

(様式第4号)

実施課題名※半導体蓄電池の光誘起相変化過程の小角散乱測定

Small angle scattering measurement of photo induced structural change of semiconductor secondary battery

著者氏名 梶山博司

English Hiroshi Kajiyama

著者所属 広島大学

English Hiroshima University

※長期利用課題は、実施課題名の末尾に期を表す (I)、(II)、(III) を追記すること。

1. 概要

Mg-Sn系酸化物の電荷分布状態に及ぼす紫外線照射の影響を、小角散乱測定により調べた。その結果、膜内の電荷分布には配向性、規則性は認められなかった。

(English)

The effects of UV irradiation on the charge distribution of Mg-Sn oxide films were investigated by using small angle scattering spectroscopy. No preferred orientation was observed in the film.

2. 背景と研究目的：

実験の概要 (注：背景、本課題の狙いと特色等を具体的に記入)

背景：

低炭素化社会実現のために再生可能なエネルギーデバイスの開発が急務になっている。本研究は、ワイドギャップ半導体において新規に発見された蓄電作用のメカニズム解明を目的としている[1]。本半導体はマグネシウムと亜鉛を主成分とするノンレアメタル元素で構成されており、将来にわたって安定的な原料調達が可能である。しかも、蓄電池性能の指標であるエネルギー密度は 1200Wh/kg (リチウムイオン電池は 200Wh/kg) と極めて高く、次世代蓄電池として大きなポテンシャルがある。

本半導体材料において蓄電作用が発現するためには、バンドギャップエネルギーよりエネルギーの大きな光 (紫外線) 照射が不可欠である。このことから、本材料では何らかの光誘起構造変化が示唆されるが、それが材料全体のものなのか、あるいは特定の元素周囲の局所的な構造変化なのかは不明である。さらに、蓄電作用の発現メカニズムも不明であり、3次元構造に起因するものなのか、低次元系に特有な電子局在化によるものなのか、あるいはその他のメカニズムによるのか不明である。

本研究の目的は、半導体の中距離秩序に及ぼす紫外線照射の影響をX線小角度散乱測定により明らかにすることである。

本課題の狙いと特色：

本課題で扱う多元系ワイドギャップ半導体では、光誘起構造変化を経ることではじめて、蓄電作用が発現することが確認されている。しかしながら、非平衡固体ダイナミクスの詳細、すなわち、励起

電子がどのように格子を歪ませ、どのようにして結晶あるいはアモルファス構造は変化していくのか、最終的に高密度な電子蓄積状態がどのようにして安定化されるのかという点は、全く明らかになっていない。

さらに本半導体で特徴的なことは、熱処理により蓄電作用は一旦消失するものの、室温での紫外線照射により蓄電特性が再発現することである。すなわち、光照射に起因する構造変化は可逆的であることが分かる。光誘起構造緩和を起す系として、カルコゲナイドガラスや水素化アモルファスシリコンなどが知られている。しかしながら、これらの系での構造緩和は不可逆的であり、しかも蓄電作用を発現するまでの高密度の電子トラップ状態が生じることはない。すなわち、本研究が対象とするワイドギャップ半導体における光誘起構造変化と蓄電作用は、従来の材料系では知られていない特異現象であり、そのメカニズム解明は蓄電池としての性能向上、新規材料系探索を進める上で不可欠であると同時に、新しい物理概念につながる可能性も含んでいる。

