改良を行う。

2. 研究の実施状況

シリコン基板上の二ホウ化ジルコニウム薄膜表面を走査トンネル顕微鏡により高分解能観察した結果得られた知見をもとに、窒化物半導体薄膜成長に適した(0001)面の面積が大きく、より単結晶配向した薄膜を得ることに成功した。(0001)面が基板と平行ではない、「異配向」の結晶粒は、(0001)面からなるテラスが基板面内方向に一様に成長するのに対して、成長方向に異方性があり、成長端が小さいのが特徴である。また、(0001)面上には、基板から薄膜表面に拡散したシリコンが、室温で原子一層厚みのグラフェン状の二次元結晶「シリセン」を自発的に形成していることが明らかになり、その特異な結合状態に起因して表面を不活化していることが明らかとなった。薄膜表面におけるシリコンの存在は、薄膜成長温度においても確認した。このため、薄膜原料の反応と成長は主にテラス端で起こり、広い(0001)面が形成されることが明らかとなった。(0001)面テラスの成長端の大きさと比較した異配向結晶粒の成長端の小ささと、テラス上の核生成のシリコン層による抑制を利用して薄膜成長条件を最適化した結果、冒頭に記した成果が得られた。(0001)面テラスの表面平坦性・結晶性は、反射高速電子線回折パターン、及び、角度分解紫外光電子分光により確認している。

また、高分解能観察を目的としたスタンドアローンの超高真空走査プローブ顕微鏡の新規購入を検討した結果、次のように仕様を決定した。二ホウ化物薄膜表面が、実際に窒化物が核生成する温度においてどのような状態にあるのかを把握する必要性が増してきたことと、窒化物薄膜の高品質化に利用する不活性な窒化ホウ素層が絶縁性であることを考慮し、1. 高温における原子分解能観察が可能な装置、2. 導電性試料だけでなく、絶縁性試料の観察も可能な装置を購入することを決定した。

様式19 別紙1

3. 研究発表等

<p>雑誌論文</p> <p>計 0 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 0 件</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計 0 件</p> <p>(未掲載) 計 0 件</p>
<p>会議発表</p> <p>計 8 件</p>	<p>専門家向け 計 6 件</p> <p>1. “Structural and electronic properties of epitaxial silicene”, Y. Yamada-Takamura, A. Fleurence, T. Ozaki, Y. Wang, F. Bussolotti, and R. Friedlein, The 6th Japan-Sweden Workshop on Advanced Spectroscopy of Organic Materials for Electronic Applications (ASOMEA-VI), ASOMEA-VI organizing committee, Kaga-Onsen, Japan, 2011.11.23-26</p> <p>2. “Experimental study of epitaxial silicene on zirconium diboride”, A. Fleurence, R. Friedlein, T. Ozaki, Y. Wang and Y. Yamada-Takamura, The 6th Japan-Sweden Workshop on Advanced Spectroscopy of Organic Materials for Electronic Applications (ASOMEA-VI), ASOMEA-VI organizing committee, Kaga-Onsen, Japan, 2011.11.23-26</p> <p>3. “Optimization of ZrB₂ thin film growth on Si(111)”, Antoine Fleurence, Wenyong Zhang, 高村(山田)由起子, 日本金属学会 2011 年秋期(第 149 回)大会, 日本金属学会、沖縄, 2011.11.07-09</p> <p>4. 「第一原理計算による ZrB₂ 表面上の Silicene 構造の研究」, 尾崎 泰助, 川井 弘之, Antoine Fleurence, Rainer Friedlein, 高村(山田)由起子, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 日本物理学会、富山大学五福キャンパス, 2011.09.21-24</p> <p>5. “Epitaxial Silicene: Structure and Electronic Properties”, Yukiko Yamada-Takamura, University College London (UCL)- Faculty of Mathematical and Physical Sciences (MAPS) & JAIST-School of Materials Science (SMS) Workshop, JAIST & UCL, London, U.K., 2011.08.11</p> <p>6. “Epitaxial Si layer formed on ZrB₂ thin films – Silicene?”, A. Fleurence, R. Friedlein, Y. Wang, F. Bussolotti, and Y. Yamada-Takamura, The 38th International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films (ICMCTF2011), American Vacuum Society Advanced Surface Engineering Division, San Diego, U.S.A., 2011.05.02-06</p> <p>一般向け 計 2 件</p> <p>7. “Silicene – Beyond Graphene”, Yukiko Yamada-Takamura, JAIST International Seminar on Emerging Nanotechnologies for ‘More-than-Moore’ and ‘Beyond CMOS’ era (ISEN2012), JAIST, Kanazawa, Japan, 2012.03.26-28</p> <p>8. 「エピタキシャルシリセナーSi 版グラフェナーの構造と電子状態」, 高村(山田)由起子, 先端化学・材料技術部会講演会, 社団法人新化学技術推進協会, 東京, 2011.06.14</p>
<p>図書</p> <p>計 0 件</p>	
<p>産業財産権 出願・取得状 況</p> <p>計 0 件</p>	<p>(取得済み) 計 0 件</p> <p>(出願中) 計 0 件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>研究室ホームページ: http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/yukikoyt</p>

