



層状 MAX 相化合物 $M_{n+1}AX_n$ の 3 次元角度分解光電子分光

伊藤孝寛^{1,2}, 古田貫志¹, 池本昌史¹, Damir Pinek³, 仲武昌史⁴, Thierry Ouisse³

¹名大院工, ²名大 SR セ, ³Grenoble INP, LMGP, ⁴あいち SR

キーワード : ARPES, 電子状態, MAX 相化合物

1. 背景と研究目的

層状 MAX 相化合物は A 原子を除去すると MX 層のみから形成される原子層系 MXene となることから、期待されることから、新たな原子層系として最近注目を集めている [1]。しかしながら、この系の研究は多結晶試料における応用研究が先行しており、機能性を支配する電子状態と物性の関係はほとんど明らかになっていない現状にある。そこで、本研究では単結晶試料作成に成功している層状 MAX 相化合物の電子状態を角度分解光電子分光 (ARPES) 法により系統的に明らかにし、この系における機能性と電子状態の関わりに対する知見を得ることを目的とする。

2. 実験内容

201806135 利用においては、MAX 相化合物の MX 面内および MX-A 層間に希土類 Ce 元素を含み、比較的高温において強磁性相転移 ($T_C = 10.5$ K) を示す層状強磁性化合物 $Mo_4Ce_4Al_7C_3$ [2] に着目して、その特性と電子状態の関係を明らかにすることを目的として ARPES 測定を行った。励起エネルギーは Ce 4f 電子による情報に注目するために Ce 4d - 4f 共鳴励起エネルギー $h\nu = 122$ eV を用いた。測定温度は $T = 30$ K (常磁性相)、エネルギー分解能は $\Delta E \sim 35$ meV に設定した。清浄試料表面は超高真空中において triclinic 構造の (0001) 面で劈開することにより得た。

3. 結果および考察

図 1 (a) に ARPES により得られた $Mo_4Ce_4Al_7C_3$ の Γ KM (AHL) 面におけるフェルミ面形状を示す。ここで、ブリルアンゾーン境界については近似的に hexagonal 構造で示してある。図 1 (b) にフェルミ面上に赤線で示した Γ M (AL) ライン上におけるフェルミ準位 (E_F) 近傍のバンド構造をあわせて示す。この結果から、 $Mo_4Ce_4Al_7C_3$ の電子状態は Γ (A) 点近傍における若干歪んだ円状の電子ポケットと M(L)点近傍で E_F に接するようなホール的な分散により形成されていることが分かる。観測されたバンド分散は E_F 近傍において強度が強くなっており、0.3 eV 近傍にブロードなほとんど分散を示さない構造を伴うことを見出した。ここで、前者は E_F 近傍における Ce 4f_{5/2} 終状態 (近藤共鳴ピーク) に、後者は Ce 4f_{3/2} 終状態にそれぞれ帰結されると考えられる。また、 Γ (A) 点における Ce 4f_{5/2} 状態が明確な分散を示していることから常磁性相において Ce 4f 電子が遍歴的な性質を有する価数揺動状態にあることが示唆される。

4. 参考文献

1. M. Barsoum, MAX phases (Wiley, Weinheim 2013).
2. Q. Tao *et al.*, Phys. Rev. Mat. **2**, 114401 (2018).

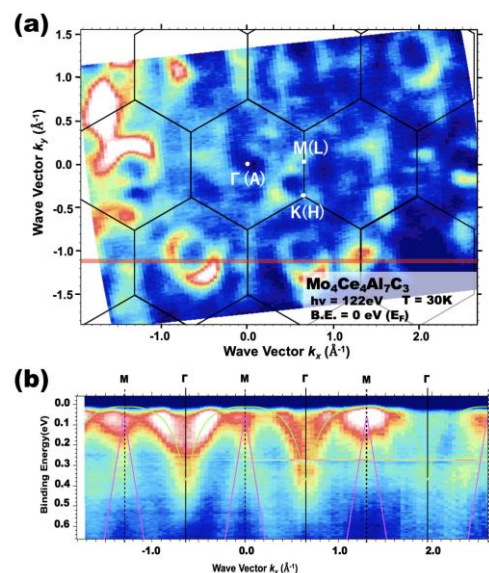


Fig.1 ARPES により得られた $Mo_4Ce_4Al_7C_3$ の Γ KM (AHL) 面におけるフェルミ面イメージ (a) および Γ M (AL) ライン上 (Fig.1(a) 上赤線) のフェルミ準位近傍におけるバンド構造 (b)。