

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 14日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22360316

研究課題名（和文） InGaSb および InGaAs の溶液成長における結晶面方位依存性の解明

研究課題名（英文） Crystal orientation dependence of solution growth in InGaSb and InGaAs

研究代表者

稲富 裕光（INATOMI YUKO）

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・准教授

研究者番号：50249934

研究成果の概要（和文）：

温度勾配法により $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ および $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 結晶を育成した。その場観察法および熱パルス法により界面形状、成長速度、組成変化を測定した。5.5 テスラの静磁場印加により浮力対流を抑制した結果、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ 結晶成長において In 組成変動を 0.5at%程度と極めて低く抑えることに成功した。また、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ バルク成長において成長速度および In 濃度は明らかな面方位依存性を有することが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：

$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ and $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ crystals were grown by a temperature gradient method. The morphological change of the growth interfaces, the growth rates, and the compositional distributions were measured by an in-situ observation method and a heat pulse method. Since an applied static magnetic field of 5.5 Tesla suppressed buoyancy convection in InGaSb melt, the indium composition of the grown $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ crystal was almost constant within fluctuation of 0.5 at%. In addition, it was found that growth rate and composition in the grown crystal showed an obvious crystal orientation dependence of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ bulk crystal growth.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2011年度	7,900,000	2,370,000	10,270,000
2012年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：凝固・結晶成長、熱物性、熱物質輸送、非接触計測

科研費の分科・細目：材料工学・金属生産工学

キーワード：結晶工学、結晶成長、応用光学・量子光工学、超精密計測、電子・電気材料

1. 研究開始当初の背景

多元系半導体の特色は、構成元素の組成比を変えることにより禁制帯幅や格子定数を制御することにある。任意の格子定数を有する均一組成で良質な混晶半導体バルク単結晶を成長させ得れば、これを基板とするこ

とで良質な薄膜の成長を期待できる。このようなバルク結晶としての育成方法としてトラベリングヒーター法や飽和溶融帯移動法など溶液成長が知られている。この方法はブリッジマン法などの融液成長に比べはるかに低温でバルク結晶が育成でき、溶媒による

原料中の不純物のゲッターリングが行われるために、結晶の高純度化が図れる。

しかし、溶液成長でも地上で均一組成の良質な多元系半導体単結晶を成長させることは難しい。これは、(1) 偏析効果により結晶化に伴い結晶と溶液の組成が変化する、(2) 液相線と固相線の乖離が大きいために成長界面近傍の溶液が組成的過冷却状態になる結果、界面が不安定化して多結晶化やインクルージョンが発生する、(3) 地上では密度差対流により溶液の濃度分布と温度分布に揺らぎが生じて結晶欠陥が導入される、ことによる。しかし、成長速度の面方位依存性は金属の凝固と同様に無視できるとされてきた。児玉らは宇宙実験で GaAs(100)、(111)A、(111)B 基板上に AlGaAs を溶液成長させたが、基板面方位による成長速度の相違は明らかにできなかった。一方、早川らは宇宙実験で In-Ga-Sb 溶液への GaSb 結晶溶解と GaSb 結晶上への $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ 結晶成長の面方位依存性を調べた結果、(111)Sb 面は(111)Ga 面よりも溶解しやすく、結晶成長しにくいことが示唆された。そして地上実験でも(111)A と(111)B 面上の成長では In 濃度プロファイルが異なることを示した。さらに稲富らは、強磁場での GaP/GaP の LPE 成長では成長速度や表面形態の安定性に基板面方位依存性が無視できないこと、また、 $\text{Ga}_x\text{As}_{1-x}\text{P}/\text{GaP}$ 成長では基板面方位により表面形態や組成の変化に大きな違いがあることをその場観察により示した。このように種結晶の面方位が成長速度や成長層組成へ及ぼす影響は未だ矛盾無く説明されていないのが現状である。

2. 研究の目的

宇宙実験および地上でのその場観察実験結果により、対流が抑制された状態では化合物半導体の溶液成長において成長速度や液相の濃度分布が基板結晶の面方位依存性を有する可能性があることが示唆された。本研究では、実用上意義深い $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ および $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ のバルク結晶を、強い静磁場の印加により対流を抑制した溶液成長法により育成する。その際、成長初期条件として成長カイネティクスに差異を与えるために種結晶の面方位を変え、熱パルス法と光学的その場観察法の併用により結晶成長過程を可視化し、成長後の結晶を評価する。以上の実験結果をもとに数値計算を行い、多元系半導体の溶液成長における結晶面方位依存性の解明を行う。

