

課題番号	GR035
------	-------

**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	高速省電力フレキシブル情報端末を実現する 酸化物半導体の低温成長と構造制御法の確立
研究機関・ 部局・職名	東京工業大学・応用セラミックス研究所・教授
氏名	神谷利夫

1. 当該年度の研究目的

薄膜成長過程およびアモルファス薄膜の構造・不純物を高感度・高精度で評価できる設備を導入し、アモルファス酸化物 TFT の特性に不純物や製膜条件、薄膜成長過程が及ぼす影響を調べる。また、熱処理に伴うアモルファス酸化物の構造・物性変化を高精度で評価する技術を確認するとともに、O<sub>3</sub> 処理を含む低温熱処理の新しい技術を検討し、低温で高品質半導体膜を作製する条件を調べる。

また、アモルファス酸化物半導体のキャリア輸送について議論できる国内会議を開催することを予定している。

2. 研究の実施状況

**「薄膜成長過程およびアモルファス薄膜の構造・不純物を高感度・高精度で評価できる設備」**

- 水素、水などの製膜装置内からの不純物混入を極力抑えることのできる超高真空対応スパッタリング装置の導入を行った。
- 「薄膜成長過程及び構造を高感度・高精度で評価できる装置」については、外付けの高温対応分光エリプソメータを導入することにより、アモルファス酸化物薄膜の構造緩和、物性変化を測定することに成功し、必要なデータが得られた。

**「アモルファス酸化物 TFT の特性に不純物や製膜条件、薄膜成長過程が及ぼす影響を調べる」**

- 本項目に関しては、製膜した薄膜および TFT の熱脱離スペクトル、SIMS、光応答スペクトル等を測定することにより、水素及び過剰酸素の影響を明らかにすることができた。
- 製膜条件を変えて作製した TFT について光応答スペクトルを利用して評価することにより、TFT 特性に自明に表れない欠陥構造が重要であること、そのような欠陥を最小化する条件を特定することに成功した。

**「O<sub>3</sub> 処理を含む低温熱処理の新しい技術、低温で高品質半導体膜を作製する条件の探索」**

- O<sub>3</sub> 処理による効果を、低温(<250°C)と高温(300°C)での違いに分離して明らかにできた。低温 O<sub>3</sub> 処理により TFT 特性が改善するものの、高温では過剰酸素を導入し、双安定特性が現れ、TFT 動作としては悪くなること、および、その原因を明らかにした。
- 関連して、高温 O<sub>3</sub> 処理による TFT に出現した双安定特性を利用した、光照射履歴センサー、および電圧履歴センサーを開発した。

3. 研究発表等

雑誌論文  計11件	(掲載済み一査読有り) 計11件 Mutsumi Kimura, Takayuki Hasegawa, Keisuke Ide, Kenji Nomura, Toshio Kamiya, and Hideo Hosono Light Irradiation History Sensor Using Amorphous In-Ga-Zn-O Thin-Film Transistor Exposed to Ozone Annealing IEEE Electron Dev. Lett. 33 (2012) 384-386  Katsumi Abe, Kenji Takahashi, Ayumu Sato, Hideya Kumomi, Kenji Nomura, Toshio Kamiya, Hideo Hosono Operation model with carrier-density dependent mobility for amorphous In-Ga-Zn-O thin-film transistors Thin Solid Films 520 (2012) 3791-3795  Kenji Nomura, Toshio Kamiya, Hideo Hosono Stability and high-frequency operation of amorphous In-Ga-Zn-O thin-film transistors with various passivation layers Thin Solid Films 520 (2012) 3778-3782  Keisuke Ide, Yutomo Kikuchi, Kenji Nomura, Toshio Kamiya, Hideo Hosono Effects of low-temperature ozone annealing on operation characteristics of amorphous In-Ga-Zn-O thin-film transistors Thin Solid Films 520 (2012) 3787-3790  Kenji Nomura, Toshio Kamiya, and Hideo Hosono Ambipolar Oxide Thin-Film Transistor Adv. Mater. 23 (2011) 3431-3434  Tao Chen, Meng-Yue Wu, Ryoichi Ishihara, Kenji Nomura, Toshio Kamiya, Hideo Hosono, C. I. M. Beenakker Solid-phase epitaxial growth of (111)-oriented Si film on InGaO3(ZnO)5 buffer layer J Mater Sci: Mater Electron 22 (2011) 920-923  Tao Chen, Meng-Yue Wu, Ryoichi Ishihara, Kenji Nomura, Toshio Kamiya, Hideo Hosono, C.I. M. Beenakker Excimer laser crystallization of InGaZnO4 on SiO2 substrate J. Mater. Sci: Mater. Electron. 22 (2011) 1694-1696  Kenji Nomura, Toshio Kamiya, and Hideo Hosono Highly stable amorphous In-Ga-Zn-O thin-film transistors produced by eliminating deep subgap defects Appl. Phys. Lett. 99 (2011) 053505-1 - 3  Keisuke Ide, Yutomo Kikuchi, Kenji Nomura, Mutsumi Kimura, Toshio Kamiya, and Hideo Hosono Effects of excess oxygen on operation characteristics of amorphous In-Ga-Zn-O thin-film transistors Appl. Phys. Lett. 99 (2011) 093507-1 - 3  D.H. Lee, K. Nomura, T. Kamiya, H. Hosono Diffusion-Limited a-IGZO/Pt Schottky Junction Fabricated at 200oC on a Flexible Substrate IEEE Electron Device Letters 32 (2011) 1695-1697  K. Abe, N. Kaji, H. Kumomi, K. Nomura, T. Kamiya, M. Hirano, H. Hosono Simple Analytical Model of On Operation of Amorphous In-Ga-Zn-O Thin-Film Transistors IEEE Trans. Electron Dev. 58 (2011) 3463-3471  (掲載済み一査読無し) 計0件  (未掲載) 計0件
------------------	--

