



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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	魏光普
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第12587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-Si_{1-x}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-Si)とアモルファスシリコンカーバイド(a-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-Si, μc-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、X線センサーと発光素子(a-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-Si, a-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-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-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-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-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。a-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CdWO₄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-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°C以下と云う低温プロセスで堆積が可能なため、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ヤ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。