3. 研究の方法

強磁場印加により対流を抑制した状態で、温度勾配法により $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ 、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 結晶を育成した。異なる面方位の種結晶を用い、成長初期の界面形状及び成長結晶中の組

成を赤外線その場観察装置により、以降の界面位置と組成の同時測定には熱パルス法により求めることで、成長速度と組成分布に及ぼす成長カイネティクスの影響を定量化した。また、磁場の強さを変えて浮力対流の効果と結晶面方位の相乗効果を検証した。

4. 研究成果

(1) 印加磁束密度 6 テスラにて、最高加熱温度 950°C 以上、温度勾配 6~20K/cm の試料加熱条件を少なくとも 80 時間維持できる強磁場結晶育成装置を製作した。

(2) 上記結晶育成装置を用いて温度勾配法により $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ および $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ 結晶を育成し(図 1)、熱パルス法により周期的な成長縞を導入することで成長速度と組成変化、EPMA による組成分布解析から縞近傍での局所的な温度勾配を測定した。試料は(基板結晶)/(溶材)/(原料)のサンドイッチ構造で、筒状坩堝に入れた後、石英ガラス製アンブルに真空封止した。 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 結晶成長において加熱初期段階の成長界面の可視化に成功した。成長縞測定(図 2)とその場観察の結果、メルトバック過程における界面形状の変化と溶解量を求めることが出来、当初の予想以上にメルトバック量が多いことが分かった。X線透過法による InGaSb 結晶の溶解過程のその場観察実験でも同様の結果が得られた。これらの測定結果を解析した結果、地上では溶質同士の密度差により浮力対流が発生し、原料結晶側と基板結晶側で溶解量が大きく異なることを明らかにした。

(3) $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ 融液($x=0\sim 1$)の蒸発速度、粘性、また石英、BN、カーボン等の坩堝材料への濡れ性の温度依存性を融点から 1100°C の間で測定した。その結果をもとに、数値流体力学ソフトウェアを用いて磁場下での対流の抑制効果を計算した。その結果、5.5 テスラの静磁場を印加した場合での InGaSb 融液中の最大流速は磁場無しでの条件での値に比べて強く抑制されることを明らかにした。そして、EPMA による成長結晶中の組成分析の結果、5.5 テスラの静磁場印加により In 組成変動を 0.5at% 程度と極めて低く抑えることに成功した(図 3)。また、5.5 テスラ印加の場合は印加磁場無しの条件に比べて、In 組成が高くなること、原料結晶の溶解量が少ないこと、が明らかになった。これらの解析結果は、上記の数値計算による予想を支持する。

(4) 同一成長温度条件で基板結晶の面方位を変えた場合、成長速度および In 濃度は共に(100)、(111)B、(110)、(111)A の面方位の順で高くなる傾向にあることが明らかになった。また、マクロな成長界面形状も基板面

方位によって異なることが明らかになった。これらの結果は、成長初期は物質の取り込みは界面カイネティクの影響を受けるものの、成長時間の経過と共に液相中の物質輸送が支配的になっていくという当初の予想に反した結果であり、成長カイネティクスの新たなモデルを構築する必要があるだろう。

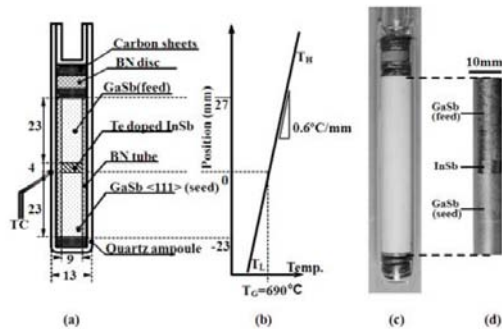


図1 試料の概略：(a) サンプルの構造、(b) 温度分布、(c) アンプルの外観、(d) 試料結晶。

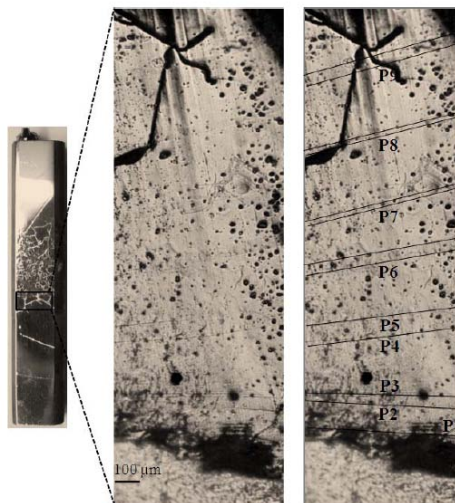


図2 温度勾配法により育成した $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ 結晶の例。ドーパした Te の偏析による周期的な成長縞が見られる。