様式19 別紙1

<p>会議発表 計29件</p>	<p>専門家向け 計28件 Toshio Kamiya, and Hideo Hosono Recent progress in oxide semiconductor materials and devices 第24回プラズマ材料科学シンポジウム (Plenary) (大阪大学銀杏会館、2011/7/19~20) (2011)</p> <p>Toshio Kamiya Application of Transparent Amorphous Oxides, In-Ga-Zn-O タッチパネル技術の発展動向検討会 (新竹市, Si-Soft Business Center, 2011/1/17) (2011)</p> <p>Toshio Kamiya Application of Transparent Amorphous Oxides, In-Ga-Zn-O タッチパネル技術の発展と市場分析 (National Taipei University of Technology, Taipei, Taiwan, 2011/1/18) (2011)</p> <p>Toshio Kamiya, Kenji Nomura and Hideo Hosono Carrier transport, defects and impurities in amorphous oxide semiconductor NIMS-UR1 Workshop (2011/5/15-17, Rennes University 1, Rennes, France) (2011)</p> <p>神谷利夫 アモルファス酸化物半導体の作製、特性、信頼性、今後の課題 情報機構セミナー (2011)</p> <p>Toshio Kamiya, Kenji Nomura, and Hideo Hosono Carrier transport specific to ionic semiconductors THE EIGHTEENTH INTERNATIONAL WORKSHOP ON ACTIVE-MATRIX FLATPANEL DISPLAYS AND DEVICES -TFT TECHNOLOGIES AND FPD MATERIALS- JULY 11-13, 2011, Ryukoku University Avanti Kyoto Hall, Kyoto, Japan) (2011) S1-1</p> <p>Toshio Kamiya and Hideo Hosono Optoelectronic devices utilizing natural nanostructures of oxide semiconductors Int. Conf. Mater. for Adv. Technologies (26 June - 1 July, Singapore) (2011) A5.2-1</p> <p>Toshio Kamiya, Kenji Nomura, Katsumi Abe, and Hideo Hosono Device Physics of Amorphous In-Ga-Zn-O 24th International Conference on Amorphous and Nanocrystalline Semiconductors (ICANS24) (2011/8/22-26, Nara, Japan) (2011) 3B2-3</p> <p>神谷利夫 酸化物半導体の基礎物性とデバイス応用 JFCA イブニングセミナー (2011/10/3, 浜松町) (2011)</p> <p>神谷利夫、野村研二、細野秀雄 フレキシブル応用に向けた酸化物 TFT 材料:現状と課題 応用電子物性分科会研究例会 ここまで来た薄膜トランジスタ -フレキシブル電子デバイス応用へ向けて- (2011/11/9 首都大学東京サテライトキャンパス, 千代田区外神田 1-18-13 秋葉原ダイビル 12F) (2011)</p> <p>Toshio Kamiya Characterization and fundamental properties of amorphous oxide semiconductors: Atomic structure, electronic structure, and defect levels International Workshop on Flexible &amp; Printable Electronics (IWFPE) (2011/11/16-18, Muju, Korea) (2011)</p> <p>Toshio Kamiya, Kenji Nomura and Hideo Hosono Defects and impurities in amorphous oxide semiconductors probed by photoresponse spectroscopy International Workshop on Flexible &amp; Printable Electronics (IWFPE) (2011/11/16-18, Muju,</p>
----------------------	--

