Abstract

Project Code: MRG55800

Project Title: Synthesis of novel magnetic materials and Fe-based superconductors

Investigator: Kittiwit Matan, Faculty of Science, Mahidol University

Email address: kittiwit.mat@mahidol.ac.th

Project Period: 2 years

Neutron scattering was used to study two structurally similar compounds, $Rb_2Cu_3SnF_{12}$ and $Cs_2Cu_3SnF_{12}$. High-intensity pulsed neutron scattering reveals a new set of magnetic excitations in the pinwheel valence-bond solid (VBS) state of the distorted kagome lattice antiferromagnet $Rb_2Cu_3SnF_{12}$. The polarization of the dominant dispersive modes (2 meV < $\hbar\omega$ < 7 meV) is determined and found consistent with a dimer series expansion with strong Dzyaloshiskii-Moriya interactions (D/J = 0.18). A weakly dispersive mode near 5 meV and shifted “ghosts” of the main modes are attributed to the enlarged unit cell below a T=215 K structural transition. Continuum scattering between 8 meV and 10 meV might be interpreted as a remnant of the kagome spinon continuum.

While the ground state of $Rb_2Cu_3SnF_{12}$ is the VBS state, that of $Cs_2Cu_3SnF_{12}$ is a classical Néel state. Magnetic excitations in the spin-1/2 distorted kagome lattice antiferromagnet Cs_2Cu_3SnF12, which has an ordered ground state owing to the strong Dzyaloshinskii-Moriya interaction, were studied using inelastic neutron scattering. Although the spin-wave dispersion can be qualitatively understood in terms of linear spin-wave theory (LSWT), the excitation energies are renormalized by a factor of approximately 0.6 from those calculated by LSWT, almost irrespective of the momentum transfer. This inadequacy of LSWT, which is attributed to quantum fluctuations, provides evidence of negative quantum renormalization in the spin-1/2 kagome lattice antiferromagnet.

Keywords: strongly correlated electrons, neutron scattering, quantum spin state, spin-wave excitations

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: MRG55800

ชื่อโครงการ: Synthesis of novel magnetic materials and Fe-based superconductors

ชื่อนักวิจัย และสถาบัน: กิตติวิทย์ มาแทน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

Email address: kittiwit.mat@mahidol.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 2 ปี

สารประกอบสองชนิดที่มีโครงสร้างคล้ายกัน $Rb_2Cu_3SnF_{12}$ และ $Cs_2Cu_3SnF_{12}$ ได้ถูกนำมาศึกษาโดยการวัดการกระเจิงของนิวตรอน สารประกอบทั้งสองนี้มีโครงสร้างแบบ kagome คือมีการจัดเรียงของสามเหลี่ยมโดยมีมุมร่วมกัน จากการวัดการกระเจิงของนิวตรอนจากแหล่งกำเนิดที่มีความเข้มสูง ทำให้เห็นการกระตุ้นเชิงแม่เหล็กที่ไม่เคยวัดได้มาก่อน ในสถานะ pinwheel valence-bond solid (VBS) ของ $Rb_2Cu_3SnF_{12}$ การศึกษา polarization ของการกระตุ้นระหว่างพลังงาน 2 meV และ 7 meV พบว่าสอดคล้องกับการคำนวณโดยใช้ dimer series expansion ที่มีค่าของ Dzyaloshiskii-Moriya interactions สูง นอกจากนี้ยังพบว่าการกระตุ้นในช่วง 5 meV และ “ghost mode” ยังสามารถอธิบายได้พิจารณา unit cell ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนเฟสที่อุณหภูมิ 215 K continuum scattering ระหว่าง 8 meV และ 10 meV อาจจะมีต้นกำเนิดมาจาก spinon continuum ซึ่งถูกค้นพบเมื่อไม่นานมานี้ในสารประกอบที่มีโครงสร้างแบบ kagome

ในขณะที่สถานะพลังงานต่ำสุดของ $Rb_2Cu_3SnF_{12}$ เป็น VBS สถานะพลังงานต่ำสุดของ $Cs_2Cu_3SnF_{12}$ เป็นแบบ classical Néel state การกระตุ้นเชิงแม่เหล็กของ $Cs_2Cu_3SnF_{12}$ ซึ่งเป็น spin-wave หรือ magnon ถูกศึกษาโดยใช้การกระเจิงของนิวตรอนแบบไม่ยืดหยุ่น จากผลการทดลอง ถึงแม้ว่า spin-wave dispersion จะอธิบายได้ด้วย linear spin-wave theory (LSWT) แต่ค่าของพลังงานในการกระตุ้นมีขนาดลดลงประมาณ 60% ซึ่งเกิดจาก quantum fluctuations ผลการทดลองนี้จึงเป็นหลักฐานชิ้นแรกที่แสดงให้เห็นถึง negative quantum renormalization ในสารประกอบ kagome

คำหลัก: strongly correlated electrons, neutron scattering, quantum spin state, spin-wave excitations