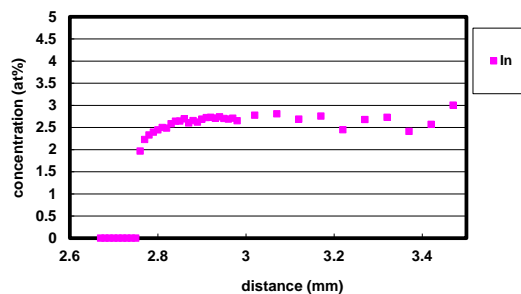


図3 印加磁場 5.5 テスラで育成した $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ 結晶中の In 濃度プロファイル

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11件)

- 1) Y. Inatomi, K. SAKATA, M. Arivanandhan, G. Rajesh, Y. Hayakawa, A. Tanaka, T. Ozawa, Y. Okano, T. Ishikawa, M. Takayanagi, S. Yoda, Y. Yoshimura, “Current Status of Alloy Semiconductor Crystal Growth Project under Microgravity”, *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan*, 査読有, **10** (2012) pp. Th_1-Th_4.

DOI: 10.2322/tastj.10.Th_1

- 2) M. Arivanandhan, G. Rajesh, A. Tanaka, T. Ozawa, Y. Okano, Y. Inatomi and Y. Hayakawa, “Bulk growth of InGaSb alloy semiconductor under terrestrial conditions: A Preliminary study for microgravity experiments at ISS”, *Defect and Diffusion Forum*, 査読有, **323-325** (2011) pp 539-544.

DOI:10.4028/www.scientific.net/DDF.323-325.539

- 3) M. Arivanandhan, G. Rajesh, T. Koyama, Y. Momose, K. Sankaranarayanan, A. Tanaka, Y. Hayakawa, T. Ozawa, Y. Okano and Y. Inatomi, “Crystal Growth of InGaSb Alloy Semiconductor at International Space Station: Preliminary Experiments”, *Journal of the Japan Society of Microgravity Application*, 査読有, **28** (2011) pp. S46-S50.

<http://jairo.nii.ac.jp/0203/00050593/en>

- 4) G. Rajesh, M. Arivanandhan, N. Suzuki, A. Tanaka, H. Morii, T. Aoki, T. Koyama, Y. Momose, T. Ozawa, Y. Inatomi, Y. Takagi, Y. Okano and Y. Hayakawa, “Effects of Solutal Convection on the Dissolution of GaSb into InSb Melt and Solute Transport Mechanism in InGaSb Solution: Numerical Simulations and In-situ Observation Experiments”, *Journal of Crystal Growth*, 査読有, **324** (2011) pp. 157-162.

DOI: 10.1016/j.jcrysgr.2011.04.019

- 5) G. Rajesh, M. Arivanandhan, H. Morii, T. Aoki, T. Koyama, Y. Momose, A. Tanaka, T. Ozawa, Y. Inatomi and Y. Hayakawa, “In-situ observations of dissolution process of GaSb into InSb melt by X-ray penetration method”, *Journal of Crystal Growth*, 査読有, **312** (2010) pp. 2677-2682.
DOI: 10.1016/j.jcrysgro.2010.06.017
- 6) Y. Hayakawa, M. Arivanandhan, G. Rajesh, A. Tanaka, T. Ozawa, Y. Okano, K. Sankaranarayanan and Y. Inatomi, “Alloy Semiconductor Crystal Growth under Microgravity”, *AIP conference proceedings*, 査読有, *CP1313* (2010) pp. 45- 49.
DOI: 10.1063/1.3530565

他 査読有 5件

[学会発表] (計 46件)