	<p>Korea) (2011)</p> <p>K. Nomura, T. Kamiya, H. Hosono Bias Stability for a-In-Ga-Zn-O-TFTs: Origin of Threshold Voltage Instability and the Role of Thermal Annealing and Passivation The 18th International Display Workshop (IDW'11) (Nagoya Congress Center, 2011/12/7-9) (2011) AMD4-1</p> <p>神谷利夫、野村研二、細野秀雄 酸化物半導体の特徴とデバイス応用 新化学技術推進協会(JACI)講演会 (2011/12/20, 東京都千代田区 三番町 KS ビル JACI 会議室) (2011)</p> <p>宮瀬貴也, 野村研二, 神谷利夫, 細野秀雄 アモルファス酸化物半導体 a-IGZO の高温におけるキャリア輸送特性と不安定性の起源 2012 年春季 第 59 回 応用物理学関係連合講演会 (3/15-3/18, 東京) (2012) 17p-E4-21</p> <p>神谷利夫, 井手啓介, 野村研二, 細野秀雄 熱処理によるアモルファス酸化物半導体 a-IGZO の構造、欠陥と TFT 特性の変化 2012 年春季 第 59 回 応用物理学関係連合講演会 (3/15-3/18, 東京) (2012) 17p-E4-20</p> <p>安部 勝美, 野村 研二, 神谷 利夫, 細野 秀雄 アモルファス酸化物半導体超格子の光学特性 2012 年春季 第 59 回 応用物理学関係連合講演会 (3/15-3/18, 東京) (2012) 17p-E4-8</p> <p>L. Shao, K. Nomura, T. Kamiya, H. Hosono, Optimization of p-Type Oxide Thin-Film Transistors Using Cu<sub>2</sub>O Channels THE EIGHTEENTH INTERNATIONAL WORKSHOP ON ACTIVE-MATRIX FLATPANEL DISPLAYS AND DEVICES -TFT TECHNOLOGIES AND FPD MATERIALS- JULY 11-13, 2011, Ryukoku University Avanti Kyoto Hall, Kyoto, Japan) (2011) P-16</p> <p>Keisuke Ide, Kenji Nomura, Toshio Kamiya and Hideo Hosono Structural Relaxation and Glass Transition in Amorphous Oxide Semiconductor, a-In-Ga-Zn-O 24th International Conference on Amorphous and Nanocrystalline Semiconductors (ICANS24) (2011/8/22-26, Nara, Japan) (2011) 1B2-1</p> <p>Kenji Nomura, Yutomo Kikuchi, Keisuke Ide, Toshio Kamiya, and Hideo Hosono Roles of Excess Hydrogen and Oxygen in Amorphous IGZO 24th International Conference on Amorphous and Nanocrystalline Semiconductors (ICANS24) (2011/8/22-26, Nara, Japan) (2011) 2B2-1</p> <p>D.H. Lee, K. Nomura, T. Kamiya, H. Hosono, Photoresponse of Amorphous In-Ga-Zn-O / Pt Schottky Junction The American Vacuum Society Symposium (2011/10/30-11/4, Nashville, US) (2011) TC+EM+NS-ThA3</p> <p>K. Ide, K. Nomura, T. Kamiya, H. Hosono Why Optimum Oxygen Pressure Range Exists for Fabricating Amorphous In-Ga-Zn-O Thin-Film Transistor and How it Should be Optimized The American Vacuum Society Symposium (2011/10/30-11/4, Nashville, US) (2011) TC+EM+NS-ThA9</p> <p>T. Kamiya, Y. Kikuchi, K. Ide, K. Nomura, H. Hosono Effects of Low-Temperature Annealing and Deep Traps in Operation Characteristics of Amorphous In-Ga-Zn-O Thin-Film Transistors The American Vacuum Society Symposium (2011/10/30-11/4, Nashville, US) (2011) TC+EM+NS-ThA10</p>
--	--

