

超流動 ^3He の表面量子状態

東京工業大学 大学院理工学研究科

奥田雄一

非 S 波の異方的 BCS 状態においては、表面などの散乱体近傍に準粒子束縛状態（表面アンドレーエフ束縛状態：SABS）が生じ、表面状態密度（SDOS）がバルクから変化することが知られている。準粒子の感じるペアポテンシャルが、運動方向によって符号を変えるために生じる干渉効果である。我々は超流動 ^3He の高周波ずれ振動応答を測定することによって SABS の存在を初めて明らかにした[1, 2]。測定した量は横波音響インピーダンス Z で、壁のずれ速度 v と液体の壁に与えるずれ応力 Π の比で、 $Z = \Pi/v$ と定義される。 Z は AC カット水晶振動子の周波数シフトと線幅の変化から測定できる。測定周波数 $\omega/2\pi$ は 10~100MHz 域であり、超流動ギャップエネルギー Δ と同程度であるため、SDOS の分光的情報が得られる。図 1 は長登らによる B 相における SDOS の計算結果である[3]。 $W=1$ が拡散的散乱、 $W=0$ が鏡面的散乱の極限である。拡散的な場合、 Δ 以下に SABS に起因する束縛状態バンドが現れ、その上端 Δ^* （図の $\downarrow$ ）が非常にシャープであるという特徴がある。鏡面度を増していくと、バンド幅が広がり Δ^* が Δ に近づいていく。図 2 は我々が測定した Z の実部（ Z' ）と虚部（ Z'' ）の温度依存性である。点線で示した対破壊温度 T_{pb} は $2\Delta(T_{pb}) = \hbar\omega$ より決まり、これ以下の温度では $2\Delta > \hbar\omega$ のためバルクの対破壊は起こらない。 T_{pb} 以下のある温度 T^* （図の実線）で Z' にキック Z'' にピークが見られること、 Z' が低温で周波数に依存した値に飽和することなどの特徴がある。長登らは図 1 の拡散的極限の壁の SDOS（ $W = 1$ ）のもとでの Z の計算を行い、実験の特徴をほぼ再現する結果を得た。

^3He の大きな特徴は ^4He を壁にコートすることができ、境界での準粒子散乱の条件をコントロールできるところにある。図 2 には壁を 2.7 層の ^4He でコートした場合（●）のデータが示されている。コート無しの場合（○）と比較して、変化量が減少し、温度依存性が高温側へシフトしていることが分かる。これらの特徴的な変化は Z の測定が SDOS の変化を捉えていることの明かな証拠である。

さらに、最近実施した常流動状態での実験結果より、specularity parameter S （ W と関係しているパラメータ）を決定し、 S によって SABS がどのように整理されるかを明らかにした。講演では、物性研との共同研究として実施している強磁場中での実験結果なども紹介する予定である。

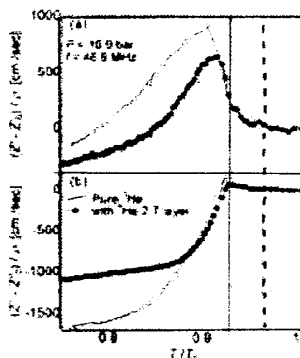
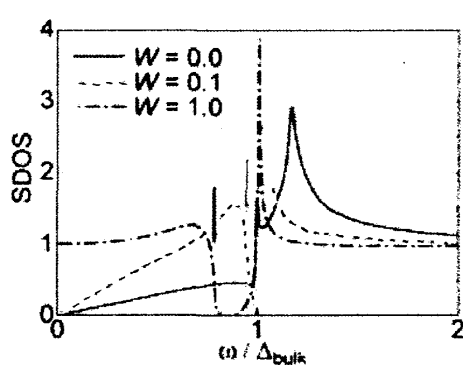


図1. (左) 種々の表面条件下での超流動B相の表面束縛状態。矢印は各々の Δ^* を示す。

図2. (右) 横波音響インピーダンスの温度依存性

1. Y. Aoki, Y. Wada, M. Saitoh, R. Nomura, Y. Okuda, N. Nagato, Yamamoto, Higashitani and K. Nagai, Phys. Rev. Lett. 95, 075301 (2005).
2. M. Saitoh, Y. Wada, Y. Aoki, R. Nomura, and Y. Okuda, Phys. Rev. B 74, 220505(R)-1-4 (2006).
3. Y. Nagato, M. Yamamoto, and K. nagai, J. Low Temp. Phys. 110, 1135, (1998).