- 1) 阪田薫徳, 向井碧, Govindasamy Rajesh, Mukannan Arivanandhan, 稲富裕光, 石川毅彦, 早川泰弘, “微小重力場での $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ 結晶成長解析に関する熱物性測定”, 第60回応用物理学会春季学術講演会, 神奈川工科大学, 2013年3月27~30日, 29p-B6-8.
- 2) Y. Hayakawa, M. Arivanandhan, G. Rajesh, T. Koyama, Y. Momose, H. Morii, T. Aoki, Y. Takagi, Y. Okano, T. Ozawa, K. Sakata and Y. Inatomi, “Microgravity study on the growth of semiconductors”, The workshop on Characterization Techniques, Alagapa University, Karaikudi, India (March 21-22, 2013), (Invited talk).
- 3) Y. Hayakawa, M. Arivanandhan, G. Rajesh, T. Koyama, Y. Momose, H. Morii, T. Aoki, Y. Takagi, Y. Okano, T. Ozawa, K. Sakata and Y. Inatomi, “Dissolution and Growth Processes of InGaSb Alloy Semiconductor under 1 G and Microgravity Conditions”, *International Conference on Nanoscience and Nanotechnology (ICONN 2013)*, SRM University, Chennai, India (March 18-20, 2013) pp.12-13 (Keynote talk).
- 4) 阪田薫徳, 向井碧, Govindasamy Rajesh, Mukannan Arivanandhan, 稲富裕光, 石川毅彦, 早川泰弘, “国際宇宙ステーションでの多元系半導体 InGaSb 結晶成長実験に向けた熱物性測定”, 日本マイクログラビティ応用学会第 26 回学術講演会, 九州大学西新プラザ, 2012年11月20日~22日, J15.
- 5) J. Yu, Y. Inatomi, Y. Hayakawa, M. Arivanandhan, G. Rajesh, T. Koyama, Y. Momose, H. Morii, T. Aoki, A. Tanaka, Y. Okano, T. Ozawa, T. Ishikawa, S. Yoda, Y. Liu, and G. Zai, “ $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ Crystal Growth Experiment under Microgravity”, *9th China-Japan-Korea Workshop on Microgravity Sciences*, Guilin, China (October 29- November 2, 2012), p. 43 (Keynote lecture).
- 6) Y. Hayakawa, M. Arivanandhan, G. Rajesh, T. Koyama, Y. Momose, H. Morii, T. Aoki, A. Tanaka, Y. Takagi, Y. Okano, T. Ozawa, K. Sakata and Y. Inatomi, “Effect of Gravity on $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ Alloy Semiconductor Growth”, *9th China-Japan-Korea Workshop on Microgravity Sciences*, Guilin, China (October 29- November 2, 2012), p. 44.
- 7) 阪田薫徳, 向井碧, Govindasamy Rajesh, Mukannan Arivanandhan, 稲富裕光, 石川毅彦, 早川泰弘, “国際宇宙ステーションでの結晶成長実験に関する溶融 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ の粘度測定”, 第33回日本熱物性シンポジウム, 大阪府立大学, 2012年10月3日~5日, C303.
- 8) 向井碧, 宮田浩旭, 富岡浩, 太田昌也, 阪田薫徳, 稲富裕光, 勝田真登, 村上敬司, 早川泰弘, “溶融InGaSb 粘性率の温度および組成依存性”, 日本鉄鋼協会第164回秋季講演大会, 愛媛大学, 愛媛県松山市, 2012年9月17~19日, p. 911.
- 9) Yuko Inatomi, Kaoruho Sakata, Yasuhiro Hayakawa, Takehiko Ishikawa, Mukannan Arivanandhan, Govindasamy Rajesh, Tadanobu Koyama, Yoshimi Momose, Krishnasamy Sankaranarayanan, Akira Tanaka, Tetsuo Ozawa, Yasunori Okano, Masahiro Takayanagi, Shinichi Yoda, and Yoshinori Yoshimura, “Current Status of Crystal Growth Experiment of InGaSb Alloy Semiconductor in ISS”, 39th COSPAR Scientific Assembly (COSPAR-2012) in Mysore, India, (July 14-22, 2012).
- 10) Y. Momose, M. Arivanandhan, T. Koyama, H. Morii, T. Aoki, A. Tanaka, Y. Okano, Y. Inatomi, and Y. Hayakawa, “Microgravity experiments of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ alloy semiconductor growth”, *International Conference on Advanced*

