

(様式第 5 号)

実施課題名: MgO 基板に挟まれた Cu₂O 薄膜の膜質評価
English: Quality Evaluation of Cu₂O thin films sandwiched by MgO plates

著者・共著者 氏名 岩満一功^A、切通愛莉紗^B、郡司昂弥^B、赤井一郎^C
English K. Iwamitsu^A, A. Kiridoshi^B, K. Gunji^B, I. Akai^C

著者・共著者 所属 ^A熊大理、^B熊大院自然、^C熊大パルス研
English ^AFaculty of Science, ^BGSST, ^CIPPS, Kumamoto University

- ※ 1 先端創生利用（長期タイプ）課題は、実施課題名の末尾に期を表す（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）を追記してください。
- ※ 2 利用情報の公開が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後 2 年以内に研究成果公開〔論文（査読付）の発表又は研究センターの研究成果公報で公表〕が必要です（トライアルユースを除く）。
- ※ 3 実験に参加された機関を全てご記載ください。
- ※ 4 共著者には実験参加者をご記載ください（各実験参加機関より 1 人以上）。

1. 概要（注：結論を含めて下さい）

我々は MgO (100)基板上にエピタキシャル成長させた Cu₂O 薄膜試料における結晶成長モードを同定するために、X 線回折における In-Plane 測定から Cu₂O (220)の格子面間隔を調べた。その Cu₂O (220)の In-Plane 測定データより、2つの異なる格子面間隔(ピーク値: 62.32°, 62.44°)が見積もれ、バルク結晶における格子面間隔よりも小さいことから圧縮性応力が印加されることが分かった。一方、これらの2種類の圧縮性応力は J. Lumin. **167**, 211 (2015)に報告される Cu₂O 薄膜の結晶成長モデルの格子歪の見積もりから、それぞれ MgO(100)単位胞上に Cu₂O (100)の単位胞が乗る場合と MgO (100)基板の主軸に対して 45°傾いて Cu₂O(110)が乗る場合の異なる結晶成長モードで判別・同定される。

(English)

We investigate lattice spacings of Cu₂O (220) by its in-plane method of x-ray diffraction to identify two growth modes in the Cu₂O (220) thin film on a MgO (100) substrate. By the in-plane method, the diffraction peaks of Cu₂O (220) are estimated to be 62.32, 62.44 degrees and their compressive stresses are applied to Cu₂O (220) due to the smaller lattice spacings than those of the Cu₂O bulk crystal. Furthermore, the two growth modes from lattice spacings can be identified as described in J. Lumin. **167**, 211 (2015).

2. 背景と目的

Cu₂O における 1S パラ励起子は励起子ボーズ・アインシュタイン凝縮(BEC)の実現可能な系であり、高密度励起条件下での励起子 BEC 実現には Cu₂O 試料中に浅い励起子ポテンシャルトラップを形成する必要があることが報告されている[1]。そのポテンシャルトラップを形成するのに Cu₂O 単結晶では試料に対して一軸性応力を印加されることで実現した[2]。だが、本研究の MgO 基板に挟まれた Cu₂O 薄膜では2つの僅かな格子定数差を利用することで励起子ポテンシャルトラップを形成しており[3]、図 1(a), 1(b)に示されるような2つの異なる成長モードが観測されると期待できる[4]。

我々は本試料の X 線回折における In Plane 測定から、

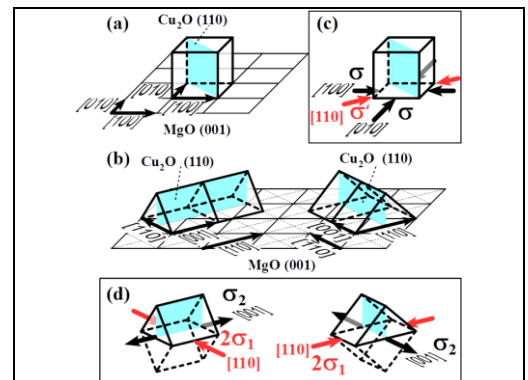
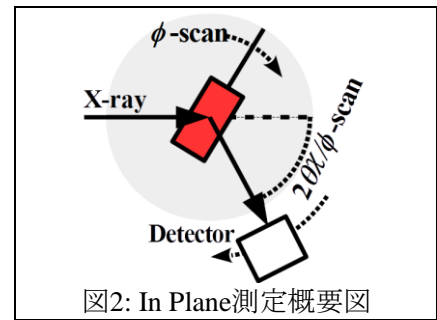


図1: Cu₂O薄膜試料の各結晶成長モードと、印加される応力の概要図[1]

