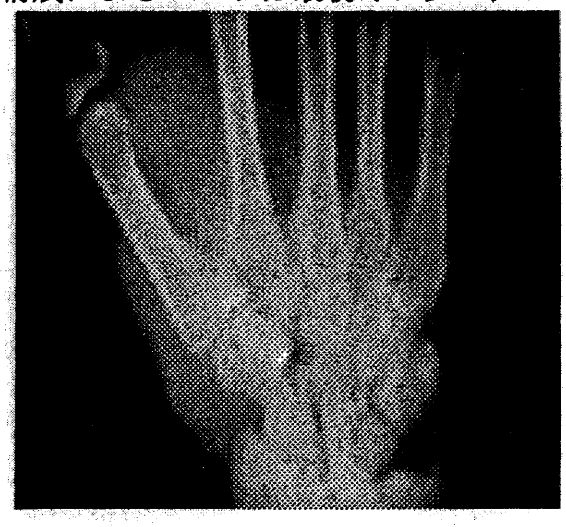
岐阜大学機関リポジトリ
Gifu University Institutional Repository

カルコゲンガラスのX線誘起欠陥の制御 ： 医用大面積デジタルX線センサに向けて

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2008-03-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 嶋川, 晃一 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/680

1. 研究の目的と背景

近年のコンピュータやそのネットワークの急速な進歩とあいまって、X線画像分野においてもデジタル画像デバイスの開発が強く求められる。新しい候補はThin-film transistor (TFT)パネルにX線に対して敏感なアモルファス・セレン(a-Se)薄膜を搭載したものになると思われる。入射したX線を感知し電気信号に変えるのがa-Seの役割であり、TFTはX線変換層(a-Se)で捕らえられた信号を電気的に読み出す役割をもつ。上記の構成によるセンサは最初カナダのグループによって提案され[J.A. Rowlands and S.O. Kasap, Physics Today 50 (1997) 241]、わが国では島津製作所が精力的に開発に取り組んでいる[安達ら、島津評論 57 (2000) 1792]。



写真はカナダのグループによって得られた“手”の画像である。現在４０×４０ｃｍ^{2}の大きさのデバイスまでたどりついている。現在４０×４０ｃｍ^{2}の大きさのデバイスまでたどりついている。将来、リアルタイムで大面積の透視（脳や胸などのCT画像）を得るには、（１）X線による劣化（感度がX線照射とともに低下)、（２）応答に十数秒の遅れが出る（残像)、(3)大面積化、などの高いハードルを越えねばならない。

アモルファス半導体、とりわけアモルファスシリコン、の“光”による欠陥生成は“光デバイス”（たとえば太陽電池）の性能を低下（劣化）させるので、その究明と対策に多くの研究者が取り組んできた[たとえば申請者らの総説、K. Shimakawa, A. Kolobov, and S.R. Elliott, Advances in Physics 6 (1995) 475-588]。勿論、X線のような高エネルギー・フォトンは直接感光体を構成する原子（ここではSe）の内殻電子を励起するので、“光”励起と本質的に同じであるはずがないかも知れないが（可視光付近の光励起では原子を構成する外殻電子だけが励起)、“光劣化”で蓄積されたこれまでの知識、手法をもとにして“X線劣化”の原因究明にむけての研究を緒につけるべきだと考えた。

本研究では、“光劣化”での申請者の経験を活かし、“X線劣化”現象のダイナミックス（機構）を基本から調べ、上記（１）－（３）までの問題を体系的に研究しようとするものである。特に、(i)X線の強度と感度低下（劣化）の関係、(ii)X線量（フォトン数）と欠陥数の関係：量子効率、(iii) 応答時間と欠陥数の関係などの定量関係を調べることを主目的とした。

2. 研究計画

本研究目的を達成するため、2年間のスパンで以下の実験計画をたてた。アモルファス・カルコゲンの代表的材料である、Se、As_2Se_3 を評価材料の中心にした。必要に応じて（比較検討)、シリコン系材料もターゲットにする。

（1）X線の強度と感度低下（劣化）の関係

（2）X線量（フォトン数）と欠陥数の関係すなわち欠陥生成の量子効率を実験から得る

（3）光生成欠陥の量子効率と比較

（4）欠陥生成と応答時間の遅れ

（5）光構造変化（体積変化とバンドギャップ変化など）との関係：X線による同種の変化が観測されるか？

3. 研究成果の概要

研究計画（1）－（5）の順に従い、結果（成果）の概要を記す。

（1）TFT、1ピクセル当たりの電圧で感度を定義する：感度は照射時間とともに、拡張指数関数と呼ばれる、$A\exp[-(t/\tau)^{\beta}]$、で表現されることがわかった。ここで、AはX線強度に比例する定数、τ は”実効的“緩和時間、β は分散パラメータと呼ばれる定数である。t は時間（秒）である。X線の標準的強度では t は 100 秒、βは 0.7 程度となる。この関数はアモルファス半導体のような不規則系に特有に現れ、現在、ダイナミックスを検討中であるが、空間電荷のランダムな分布と関係することがわかりつつある（学術雑誌に投稿準備中)。

（2）欠陥数を実験から見積もるには種々の方法が考えられる。簡便な方法は光伝導度の測定であり、欠陥生成の量子効率などを評価する方法を確立中であり、X線照射にも同様に応用できるよう検討を加えた。アモルファス半導体（Se を含む）における、欠陥生成の量子効率（一個のフォトンが何個の欠陥を生成するか）を簡単に評価する方法を示した。研究発表（2，5－7，12）がこれらの事項に関係している。

ここが、本研究の大切なところであるが、当初の予想に反し、X線の照射によって、特に“欠陥”は新たに生成しないようである。応答時間（数秒単位）も欠陥の生成と関係しないように思われる。これらと関係する研究発表は（2)、(4)，(5）と（12）である。

（３）光生成欠陥の量子効率と比較はしたがって意味のないこととなった。
（４）欠陥生成と時間応答についても同様である。
（５）構造変化を伴うのか？　この問いにはまず、光（バンドギャップ光：数eV）で生じる効果のダイナミックスを明確にしておく必要がある。光照射によって、構造に生じる変化のダイナミックス（時間変化）を詳しく調べた。研究発表（１，８，１０，１２）が関連論文である。X 線照射と構造変化の相関は、現在のところ、テーマ（３）、（４）ほどはっきりしない。引き続き研究の続行を行っているところである。

４．展望と残された課題

光伝導、電子スピン共鳴、光ルミネッセンスの手法をすべて使って、X線による新たな欠陥生成を観察しようとした。結果は前に述べたように新たな生成はない。したがって、画像劣化や、時間応答の遅れは次に述べるような原因と考えられる。

（１）X線照射前のＳｅフィルムに固有に存在する欠陥によりフリーキャリア、自由正孔、自由電子（X線誘起）の捕獲がおきる。
（２）フリーキャリア捕獲によって生じる“空間電荷”が高い内部電場（外部電場と逆向き）を誘起する。

このような“内部電場（今のところ仮説）”と、X線画像の劣化、画像応答の関係を調べるには。１）弱光励起によってフリーキャリアを（欠陥生成に寄与しないほどの）生成、捕獲させ、その内部電場を表面電位から推定、評価する。２）モデル計算を行い、上記仮説の検討を行う。などの継続的実験研究が望まれる。これらの研究が完結すれば、X線画像の“劣化”と画像の時間応答の遅れの真の原因に迫ることができるはずである。

以下には本科学研究費の援助で得られた成果である、発表論文を掲載する。印刷中（２００４年）のものには“印刷中”と記してある。