

平成22年5月6日現在

研究種目：若手研究（A）
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20686021
 研究課題名（和文） 低消費電力・高精細大画面液晶テレビ用高性能ゲルマニウム薄膜トランジスタの開発
 研究課題名（英文） Development of Germanium Thin Film Transistor for Large Size Liquid Crystal Display with Low Electrical Power Consumption and High Definition
 研究代表者
 後藤 哲也（GOTO TETSUYA）
 東北大学・未来科学共同研究センター・准教授
 研究者番号：00359556

研究成果の概要（和文）：高性能液晶ディスプレイに用いるゲルマニウム系薄膜トランジスタの実現を目指し、シリコンゲルマニウム、ゲルマニウムの薄膜をマグネトロンスパッタにより成膜した。アルゴンプラズマの成膜では、基板温度 250℃以上で結晶化し、アルゴン水素プラズマによる反応性スパッタでは結晶化が阻害されアモルファス膜が得られた。トランジスタを試作した結果、結晶化した薄膜はトランジスタ動作をせず、反応性スパッタによるゲルマニウム薄膜ではトランジスタ動作することを見出した。

研究成果の概要（英文）：To realize high performance thin film transistor of germanium silicon system, those thin films were deposited by magnetron sputtering and evaluated. It is found that crystallization of those films is observed for the substrate temperature larger than 250℃ by Ar plasma sputtering, while that is prevented and amorphous film is obtained by Ar/H₂ plasma reactive sputtering. The transistor operation can be obtained for the Ar/H₂ reactive sputtering deposited germanium thin film, while that cannot be obtained for crystallized films.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	12,300,000	3,690,000	15,990,000
2009年度	3,300,000	990,000	4,290,000
年度			
年度			
年度			
総計	15,600,000	4,680,000	20,280,000

研究分野：電子工学

科研費の分科・細目：電気電子工学、電子・電気材料工学

キーワード：薄膜トランジスタ、ゲルマニウム、シリコンゲルマニウム、回転マグネトロンスパッタ

1. 研究開始当初の背景

薄型テレビのパネルサイズの大型化に伴い、画素書き込みを行う薄膜トランジスタ

(TFT:Thin Film Transistor) の高速化が今後ますます求められる。さらに低消費電力化及び高階調化のためには、TFT オフ時のリー

ク電流の低減とオン電流の増大を両立させる必要がある。同時に、生産現場では、パネル製造のコストを削減するために大型ガラス基板(現状で 2.88m×3.08m)を用いていることから、このような大型ガラス基板への TFT 製作を常に考慮する必要がある。

2. 研究の目的

上述の課題を解決するために、電子の移動度が高いゲルマニウム系薄膜(シリコンゲルマニウム、ゲルマニウム)の低温形成技術(400°C以下)をマグネトロンスパッタ成膜により確立し、高性能ゲルマニウム系薄膜トランジスタを実現する。薄膜形成には、申請者が考案した、超大型基板への均一成膜が容易に適用可能な回転マグネトロンスパッタ装置により行う。

3. 研究の方法

マグネトロンスパッタによりシリコンゲルマニウム、ゲルマニウムの薄膜を、基板温度とスパッタガス条件を変化させながら成膜を行う。結晶性(結晶の配向及び結晶化率)の温度依存性やガス条件依存性を調べる。欠陥が少なく、移動度の高い薄膜を実現するには、薄膜中のダングリングボンドを水素で終端することが重要であるから、通常アルゴンガスによるスパッタだけでなく、アルゴン水素プラズマによる反応性スパッタも行う。薄膜トランジスタを製作し、その性能を評価する。

4. 研究成果

シリコンゲルマニウム、ゲルマニウム、(及びリファレンスとしてシリコン)の薄膜を、熱酸化 SiO₂膜が 100nm 形成されたシリコン基板上にマグネトロンスパッタにより、基板温度を変化させて成膜した。図 1 に成膜した各薄膜の X 線回折スペクトル(XRD)を示す。全てアルゴンプラズマを用いて成膜した。シリコンゲルマニウムは、ゲルマニウムの割合は 80%程度である。

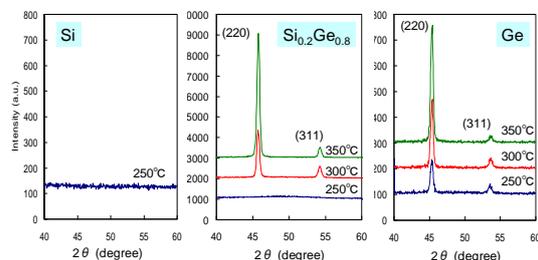


図 1

図より、シリコンゲルマニウムは 300°C程度より結晶化が起こり、主に(220)配向の X 線回折のピークが観察されることが分かる。一方ゲルマニウムにおいては、250°Cより(220)