様式19 別紙1

<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. アントワーン・フロランス特別研究員が金沢大学附属高等学校(石川県)において日本学術振興会サイエンス・ダイアログ事業の一環として本補助事業で得られた研究成果等に関する講演を行う際に同行者として参加し、内容の日本語による説明、ディスカッションの補助を行った。講演題目は、「石川県のフランス人材料科学者」で、物理を選択している二年生 76 名が受講した。企画は補助事業者と高校教諭が行った。2011.12.16 2. 能美市立宮竹小学校(石川県)の二年生の生活科の学習におけるまち探検で、一学年27名及び担任の教諭 2 名が補助事業者の研究室、同僚の准教授の管理する計算機室、本学の図書館を見学した。補助事業者の研究室では模型を使用した結晶構造の説明とその表面構造を実空間で観察可能な走査トンネル顕微鏡装置の説明を行った。企画は補助事業者が行った。2011.10.05 3. 本学の一般向けオープンキャンパス「JAIST FESTIVAL 2011」にて青少年科学教室「原子を観る:走査トンネル顕微鏡を使ってみよう!」を開催。高校生3名、中学生3名、及び高校の物理担当教諭1名を相手に走査トンネル顕微鏡による原子像観察に関する講義と実演を行った。2011.10.01
<p>新聞・一般雑誌等掲載 計7件</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. “Silicon’s Next Wave”, Discover 誌(アメリカ合衆国), Jan-Feb., p. 82 (2011). (Year in Science 特集号、“Top 100 stories of 2011” の#86 に選ばれる。) 2. “Scientists study graphene sibling: Single-layer ‘silicene’ sheets might have electronic uses”, Science News 誌(アメリカ合衆国)、179, p. 14 (2011). (web 版は H22 年度に報告済み) 3. “Ook silicium vormt monolaag”, DeIngenieur 誌(オランダ)、15 April issue, p.11 (2011). 4. “Superslim silicene” Science News FOR KIDS (web ニュース、アメリカ合衆国)、2011.04.13 http://www.sciencenews.org/view/generic/id/72716/title/FOR_KIDS_Superslim_silicene 5. 「Si 版石墨烯“Silicene”、日本北陸先端科技大首次在 Si 基板上制备成功」, Tech On! China (web ニュース、中国)、2011.04.13 http://china.nikkeibp.com.cn/cgi-bin/cgi-bin/news/nano/55996-20110413.html 6. 「Si 版グラフェンの「シリセン」、北陸先端大が初めて Si 基板上に作製」, Tech On! (web ニュース)、2011.04.12 http://www.nikkeibp.co.jp/article/news/20110412/266701/ 7. “Grafeen krijgt broertje: silicene” Bits&Chips (web ニュース、オランダ)、2011.04.01 http://www.bits-chips.nl/nieuws/bekijk/artikel/grafeen-krijgt-broertje-siliceen.html
<p>その他</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. “Structural and Electronic Properties of Epitaxial Silicene”, Yukiko Yamada-Takamura, Physical Science Seminar, IBM T. J. Watson Research Center, Yorktown Heights, U.S.A., 2012.03.09 (企業の研究所における講演) 2. 「固体照明を支える材料技術」、高村(山田)由起子、芝浦工業大学工学部材料工学科特別講義「材料の技術史」、芝浦工業大学豊洲キャンパス、2011.10.14 (大学三年生向けのオムニバス形式講義の一部)

4. その他特記事項

なし。

実施状況報告書(平成23年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されません

1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受領 額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前年 度迄の累計)
直接経費	112,000,000	78,580,000	0	33,420,000	0
間接経費	33,600,000	23,574,000	0	10,026,000	0
合計	145,600,000	102,154,000	0	43,446,000	0

2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受取 利息等額(未収 利息を除く)	④(=①+②+ ③)当該年度合 計収入	⑤当該年度執行 額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	77,628,058	0	0	77,628,058	9,398,368	68,229,690	0
間接経費	23,288,418	0	0	23,288,418	23,288,418	0	0
合計	100,916,476	0	0	100,916,476	32,686,786	68,229,690	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	1,810,606	大気中走査トンネル顕微鏡装置、ウェハー、ガス等
旅費	299,870	研究発表旅費等
謝金・人件費等	5,992,997	研究員、研究補助員人件費
その他	1,294,895	学会参加費、装置修理費等
直接経費計	9,398,368	
間接経費計	23,288,418	
合計	32,686,786	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
easyScan 2-STM System Special	ナノサーフ社製	1	1,298,915	1,298,915	2011/10/18	北陸先端科学技 術大学院大学
				0		
				0		