

超伝導ナノメカ結合系

～ 超伝導電流と振動量子のエンタングルメント～

どんな問題に取り組むのか？

ナノメカニカル構造の量子化された振動モードは、メソスコピック系における量子バスの役目を担う可能性があります。振動量子を超伝導磁束量子ビットと相互作用させることにより、量子状態のエンジニアリングに適した固体素子において、空洞共振器量子電磁力学 (cavity-QED) と等価な物理系を新たに準備することが可能です。

得られた結果はどう新しいのか？

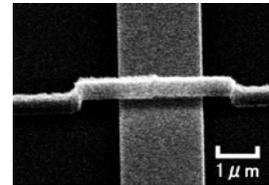
私たちは、ローレンツ力を使ったナノメカニカル構造の振動量子と超伝導永久電流が結合する仕組みを初めて提案しました。結合の強さは、完全に調節可能であり、cavity-QED に必須ないわゆる強結合条件を実現することが可能です。

この研究が成功した場合のインパクトは？

固体素子でのこの全く新しい cavity-QED の仕組みは、この複合系のコヒーレントな状態操作や、誰も成功していない、超伝導電流と振動量子の量子もつれ (エンタングルメント) の形成が可能になります。これらは、量子情報処理や、量子状態エンジニアリングにとって大きなメリットをもたらす可能性を秘めています。

連絡先： NTT物性科学基礎研究所 量子電子物性研究部
 Dr. Ying-Dan Wang, 山田義春 (Dr. Yoshiharu Yamada)
 TEL: 046-240-3546 FAX: 046-240-4722
 電子メール : wang@will.brl.ntt.co.jp

マイクロ(ナノ)-メカニカルシステム

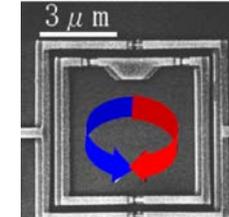


NTT 2007

調和振動子: 単一振動モード

$$H_r = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2}m\omega_0^2 z^2$$

超伝導磁束量子ビット

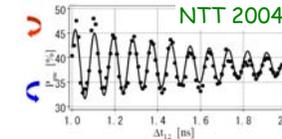


人工二準位原子

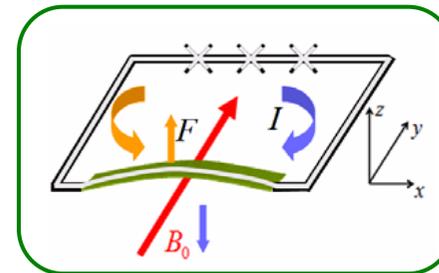
$$H_f = \omega_f \sigma_z + \Delta \sigma_x$$

$$\omega_f = I_p \Phi_0 (f - 0.5)$$

$$I_p \sim 10^2 \text{ nA}$$



強結合領域での電気回路量子電磁力学系



ループに超伝導電流が流れている場合、結合磁場 B_0 により、Lorentz 力が誘起される。

$$\mathbf{F} = (\mathbf{I} \times \mathbf{B}) L$$

この Lorentz 力によって、ループ中の超伝導永久電流とメカニカル共振器との調節可能な結合 (相互作用) が可能となる

$$g = B_0 I_p L \delta_z$$

磁場 B_0 で、結合の ON / OFF や変調が可能

$$H_I = \mathbf{F} \cdot \mathbf{z} = B_0 I L z = g z \sigma_z$$

$$1/g \ll 1/\gamma, \quad 1/\Gamma$$

0.015 μ s 1 μ s 0.1 μ s

$$H = H_f + H_r + H_I$$