

ミュオンによる二酸化バナジウム中の水素シミュレーション

Hydrogen state in vanadium dioxide simulated by muon

KEK 物構研¹, 総研大², 物材機構³

○岡部 博孝¹, 平石 雅俊¹, 幸田 章宏^{1,2}, 大澤 健男³, 大橋 直樹³, 門野 良典^{1,2}

KEK-IMSS¹, SOKENDAI², NIMS³

○H. Okabe¹, M. Hiraishi¹, A. Koda^{1,2}, T. Ohsawa³, N. Ohashi³, R. Kadono^{1,2}

E-mail: hirotaka.okabe@kek.jp

二酸化バナジウム (VO₂) は電子相関の強い 3d 遷移金属酸化物であり, 340 K で V の 2 量体化を伴う金属-絶縁体 (M-I) 転移を示すことが知られている¹⁾. VO₂ の M-I 転移は不純物や欠陥によって著しい変化を示し, 特に電界効果を用いたプロトンの注入により 低電圧駆動の抵抗変化型メモリ (ReRAM) に利用できる可能性が指摘されている^{2,3)}. このような背景にもかかわらず, M-I 転移のメカニズムや VO₂ 中におけるプロトンの働きについては未だ議論の最中にある. 我々は疑似水素とみなせる素粒子ミュオン (μ^+) を VO₂ に注入することにより, ミュオンスピン回転緩和法 (μ SR) を用いて VO₂ 中の水素の働きをシミュレートした.

Fig. 1(a)は, いくつかの温度点で測定した VO₂ のゼロ磁場 μ SR 時間スペクトルである. 全測定温度点において, バナジウムの核スピンによるランダムな弱い磁場を反映したガウス関数的なスペクトル形状が観測された. ただし, 200 K より低温側の早い時間領域 ($t \leq 1 \mu\text{s}$) では, バナジウムの電子スピンに由来する速い緩和が観測された. Fig. 1(b)-(d)に拡張指数関数 [$A(t) = A_0 \exp[-(\lambda t)^\beta]$] を用いて解析した核スピン成分の体積分率 A_0 とミュオン縦緩和率 λ , 指数 β の温度依存性を示した. いずれの変数も転移点において目立った変化は見られず, 電子スピンゆらぎの減速を伴う通常のリッチ転移とは異なっている. しかしながら 200 K 以下での A_0 の減少は, 電子スピンによる局所磁場の発達を示しており, VO₂ の電子状態が本質的に不均一である可能性を示唆している. また, λ は核スピンによる緩和を反映しており, 温度上昇による λ の減少は, ミュオンのホッピング率の増加に対応する. これは温度上昇により, VO₂ 中の水素が高速に拡散している可能性を示唆している.

発表では, M-I 転移に関連して VO₂ 中の格子間水素の電子状態についても議論する.

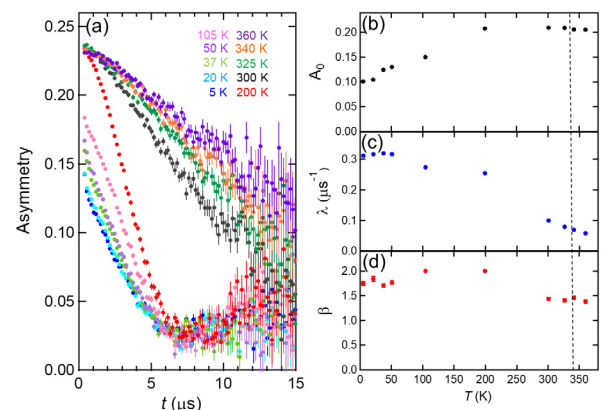


Fig. 1. (a) μ SR time spectra of VO₂ under zero magnetic field. Temperature dependence of (b) the asymmetry A_0 , (c) the relaxation rate λ , and (d) the exponent β . The broken line indicates the metal-insulator transition temperature (340 K).

- 1) J. B. Goodenough, Sol. Sta. Chem. 3, 490 (1971).
- 2) H. Ji et al., Nano Lett. 12, 2988 (2012).
- 3) K. Shibuya and A. Sawa, Adv. Electron. Mater. 2, 1500131 (2016).