配向のピークが観察され、より低温で結晶化が起こることが分かった。図 2 に、結晶化率の成膜温度依存性を、シリコンゲルマニウムとゲルマニウムについて示す。結晶化率はラマン分光法、及び分光偏光解析法(spectroscopic ellipsometry)により求めている(両者に良い相関があることは確認済み)。図 2 から、シリコンゲルマニウム、ゲルマニウムはそれぞれ 300°C、250°C程度から結晶化が起こっていることが分かる。また結晶化率は両者とも 50%程度であった。

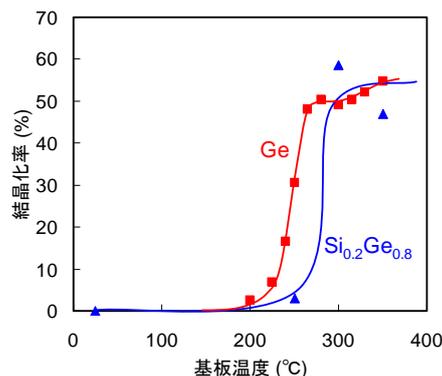


図 2

薄膜トランジスタの半導体層としてこれらの薄膜を用いる場合、移動度向上やオフリーク低減にとって、薄膜中のダングリングボンドを水素で終端することは極めて重要である。そこでアルゴンに水素を 20%混入させたアルゴン水素リアクティブスパッタによりゲルマニウムを成膜した。図 3 に、XRD の結果を示す。

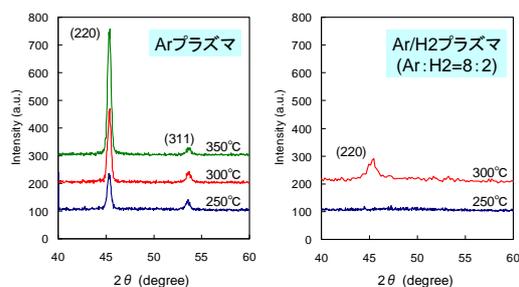


図 3

図 3 より、水素を用いたリアクティブスパッタを行うと結晶化が大幅に妨げられていることが分かる。250°Cでは結晶化せず、ほぼアモルファスの膜となっている。この原因については今後明らかにする必要がある。基板温度 350°Cでアルゴンプラズマにより成膜した結晶化した薄膜、及び基板温度 250°Cでアルゴン水素プラズマにより成膜したアモルファスの薄膜を用いて、図 4 に示すようなボトムゲート型の簡易薄膜トランジスタを作成した。表面に熱酸化膜が 100nm 形成され

た低抵抗 p+-Si 基板を用い、この熱酸化膜をゲート絶縁膜とし、バルクの低抵抗 Si をゲート電極とした。

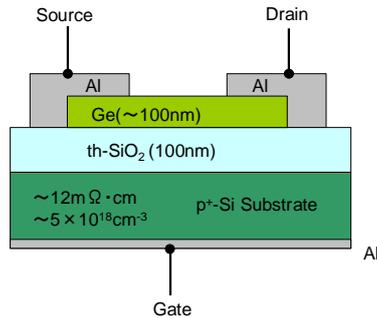


図 4

シリコン基板の抵抗は $12\text{m}\Omega\text{cm}$ である。熱酸化膜上に、ゲルマニウムを 100nm 形成し、アイランドのパターニングをフォトリソグラフィにより行い、その後ソース/ドレインとなるアルミニウム配線を、蒸着とフォトリソグラフィにより形成した基板裏面にもアルミニウムを蒸着し、このアルミニウムを介してゲート電極となる基板に電圧を印加できるようにした。図 5 に、作成した薄膜トランジスタの $I_d\text{-}V_d$ 特性を示す。図 5(a) は基板温度 350°C のアルゴンスパッタ、図 5(b) は基板温度 250°C のアルゴン水素リアクティブスパッタの場合である。

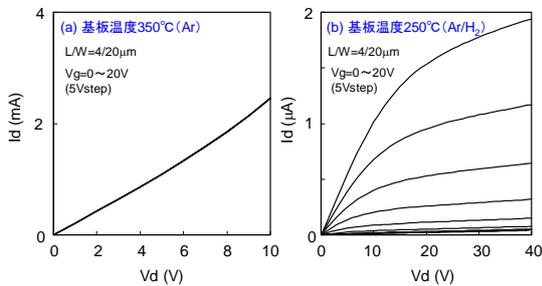


図 5

図より、結晶化した薄膜は整流特性が得られずトランジスタとなっていないことが分かる。一方、反応性スパッタによるゲルマニウム薄膜では、 $I_d\text{-}V_g$ 特性より求めた移動度が $0.03\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 程度、オンオフ比は 100 程度と、現状技術のアモルファス Si 薄膜トランジスタの性能には及ばないが、トランジスタ動作していることが分かる。この結果より、水素ガスを用いた反応性スパッタの優位性が明らかとなった。今後、Ar 水素プラズマ条件の最適化や、ポスト水素ラジカル処理の導入等で更なる性能向上を目指していく予定である。

