

Title	Optoelectronic Properties of Hydrogenated Amorphous Silicon Alloys and Their Application to X-ray Sensors
Author(s)	魏, 光普
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39680
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	うゑい 魏 光 普
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 5 8 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 8 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	Optoelectronic Properties of Hydrogenated Amorphous Silicon Alloys and Their Application to X-ray Sensors (水素化アモルファスシリコン合金の光電物性とその X 線センサーへの応用)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 浜川 圭弘 (副査) 教 授 奥山 雅則 教 授 岡本 博明

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は水素化アモルファスシリコンとその合金の製膜技術について研究し、その光電物性について一連の基礎的研究を行い、次で集積型 X 線センサーへの応用に関するデバイス物性とそのシステムについての系統的研究をまとめたものである。

第 1 章ではまずアモルファスシリコン系半導体材料とそのデバイスをめぐる研究開発の歴史的な背景と今日までの発展の経緯を概観する。その流れの中で、アモルファスシリコン系合金（特に $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x$ ）の光電物性とそのセンサー技術や発光素子などへの応用に注目し、本論文の意義と目的を明らかにする。

第 2 章では、結晶シリコンと比べ、良い光電物性を有するアモルファスシリコン ($a\text{-Si}$) とアモルファスシリコンカーバイド ($a\text{-SiC}$) 薄膜の製作技術の、発展の歴史と本研究で用いられた低温プラズマ CVD 法を述べる。 $a\text{-Si}$, $\mu\text{c-Si}$ 及び $a\text{-SiC}$ 膜の製作条件（原料ガスの種類と濃度, RF パワー, 基板温度, ドーピングガスなど）と得られた薄膜の物性との相互関係を検討し, X 線センサーと発光素子 ($a\text{-SiC LED}$) への応用のための最適な製作条件を探した。

第 3 章では、作製した $a\text{-Si}$, $a\text{-SiC}$ の薄膜の構造を評価するとともに、薄膜の吸収係数, バンドギャップ, 暗電導率, 光電導率などを測定し, これらの薄膜の光電物性の組成と製作条件の依存性を明らかにした。X 線センサーと発光素子への応用において重要なアモルファスシリコン系合金の光電物性を述べた。特に薄膜のバンドギャップの調整, ドーピングによる導電率と価電子 (p-型と n-型) 制御に言及する。

第 4 章では、半導体放射線センサーの原理を概説し, アモルファスシリコンにおいて X 線フォトン励起によるキャリア生成の量子効率を計算し, $a\text{-Si}$ の X 線光伝導測定結果と比較検討した。さらに直接 X 線起電力型 $a\text{-Si p-i-n}$ X 線センサーの設計と作製方法を述べた。この種類の X 線センサーの出力電流の X 線照射強度依存性を測定し, その期待される応用分野について言及した。

第 5 章では、蛍光物質（シンチレーター）と $a\text{-Si p-i-n}$ フォトダイオードを組み合わせた。間接光起電力型 $a\text{-Si X 線センサー}$ を提案した。その基本的な構造と設計仕様, 作製方法を述べた。高感度の X 線センサーを得るためには $a\text{-Si p-i-n}$ セルの分光感度と蛍光物質の発光スペクトルを合わせることが必要である。 $a\text{-Si p-i-n}$ セルの i 層の厚みを調整し, セルの分光感度のピークと蛍光物質の発光スペクトルの合わせる方法を検討した。不純物のドーピングにより CdWO_4 シンチレーターの発光スペクトルのピーク調整方法を考案した。 $a\text{-Si p-i-n}$ フォトダ