光誘起構造変化には本材料の構造的なゆらぎが関係していることも考えられるの。本課題では、構造揺らぎと紫外光照射の関係をX線小角散乱測定により解析する。

3. 実験内容（試料、実験方法の説明）

測定試料：MgSn系酸化物薄

紫外線照射時間：0, 10, 20, 60分

小角度散乱測定：

- ・入射X線：8keV
- ・入射角：1.5度
- ・2次元計測：イメージングプレート（IP）

測定ビームライン：BL-11

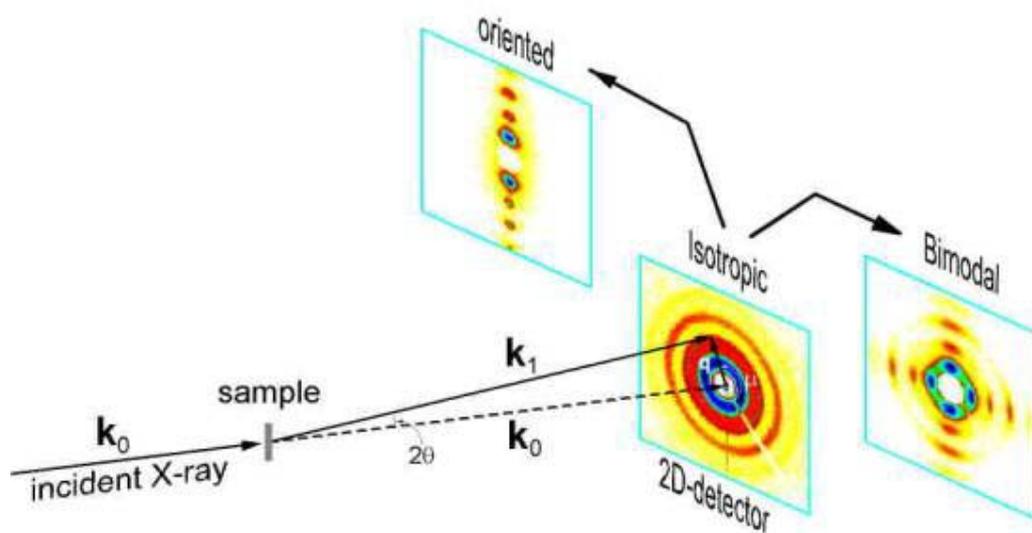


図1 小角散乱測定系

4. 実験結果と考察

図 2 に、紫外線照射なしの試料のイメージングプレート測定結果を示す。紫外線照射を 10, 20, 60 分照射した試料の小角散乱データも同様に測定した。解析では、白枠内を積分した。紫外線照射した試料についても同様の I P 像を測定した。I P 像からは、電荷分布の配向性、規則性、周期性は求められない。

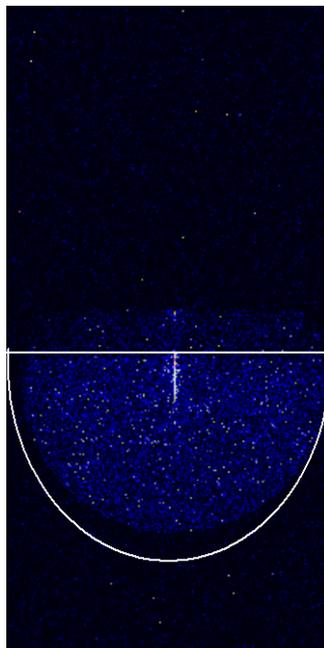


図 2 イメージングプレート測定結果 (紫外線照射なし)

図 3 に、小角散乱に及ぼす紫外線照射時間の影響を示す。

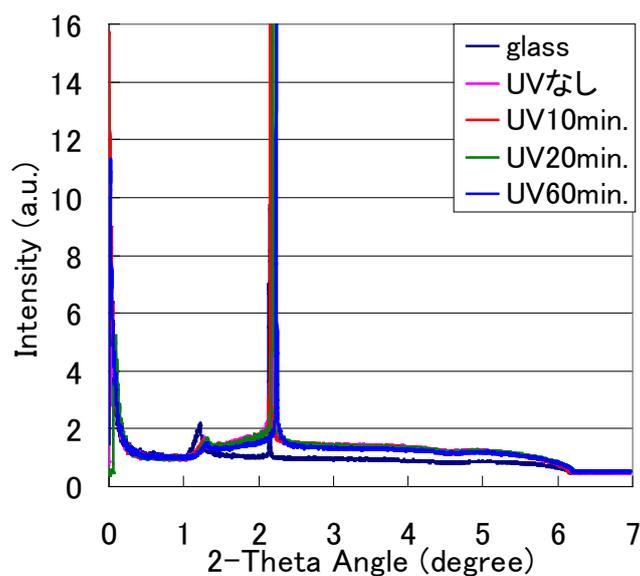


図 3 小角度散乱に及ぼす紫外線照射時間の影響

紫外線照射にともない、小角散乱プロファイルが変化することが明らかになった。紫外線照射によって形成される電荷分布状態については、現在解析を進めている段階である。

5. 今後の課題

我々のこれまでの測定によって、紫外線照射によって、薄膜内部に蓄積される電荷量は増加することは既に明らかになっている。小角度散乱プロファイルの紫外線照射時間依存性から、電荷分布状態について明らかにしたい。

6. 論文発表状況・特許状況

なし。

7. 参考文献

中澤明、“電子移動型着色ディスプレイ”、ITE Technical Report Vol.31, No.9, PP-13～16, IDY2007-41・2007.

8. キーワード（試料及び実験方法を特定する用語を2～3）

- ・蛍光 X 線

X線を物質に照射したときに原子の内殻軌道の電子が励起放出されて、元の軌道には空軌道が生成する。空軌道に高い準位の電子が移るときに放射される特性X線のこと。

- ・蓄電池

電気を蓄える機能があり、充放電過程を繰り返し行える電池のこと。