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 3 件)

(1) Tetsuya Goto, Takaaki Matsuoka and Tadahiro Ohmi, “Rotation Magnet Sputtering: Damage-Free Novel Magnetron Sputtering Using Rotating Helical Magnet with Very High Target Utilization”, Journal of Vacuum Science & Technology A, J. Vac. Sci. Technol. A, 27, 2009, pp. 653-659. 査読有

(2) Akihiko Hiroe, Tetsuya Goto, Akinobu Teramoto, and Tadahiro Ohmi “Deposition of Microcrystalline $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ by RF Magnetron Sputtering on SiO_2 Substrates”, Jpn. J. Appl. Phys. 48 (2009) pp. 04C124-1-04C124-6. 査読有

(3) A. Hiroe, T. Goto, A. Teramoto, and T. Ohmi, “Microcrystalline $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ Deposited by Magnetron Sputtering”, ECS Transactions Vol.16 No.9 Thin Film Transistors 9, pp.183-192, October 2008. 査読有

〔学会発表〕 (計 3 件)

(1) T. Goto, N. Seki, T. Matsuoka, T. Ohmi, “Damage-Free, Uniform and High-Target-Utilization Novel Magnetron Sputtering Plasma Source by Rotating Helical Magnet”, AVS 56th International Symposium & Exhibition, pp. 133, San Jose, November 12th 2009.

(2) Akihiko Hiroe, Tetsuya Goto, Akinobu Teramoto, and Tadahiro Ohmi, “Micro Crystalline $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ Deposited by Magnetron Sputtering”, PACIFIC RIM MEETING ON ELECTROCHEMICAL AND SOLID-STATE SCIENCE (PRIME2008) The Electrochemical Society, Meeting Abstracts, Abs. 2284 CD-ROM, Honolulu, Hawaii, October 14th 2008.

(3) Akihiko Hiroe, Tetsuya Goto, Akinobu Teramoto, and Tadahiro Ohmi, “ $\mu\text{c-Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ Deposition on SiO_2 by RF Magnetron Sputtering”, Extended Abstracts of the 2008 International Conference on SOLID STATE DEVICES AND MATERIALS, pp. 566-567, Tsukuba, September 25th 2008.

○出願状況 (計 8 件)

名称：マグネトロンスパッタ装置

発明者：大見忠弘、後藤哲也、松岡孝明

権利者：国立大学法人東北大学、東京エレクトロ

トロン(株)
種類：特許
番号：2009-7020501
出願年月日：2009年9月30日
国内外の別：海外（韓国）

名称：マグネトロンスパッタ装置
発明者：大見忠弘、後藤哲也、松岡孝明
権利者：国立大学法人東北大学、東京エレクトロン(株)
種類：特許
番号：12/593.660
出願年月日：2009年9月29日
国内外の別：海外（米国）

名称：マグネトロンスパッタ装置
発明者：大見忠弘、後藤哲也、松岡孝明
権利者：国立大学法人東北大学、東京エレクトロン(株)
種類：特許
番号：112008000765.9
出願年月日：2009年9月23日
国内外の別：海外（ドイツ）

名称：マグネトロンスパッタ装置
発明者：大見忠弘、後藤哲也、松岡孝明
権利者：国立大学法人東北大学、東京エレクトロン(株)
種類：特許
番号：200880009416.2
出願年月日：2009年9月22日
国内外の別：海外（中国）

名称：マグネトロンスパッタ装置
発明者：大見忠弘、後藤哲也、松岡孝明
権利者：国立大学法人東北大学、東京エレクトロン(株)
種類：特許
番号：PCT/JP2009/066220
出願年月日：2009年9月17日
国内外の別：海外（PCT出願）

名称：マグネトロンスパッタ装置
発明者：大見忠弘、後藤哲也、松岡孝明
権利者：国立大学法人東北大学、東京エレクトロン(株)
種類：特許
番号：200880008619.X
出願年月日：2009年9月16日
国内外の別：海外（中国）

名称：マグネトロンスパッタ装置
発明者：大見忠弘、後藤哲也、松岡孝明
権利者：国立大学法人東北大学、東京エレクトロン(株)
種類：特許
番号：12/531.515

出願年月日：2009年9月16日
国内外の別：海外（米国）

名称：回転マグネトロンスパッタ装置
発明者：大見忠弘、後藤哲也
権利者：国立大学法人東北大学、東京エレクトロン(株)
種類：特許
番号：特願 2009-118169
出願年月日：2009年5月15日
国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

後藤 哲也 (GOTO TETSUYA)
東北大学・未来科学共同研究センター
・准教授
研究者番号：00359556

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：