

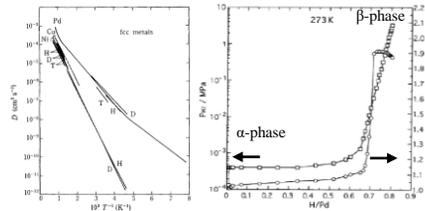
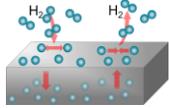
準安定Pd水素化物における水素の拡散と電気伝導

INTRODUCTION

パラジウム(Pd)

水素吸蔵金属

水素の拡散
格子の変形
電子状態の変化



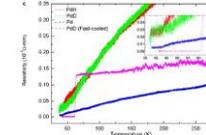
Diffusion of H in metal: Y. Fukai et al., Adv. in Phys.34 (1985) 263.
Resistivity of PdH_x: Y. Sakamoto et al., J. Phys. Cond. Matter 8 (1996) 3399.

バルクの熱平衡状態はよく調べられている→**準安定状態**が注目.

本研究の目的

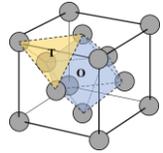
低温下にてPd薄膜準安定水素化物を形成し、その電気伝導特性を評価する。また、低温領域での水素の拡散機構を評価する。

準安定水素化物 高温超伝導の可能性



H. M. Syed et al., arXiv:1608.01774 (2016)

水素吸蔵サイト



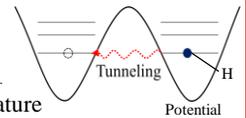
ナノサイズ効果
表面効果
占有サイト効果

低温での水素の振舞

水素の量子効果: トンネル拡散

Kondo Theory J. Kondo, Physica 125B (1984) 279.

拡散定数 $\propto T^{2k-1}$ at low temperature

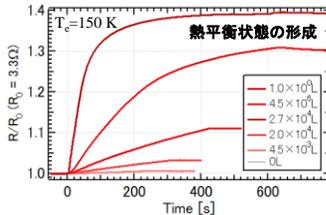


水素の吸蔵方法 (ガス曝露orイオン照射)
水素の結晶性 (多結晶or単結晶) に着目.

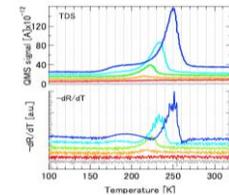
1.1 RESULT [Electrical property]: Pd多結晶薄膜

試料: Pd 10nm/Glass sub. by magnetron sputtering at R.T.

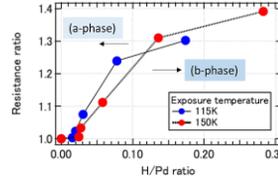
水素ガス曝露



ガス曝露時の抵抗変化.



抵抗の温度変化が水素の脱離と対応.



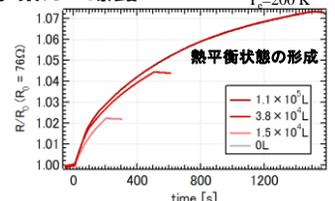
バルク熱平衡水素化物と対応.

→ 熱平衡水素化物の形成.

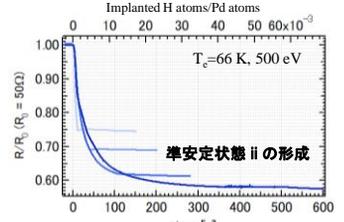
1.2 RESULT: Pd単結晶薄膜

試料: Pd 5nm/SrTiO₃(100) sub. by EB deposition and annealing.

水素ガス曝露

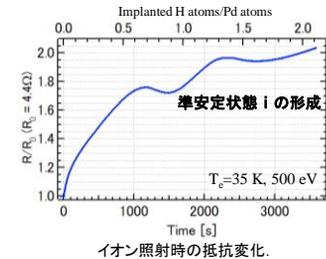


水素イオン照射

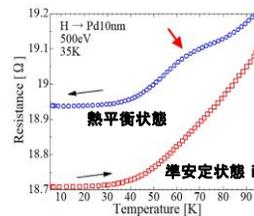


異常な抵抗の減少を観測.

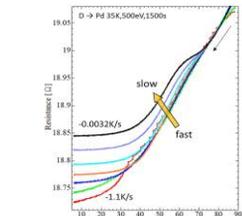
水素イオン照射



イオン照射時の抵抗変化.



100K程度の加熱により50K異常が発現.



冷却速度による状態の制御.

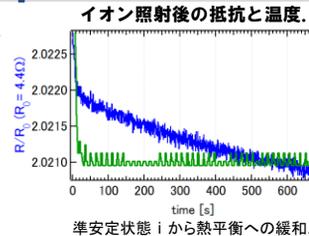
→ 準安定状態の形成. 加熱による連続的な制御.

2 RESULT [Quantum diffusion]

水素イオン照射後、温度保持により抵抗の減少緩和を観測した.

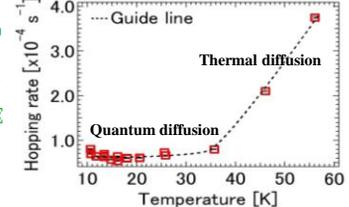
→ 指数関数のフィッティングによる1/緩和時間の算出.
(ジャンプ頻度に相当)

各温度でのジャンプ頻度

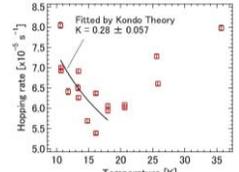


準安定状態iから熱平衡への緩和.

求められたジャンプ頻度の温度依存性.



低温領域拡大.



K (Particle-electron coupling const.) < 0.5
K: Yamada et al., Progr. Theor. Phys. 70, 1 (1983) 73
を満たす.

DISCUSSION

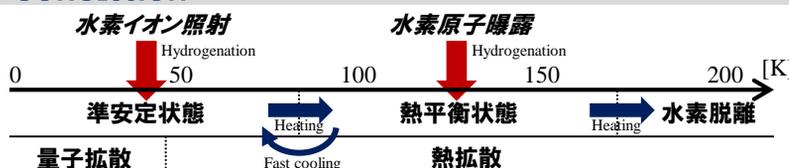
水素イオン照射によって形成された準安定状態の構造

多結晶or単結晶の結晶性や拡散機構が関与.
水素のT-siteへの吸蔵?
水素の超高密度層(不均一な水素濃度分布)?

水素の拡散の観測

異なる水素化物構造では、電気伝導度が異なる.
→ 抵抗測定により、水素化合物の構造変化を検出できる.
(準安定から安定状態への変化は水素拡散に起因すると仮定.)

CONCLUSION



水素イオン照射による準安定状態を形成した.
熱拡散によって熱平衡に変化することがわかった.
特に単結晶薄膜では特異な電気伝導状態を観測.
低温下において水素の量子拡散を観測した.