Cu₂O(220)の格子面間隔の見積もりとこれらの成長モードの同定に取り組むことを目的とした。

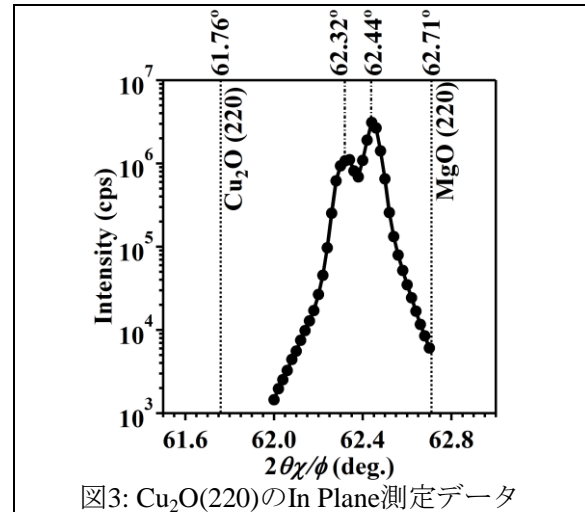
3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

本実験では、MgO(100)基板に挟まれたCu₂O薄膜に対し片側のMgO基板を剥がした試料(Cu₂O/MgO)を研究対象とした。その試料に関して、デバイリングの測定・Out-of-Plane測定により2θの確認、反射率測定による試料仰ぎ角ωの決定、φ-スキャンによる試料の対称性チェック、2θχ-スキャンによる最適化を経て、図2に示すIn-Plane測定の2θχ/φ-スキャンを行った。その実験結果における2θχ/φ-スキャンデータよりCu₂O(220)の格子面間隔を見積もり、その結果が図1(a), (b)のどの結晶成長モードに相当するのかを同定した。



4. 実験結果と考察

図3に本実験におけるCu₂O(220)のIn Plane測定データを示す。図3にて、折れ線とマーカーが実験値であり、縦破線はそれぞれCu₂O(220), MgO(220)バルク結晶の格子定数に相当し、縦一点鎖線は実験値におけるピーク値を示した。図3を見てわかるように、スペクトルのピークは2つ観測されており、それらのピークはCu₂O(220)バルク結晶の格子定数に対し高角度側にシフトしていることが分かる。この結果より本試料のCu₂O(220)の格子面間隔が小さくなる、圧縮性応力が生じていると考えている。



一方で、図1(a), (b)において、Cu₂O(220)は水色領域に相当しており、赤矢印に示されるように圧縮性応力に相当すると考えられる。これは実験データにおける高角度側シフトと理にかなっている。さらに、2つのスペクトルピーク値(62.32°, 62.44°)でバルク結晶との格子歪の見積値と図1(a), (b)における格子定数による歪の見積値と対応させることで、図1(a)は62.32°, 図1(b)は62.44°に同定される。

5. 今後の課題

Cu₂O(220)のIn Planeデータに関してはこの理解で説明できたが、Cu₂O(200)に関しても同様の枠組みで理解できることが期待される。今回の測定でもトライしたが、MgO(200)由来のピークが強いのと、試料表面の粗さ等の問題から自己矛盾のないデータがきちんと測定できなかった。今後は、良質な薄膜結晶を用いる、試料表面を研磨するなどの工夫を施して行うことを検討している。

6. 参考文献

- [1] K. Yoshioka, E. Chae and M. Kuwata-Gonokami, Nat. Commun. **2**, 328 (2011).
- [2] N. Naka and N. Nagasawa, Phys. Rev. B **70**, 155205 (2004).

7. 論文発表・特許 (注: 本課題に関連するこれまでの代表的な成果)

- [3] K. Iwamitsu, S. Aihara, A. Ota, F. Ichikawa, T. Shimamoto, and I. Akai J. Phys. Soc. Jpn. **83**, 124714 (2014).
- [4] S. Aihara, A. Ota, K. Iwamitsu, F. Ichikawa, H. Isobe, T. Shimamoto and I. Akai, J. Lumin. **167**, 211 (2015).

8. キーワード (注: 試料及び実験方法を特定する用語を2~3)

Cu₂O(220)、In-Plane測定、圧縮性応力

9. 研究成果公開について (注: ※2に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消してください。また、論文(査読付)発表と研究センターへの報告、または研究成果公報への原稿提出時期を記入してください(2016年度実施課題は2018年度末が期限となります)。長期タイプ課題は、ご利用の最終期の利用報告書にご記入ください。

- ① 論文(査読付)発表の報告 (報告時期: 2018年12月)