- Materials, Science and Engineering (ICAMSE-12)*, Colombo, Sri Lanka (July 1- 4, 2012).
- 11) M. Arivanandhan, A. Tanaka, T. Koyama, Y. Momose, T. Ozawa, Y. Okano, K. Sakata, Y. Inatomi and Y. Hayakawa, "Growth of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ alloy semiconductor under terrestrial and microgravity conditions", National Conference on Physics of New Materials (NCPNN-2012), April 20-21, 2012, Noorul Islam University, Kanyakumari, Tamil Nadu, India (Invited speaker).
 - 12) 早川泰弘, M. Arivanandhan, G. Rajesh, 小山忠信, 百瀬与志美, 森井久史, 青木徹, 田中 昭, 岡野泰則, 高木洋平, 小澤哲夫, 阪田薫穂, 稲富裕光, "混晶半導体バルク結晶の溶質輸送に対する重力効果", 第59回応用物理学関係連合講演会, 新領域グループ(重力場応用研究)シンポジウム, 15p-C3-8, 2012年3月15日, 早稲田大学, 東京都(招待講演).
 - 13) 早川泰弘, M. Arivanandhan, G. Rajesh, 田中 昭, 小澤哲夫, 岡野泰則, 阪田薫穂, 稲富裕光: "1G環境下における温度勾配炉を用いた $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ 混晶半導体結晶成長", 日本マイクログラフィティ応用学会第25回学術講演会, IHI横浜事業内ゲストハウス, 横浜市, 2011年11月28日~29日, J16.
 - 14) G. Rajesh, M. Arivanandhan, N. Suzuki, H. Morii, T. Aoki, T. Koyama, Y. Momose, A. Tanaka, Y. Takagi, Y. Okano, T. Ozawa, Y. Inatomi and Y. Hayakawa, "Investigation of Solute Transport Mechanism in GaSb/InSb/GaSb Sandwich Structure under 1G and 10^{-4} G Conditions by In-situ X-ray Penetration and Numerical Methods", 第41回結晶成長国内会議, NCCG-41, 2011年11月3~5日, つくば国際会議場, 茨城県つくば市, 03pB01.
 - 15) 向井碧, 宮田浩旭, 富岡浩, 太田昌也, 稲富裕光, 和田里彦, 村上敬司, "高温粘性率測定装置による溶融InGaSbの粘性率測定", 日本鉄鋼協会 第162回秋季講演大会(大阪:大阪大学 吹田キャンパス) 2011年9月20日~22日 p. 830.
 - 16) G. Rajesh, M. Arivanandhan, N. Suzuki, H. Morii, T. Aoki, T. Koyama, Y. Momose, A. Tanaka, Y. Takagi, Y. Okano, T. Ozawa, Y. Inatomi and Y. Hayakawa: "Investigation of Solute Transport Mechanism in In-Ga-Sb Solution by In-situ X-ray Observation and Numerical Analysis", 第72回応用物理学学会学術講演会, 2011年8月29日~9月2日, 山形大学, 1a-P8-26.
 - 17) Y. Inatomi, K. Sakata, M. Arivanandhan, G. Rajesh, Y. Hayakawa, A. Tanaka, T. Ozawa, Y. Okano, T. Ishikawa, M. Takayanagi, S. Yoda, and Y. Yoshimura, "Current Status of Alloy Semiconductor Crystal Growth Project under Microgravity", *The 28th International Symposium on Space Technology and Science (28th ISTS)*, Okinawa Convention Center, in Ginowan City, Okinawa, Japan, (June 5-12, 2011).
 - 18) Y. Inatomi, Y. Hayakawa, K. Sakata, M. Arivanandhan, G. Rajesh, A. Tanaka, T. Ozawa, Y. Okano, T. Ishikawa, M. Takayanagi, S. Yoda, and Y. Yoshimura, "Crystal growth of alloy semiconductor under Microgravity ("Alloy semiconductor" project)", *Increment 29/30 Science Symposium*, JAXA, Tsukuba, Japan (June 8, 2011).
 - 19) M. Arivanandhan, G. Rajesh, A. Tanaka, T. Ozawa, Y. Okano, Y. Inatomi, and Y. Hayakawa, "Bulk growth of InGaSb alloy semiconductor under terrestrial conditions: A Preliminary study for microgravity experiments at ISS", 8th International Conference on Diffusion in Materials (July 3-8, 2011, Dijon, France).
 - 20) 早川泰弘, M. Arivanandhan, G. Rajesh, 小山忠信, 百瀬与志美, 森井久史, 青木徹, 田中 昭, 鈴木那津輝, 岡野泰則, 小澤哲夫, 稲富裕光, "混晶半導体バルク結晶成長に対する重力効果", 第58回応用物理学関係連合講演会, 新領域グループ(重力場応用研究)シンポジウム, 25p-KM-9, 2011年3月25日, 神奈川工科大学, 神奈川県厚木市(招待講演).
 - 21) 早川泰弘, 田中 昭, 青木 徹, M. Arivanandhan, 小山忠信, 百瀬与志美, G. Rajesh, 森井久史, 小澤哲夫, 岡野泰則, 稲富裕光, "X線画像検出器を用いた混晶半導体バルク結晶成長過程の観察", 静岡大学重点4分野 極限画像科学シンポジウム, 2011年3月14日, 静岡大学, 静岡県浜松市, pp. 118-120.
 - 22) G. Rajesh, M. Arivanandhan, H. Morii, N. Suzuki, T. Aoki, T. Koyama, Y. Momose, A. Tanaka, K. Sankaranarayanan, Y.