イオードの感度を改善し、高感度の X 線センサーを作るために、RF プラズマ CVD 法により作製された a-SiC と μ c-Si をそれぞれ窓層と裏面層として使用し、p, i, n 各層の厚さの最適化設計が重要な技術であることを確認した。

a-Si X 線センサーの実用性を調べるために CdWO₄ シンチレーターと a-Si p-i-n フォトダイオードを組み合わせ、16チャンネルの集積型 X 線センサーを作製し、このセンサーの感度、応答時間などの性能パラメータを測定した。次に島津製作所 SCT-100N 型 X 線 CT 断層撮影装置への適用を試み、人間の頭部を模擬したファントムの鮮明な X 線 CT 画像が得られ、実用化できることを確認した。

第 6 章では、高純度結晶シリコンウェハーを i 層（厚み 0.5mm）とし、表面には p 型 a-SiC をそして、裏面には n 型 a-Si を形成した。pa-SiC/c-Si/n⁺a-Si 型の X 線センサーを試作し、このセンサーのダイオード特性や X 線感度などの特性を測定した。このセンサーではアモルファスの p と n 層が低温形成されることから、結晶シリコンウェハーの少数キャリア寿命に悪影響を与えることがなく、高い X 線感度を得られた。

第 7 章は本研究の総括として、本研究で得られた成果をまとめ、今後の課題について検討する。

論文審査の結果の要旨

水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) はその優れた光電物性に加え、300℃以下と云う低温プロセスで堆積が可能のため、太陽電池や薄膜トランジスタ (TFT) をはじめさまざまな薄膜デバイス用新素材として、近年その応用分野が広がりつつある。本論文は a-Si:H とその炭化合金の集積型 X 線センサーへの応用に関する一連の研究をまとめたものである。

本文では、まずプラズマ CVD 法による a-Si:H、 μ c-Si 及び a-SiC 膜の製作条件（原料ガスの種類と濃度、RF パワー、基板温度、ドーピングガスなど）と得られた薄膜の物性との相互関係を検討し、これらの新素材薄膜の価電子制御性、光吸収係数、バンドギャップ、暗導電率、光導電率などを測定し、これらの薄膜の光電物性の組成と製作条件の依存性を明らかにした。次いで、a-Si:H 膜に対して、X 線フォトン励起によるキャリア生成の量子効率を計算し、a-Si の X 線光伝導率測定結果と比較検討した。さらに直接 X 線励起型 a-SiX 線センサーの設計と作製方法について研究し、この種類の X 線センサーの出力電流の X 線照射強度依存性などの基礎データを求め、その結果から a-Si:H が X 線センサー用材料として有望であることを明らかにした。

これらの基礎データに基づいて、蛍光物質（シンチレーター）と a-Si p-i-n フォトダイオードを組み合わせた間接 X 線励起型 a-Si X 線センサーを提案し、その基本的な構造と設計仕様、作製方法について研究した。まず高感度の X 線センサーを得るためには a-Si p-i-n セルの分光感度と蛍光物質の発光スペクトルを合わせることが必要である。この目的のために a-Si p-i-n セルの i 層の厚みを調整し、さらに不純物ドーピングにより CdWO₄ シンチレーターの発光スペクトルのピークシフトを利用するとともに a-SiC と μ c-Si をそれぞれ窓層と裏面層としたセル構造のデバイスを開発し、その最適化設計を行った。次いで、この設計に基づく 16 チャンネルの集積型 X 線センサーを作製し、このセンサーの感度、応答時間などの性能パラメータを明らかにするとともに X 線 CT 断層撮影装置への適用を試み、鮮明な X 線 CT 画像がえられることを確認し、その実用性を実証した。一方、これとは別に、高純度結晶シリコンウェハーを i 層（厚み 0.5mm）とした pa-SiC/c-Si/n⁺a-Si 型の X 線センサーを試作し、このセンサーのダイオード特性や X 線感度などの特性を測定した。このセンサーではアモルファスの p と n 層が低温形成されることから、結晶シリコンウェハーの少数キャリア寿命に悪影響を与えることがなく、高い X 線感度を得られることを明らかにした。

以上の研究成果は、低コスト、高性能集積化 X 線センサーの技術開発に先駆的な貢献をしたものであり、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。