

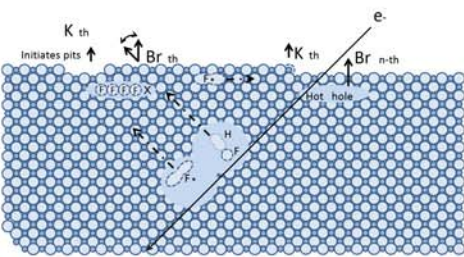
電子刺激脱離アルカリハライド表面に形成される矩形ピットサイズの評価手法の検討

1. はじめに

電子刺激脱離(ESD)したアルカリハライド表面

電子線照射によって表面原子が脱離したアルカリハライド表面には、電子線照射量が少ない時に単原子層深さの矩形ピットが生じ、照射量の増加とともにその数も増えるがピットのエッジ原子が脱離サイトとなるためピットサイズが大きくなっていく。また、表面原子が脱離するのに応じて脱離原子の収量は振動し、振動の1周期は表面が1原子層剥がれたことに対応することが知られている¹⁾。

1) M. Szymanski et. al.: Prog. Surf. Sci. 67(2001)123-138



電子線照射により、
一原子層深さの矩形ピットが形成される
照射量を増やすとピットが連結して、
二層毎、層状に剥離する

配位数の少ないエッジ部から優先的に脱離

提案されている脱離機構

電子線照射により、結晶内部で生成した欠陥のうち、励起したFセンターが固体内を動き、表面に到達するとステップなどの低配位位置から優先的に原子を脱離させることで、表面が層状に脱離する。

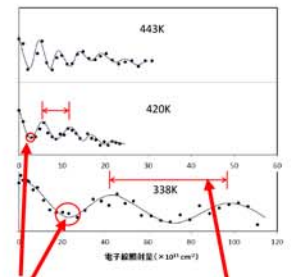
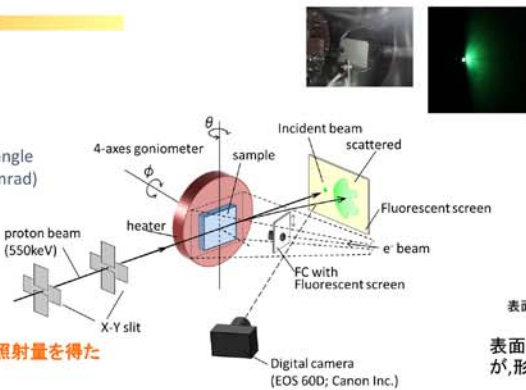
本研究

我々は、アルカリハライド表面に陽子を斜入射し、散乱陽子の強度を観察するシステムを開発し、実験を行っている。陽子の散乱強度は、表面のピットの数やサイズに応じて結晶表面で大きな角度に散乱される割合が変化する。このため、層状脱離の振動周期と同じ周期で振動する。電子線照射の条件やアルカリハライド試料を変えて層状脱離の振動周期を測定することで、固体内部で生成した欠陥の拡散や表面原子の挙動を調べていくことを目標としている。本研究では表面に形成されるピットサイズの違いが陽子散乱に及ぼす影響を検討した。

2. 実験

斜入射陽子散乱実験

- projectile: H^+ (550 keV)
 - sample: KBr(001), 420 K
 - electron irradiation: 1 keV ($< 0.1 \mu A/cm^2$), at 45° incidence angle
 - channeling condition: 鏡面反射(表面面チャネリング) ($\theta_i < 10$ mrad) ランダム入射 ([100]から100mrad off)
 - base pressure: $\sim 10^{-7}$ Pa
- 蛍光板にあらわれる散乱パターンを写真撮影(10-30枚, 露光 30 s)
各ピクセルのRGB値のG値を散乱強度として保存
散乱強度分布図を作成
鏡面散乱の位置 ($\theta = 2\theta_i$)で散乱強度の変化を調べた



表面原子がおよそ半分脱離 一層脱離に必要な照射量

表面原子がどれくらい脱離しているかはわかるが、形成されているピットの大きさはわからない

斜入射陽子散乱実験結果から、表面原子が0.5層脱離する電子線照射量を得た

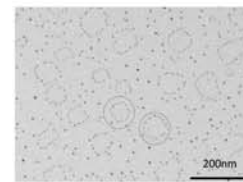
金デコレーションレプリカTEM観察

0.5層脱離する照射量で電子線照射した表面のレプリカを透過型電子顕微鏡で観察
表面に形成されるピットの大きさを測定

- ①電子線照射(入射角 50°)
エネルギー: 1.5keV
照射量: $(0.17 \sim 0.52) \times 10^{14} cm^{-2}$
0.5層脱離 / 1.5層脱離の照射量
照射方法: ラインスキャン
ライン状のスリットで切ったビームを電磁石で左右に揺ってスキャン
試料温度: 378~523K

- ②金デコレーション(蒸着角 50°)
W Filament 5.5A 3~4min
試料-フィラメント間290nm
平均膜厚: 1nm以下
試料温度: 378~523K
(電子線照射時と同じ温度)

⇒炭素膜を蒸着し透過型電子顕微鏡(TEM)で観察



TEM観察結果

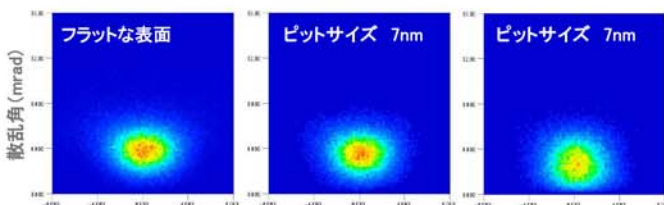
一辺の長さ
20nm~100nm程度
のピットが確認できた

また、試料のおんど
が高いほうがピットが
大きい傾向がある

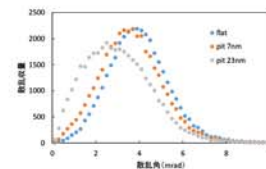
3. コンピュータシミュレーション

0.5層脱離した表面に入射し散乱する陽子の軌道計算を行った

- projectile: H^+ (550 keV), 10万本
- sample: KBr(001)
- pit size: 1辺 7nm, 23nm (ピットの被覆率は50%)
- channeling condition: 鏡面反射(表面面チャネリング) ($\theta_i < 4$ mrad) ランダム入射 ([100]から50mrad off)



シミュレーション結果 散乱強度分布



ピットサイズが大きいとき、散乱イオンは広がり、低散乱角側にシフトした

4. まとめ

- イオン散乱実験で表面が0.5層脱離する電子線照射量を調べ、表面のレプリカをとった。
- 観察されたサイズのピットを置いた表面にイオンを入射し散乱させるコンピュータシミュレーションを開始した。
- シミュレーション結果からピットのサイズが大きいほど散乱の幅が広がることがわかった

今後
観察されている、さらに大きなピットでシミュレーションを行う
軌道の追跡を行い、ピットが大きいとき、散乱角が低くなる原因を探る