- Okano, T. Ozawa, Y. Inatomi and Y. Hayakawa: “Experimental and Numerical Investigation of the Dissolution Process of GaSb into InSb Melt”, 第17回応用物理学会東海支部基礎セミナー (2010年10月) (静岡大学) (静岡県浜松市) P-07.
- 23) G. Rajesh, M. Arivanandhan, H. Morii, N. Suzuki, T. Aoki, T. Koyama, Y. Momose, A. Tanaka, K. Sankaranarayanan, Y. Okano, T. Ozawa, Y. Inatomi and Y. Hayakawa: “The Effect of Gravity on the Dissolution Process of GaSb into InSb Melt: Experiments and Simulations”, 第71回応用物理学会学術講演会 (2010年9月) (長崎大学) (長崎県長崎市) 14a-ZT-12.
- 24) Y. Hayakawa, M. Arivanandhan, G. Rajesh, A. Tanaka, T. Ozawa, Y. Okano, K. Sankaranarayanan and Y. Inatomi, “Semiconductor alloy crystal growth under Microgravity”, International Conference on Physics of Emerging Functional Materials IT-28, Mumbai, India (September 24, 2010) (Invited speaker).
- 25) G. Rajesh, M. Arivanandhan, H. Morii, N. Suzuki, T. Aoki, T. Koyama, Y. Momose, A. Tanaka, K. Sankaranarayanan, Y. Okano, T. Ozawa, Y. Inatomi, and Y. Hayakawa, “Effect of gravity on the dissolution process of GaSb into InSb melt”, *8th Japan-China-Korea Workshop, Microgravity Sciences for Asia Microgravity Pre-Symposium*, Akiu, Sendai, Japan (September 22-24, 2010).
- 26) M. Arivanandhan, G. Rajesh, T. Koyama, Y. Momose, K. Sankaranarayanan, A. Tanaka, Y. Hayakawa, T. Ozawa, Y. Okano and Y. Inatomi, “Crystal growth of InGaSb alloy semiconductor at International Space Station: preliminary experiments”, *8th Japan-China-Korea Workshop, Microgravity Sciences for Asia Microgravity Pre-Symposium*, Akiu, Sendai, Japan (September 22-24, 2010).
- 他 20件

[その他]

ホームページ等

http://repository.tksc.jaxa.jp/dr/sresult-jp?DEF_XSL=04&SUM_NUMBER=20&IS_KIND=

Search&IS_SCH=META&IS_STYLE=jpn&DB_ID=G0000001AIREX&GRP_ID=G0000001&IS_DB=G000001AIREX001&IS_TYPE=meta&IS_START=1&SUM_START=1&IS_TAG_S30=rectype&IS_KEY_S30=JAXA&IS_LGC_S30=AND&PAGE_KIND=advanced&SYS_TYPE=jaxa&IS_MAP_S1=dictionary&IS_TAG_S1=D072CC&IS_KEY_S1=%E5%AD%A6%E8%A1%93%E9%9B%91%E8%AA%8C%E8%AB%96%E6%96%87&IS_LGC_S2=AND&IS_TAG_S2=Author&IS_KEY_S2=%22%E7%A8%B2%E5%AF%8C%E3%80%80%E8%A3%95%E5%85%89%22&IS_NUMBER=20
<http://maruhan.rie.shizuoka.ac.jp/index-e.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲富 裕光 (INATOMI YUKO)

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・准教授

研究者番号： 50249934

(2) 研究分担者

早川 泰弘 (HAYAKAWA YASUHIRO)

静岡大学・電子工学研究所・教授

研究者番号： 00115453

木下 恭一 (KINOSHITA KYOICHI)

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・主幹研究員

研究者番号： 10358749

(3) 連携研究者

ムカンナン アリバナンドハン (Mukannan Arivanandhan)

静岡大学・電子工学研究所・助教

研究者番号： 50451620

阪田 薫穂 (Sakata Kaoruho)

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・任期付プロジェクト研究員

研究者番号： 80514215

(H23年度～H24年度)