様式19 別紙1

	<p>野村研二, 神谷利夫, 細野秀雄 多結晶 SnO チャネルを用いた両極性トランジスタ 第 72 回応用物理学会学術講演会 (2011/8/29-9/2, 山形大学 小白川キャンパス) (2011) 1a-N-1</p> <p>井手啓介, 菊地優友, 神谷利夫, 野村研二, 木村 睦, 細野秀雄 アモルファス酸化物半導体 a-In-Ga-Zn-O 中の過剰酸素関連欠陥と TFT 特性 第 72 回応用物理学会学術講演会 (2011/8/29-9/2, 山形大学 小白川キャンパス) (2011) 1a-N-10</p> <p>野村研二, 神谷利夫, 細野秀雄 アモルファス酸化物半導体 In-Ga-Zn-O 中の過剰水素の役割 第 72 回応用物理学会学術講演会 (2011/8/29-9/2, 山形大学 小白川キャンパス) (2011) 1a-N-11</p> <p>安部 勝美, 高橋 健治, 佐藤 歩, 雲見 日出也, 野村 研二, 神谷 利夫, 細野 秀雄 アモルファス In-Ga-Zn-O デュアルゲート TFT の動作モデルと電気的特性 薄膜材料デバイス研究会第8回研究集会 (2011/11/4-5, アヴァンティ響都, 京都) (2011) 4P41</p> <p>野村研二, 神谷利夫, 細野秀雄 アモルファス酸化物半導体 a-In-Ga-Zn-O 中の酸素および水素拡散 薄膜材料デバイス研究会第8回研究集会 (2011/11/4-5, アヴァンティ響都, 京都) (2011) 4O04 (組織委員として主催)</p> <p>一般向け 計1件 神谷利夫 次世代ディスプレイや iPad3 は「ガラス半導体」で動く 世界をリード・世界に羽ばたく東工大が誇る若手研究者たち (2011/10/1, 大岡山) (2011)</p>
<p>図 書 計1件</p>	<p>神谷利夫, 柳博, 戸田喜文, 細野秀雄 透明導電体のバンドアライメントとヘテロ接合 バンドギャップエンジニアリング 一次世代高効率デバイスへの挑戦 - (監修 大橋直樹, シーエムシー出版) (2011) 138-153</p>
<p>産業財産権 出願・取得状 況 計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件 (出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p><a href="http://www2.khlab.msl.titech.ac.jp/">http://www2.khlab.msl.titech.ac.jp/</a></p>
<p>国民との科 学・技術対話 の実施状況</p>	<p>東京工業大学「国民との科学・技術対話」推進チームが企画し、東京工業大学の主催で、一般聴衆向けに下記の講演を行った</p> <p>講演会名: 世界をリード・世界に羽ばたく東工大が誇る若手研究者たち 開催日時: 2011/10/1 14:30~15:30 開催場所: 東京工業大学 大岡山キャンパス 西2号館4階1号室 題目: 次世代ディスプレイや iPad3 は「ガラス半導体」で動く 参加者数: 56名 対象者: 一般人(学生 2、会社員等 29、高校生等 7、その他)</p>
<p>新聞・一般雑 誌等掲載 計0件</p>	

様式19 別紙1

その他	
-----	--

4. その他特記事項

3月に販売の始まった Apple 社 new iPad の液晶ディスプレイの一部に研究代表者らが発明し本プロジェクトの主対象である a-IGZO TFT が実用化された。この液晶ディスプレイは Sharp によって実用化され、現在本格量産を開始しているところであるとのこと。

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す

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	126,000,000	73,300,000	0	52,700,000	0
間接経費	37,800,000	21,990,000	0	15,810,000	0
合計	163,800,000	95,290,000	0	68,510,000	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 (未取利息を除 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	71,654,850	0	6,330	71,661,180	64,399,239	7,261,941	0
間接経費	21,496,455	0	0	21,496,455	21,496,455	0	0
合計	93,151,305	0	6,330	93,157,635	85,895,694	7,261,941	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	52,513,299	超高真空マルチターゲットスパッタリング装置等
旅費	2,047,716	学会参加旅費、研究成果発表旅費等
謝金・人件費等	7,939,293	博士研究員人件費
その他	1,898,931	学会参加費等
直接経費計	64,399,239	
間接経費計	21,496,455	
合計	85,895,694	

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
小型ポンピングス テーション	Pfeiffer社製	1	759,150	759,150	2011/5/13	東京工業大学
赤外線ゴールドイ メージ炉 放物面反 射型	RHL-P410C	1	945,000	945,000	2012/3/21	東京工業大学
赤外線ゴールドイ メージ炉 放物面反 射型	PHL-P410C	1	987,000	987,000	2011/5/2	東京工業大学
マニュアルプロ ーパー	アポロウエーブ社 製	1	989,100	989,100	2012/3/5	東京工業大学
デジタルオシロス コープ	テクトロニクス社 製	1	1,231,545	1,231,545	2011/9/26	東京工業大学
プレジジョン・ソー ス/メジャー・ユニ ット 他 1式	アジレント・テクノ ロジー社製	1	1,394,085	1,394,085	2011/11/8	東京工業大学
分光エリプソメー タ用高温ステージ	堀場製作所製	1	4,042,500	4,042,500	2011/8/19	東京工業大学
超高真空マルチ ターゲットスパッタ リング装置	エイコーエンジ ニアリング社製	1	33,248,250	33,248,250	2012/2/7	東京工業大学