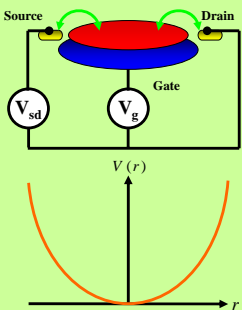


円柱型ポテンシャルを内包した調和振動子型ポテンシャルにおける電子の付加エネルギー

北海道大学量子機能素子研究分野 山形整功, 石橋晃, 近藤憲治

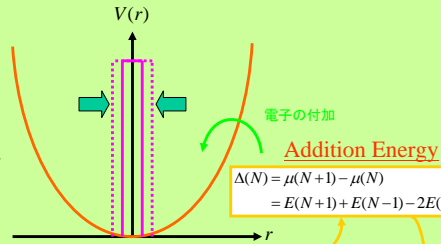
調和振動子型ポテンシャル

~Quantum dotにおける有効ポテンシャル~



$$V(r) = \frac{1}{2} m^* \omega^2 r^2$$

円柱型ポテンシャルを内包した調和振動子型ポテンシャル



電子の付加

$$\Delta(N) = \mu(N+1) - \mu(N) = E(N+1) + E(N-1) - 2E(N)$$

Total Energy $E(N)$

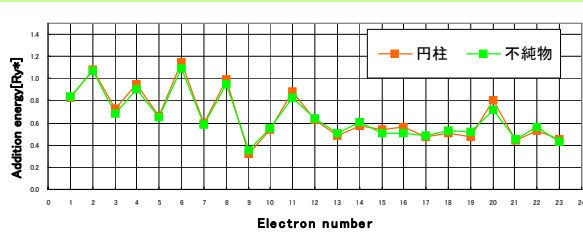
計算方法

密度汎関数法・スピン局所密度近似

Addition Energy $\Delta(N)$

不純物によるaddition energyの変化と

円柱挿入によるaddition energyの変化の比較



$\hbar\omega = 5.0$ meV

Effective Bohr Radius: $a_b^* = 10$ nm

Effective Rydberg: $Ry^* = 5.4$ meV

円柱

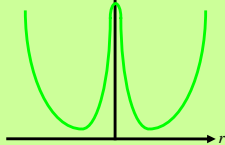
円柱の半径: $0.2 a_b^*$

円柱の高さ: ∞Ry^*

クーロン型不純物

$$V(r) = \frac{1}{2} m^* \omega^2 r^2 + \frac{1}{\sqrt{r^2 + \delta^2}}$$

$V(r)$



ドットの中心($r=0$)にクーロン型不純物を挿入

円柱を不純物と見立てた議論が可能である。

円筒型ポテンシャルで計算する利点

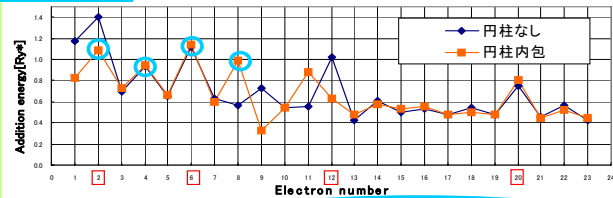
計算が容易

トポロジカルな話に絡付けやすい

円柱挿入によるaddition energyの変化・その1 ~非常に小さな半径の円柱~

Addition Energy Spectrum

Quantum Dot(QD)



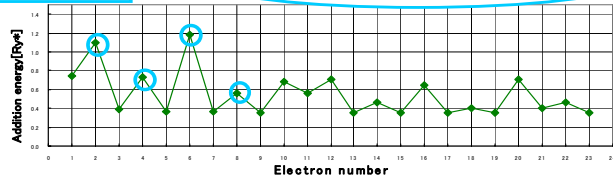
円柱の半径: $0.2 a_b^*$

円柱の高さ: ∞Ry^*

□ Magic Number

Quantum Ring(QR)

QRにおけるaddition energyと同じ個数でピークを示す

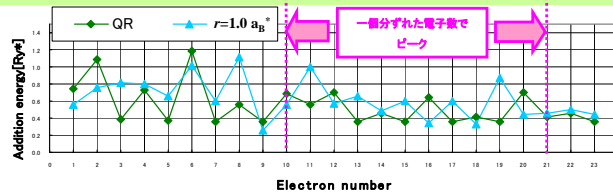


小さな摂動でも, addition energyには変化がある。

円柱の挿入がQDにQRの特長をもたらす。

J.C. Lin, G.Y. Guo, J. Magn. Magn. Mater. 239, 240-242 (2002).

円柱挿入によるaddition energyの変化・その2 ~半径を大きくした場合~



一個おきにピークを持つQRのaddition energy spectrumの特徴が出てくるが、電子数10~20ではピーク的位置が一つずれている。

結論

- 不純物がQDの中心に存在していた場合、QDはQRに似た特徴を示す。
- 不純物に対しaddition energyは非常に敏感であるため、微量な不純物でもaddition energy spectrumから不純物の存在を知ることが出来る。さらには、addition energy spectrumの形状から不純物のdot中での位置を予測できる可能性がある。
- ポテンシャルのトポロジカルな変化をaddition energyの側面から明示的に知る事が出来る。

今後の予定

- 円柱の幅だけでなく、位置や個数も変えて計算を行っていく予定である。同時に、円柱以外の形状も計算していく予定である。

連絡先

北海道大学電子科学研究所 千060-0812 札幌市北区北12条西6丁目

近藤憲治

kkondo@es.hokudai.ac.jp

山形整功

yamagata@es.hokudai.ac.jp