

レポート課題

- 光渦分光のように、外場のトポロジーを利用した物性探索例を一つ挙げ、A4用紙1枚程度で説明せよ(図や数式を用いて良い).

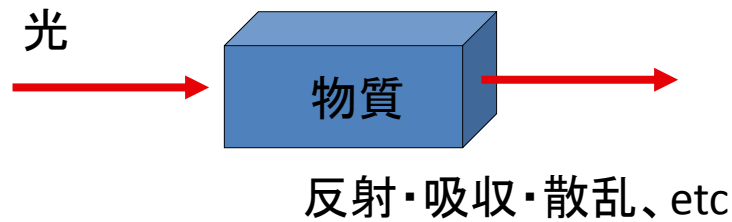
26年度大学院共通授業
「トポロジー工学特別講義」

物質のトポジカル物質の 光物性

大学院工学研究院 戸田

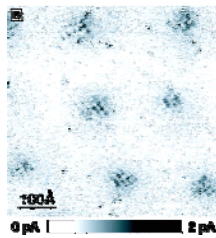
光物性物理学

光と物質の相互作用を通して、物質の性質を解明していく



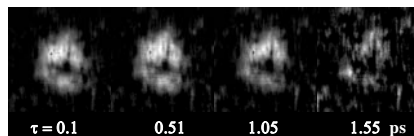
トポロジカル物性

超伝導体渦格子



Hoffman *et al.*, Science, 295, 466 (2002).

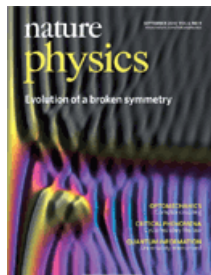
励起子重心運動の渦



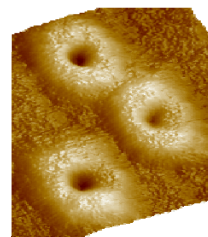
Y. Ueno, et al., Opt. Express 17 20567 (2009).

トポロジカル
電荷密度波

R Yusupov *et al.*, Nature Phys. 6, 681 (2010).

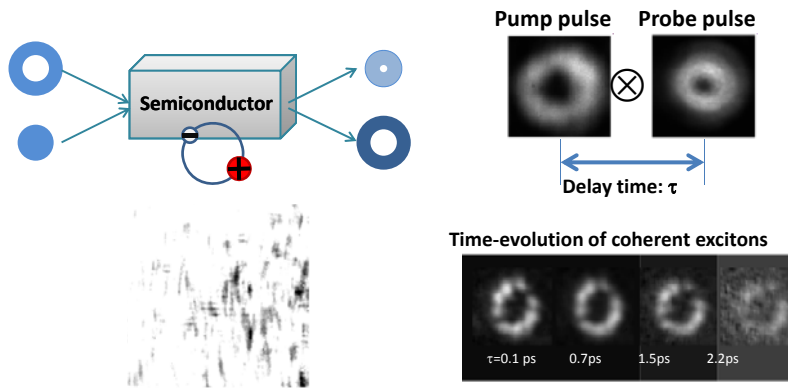


半導体量子リング



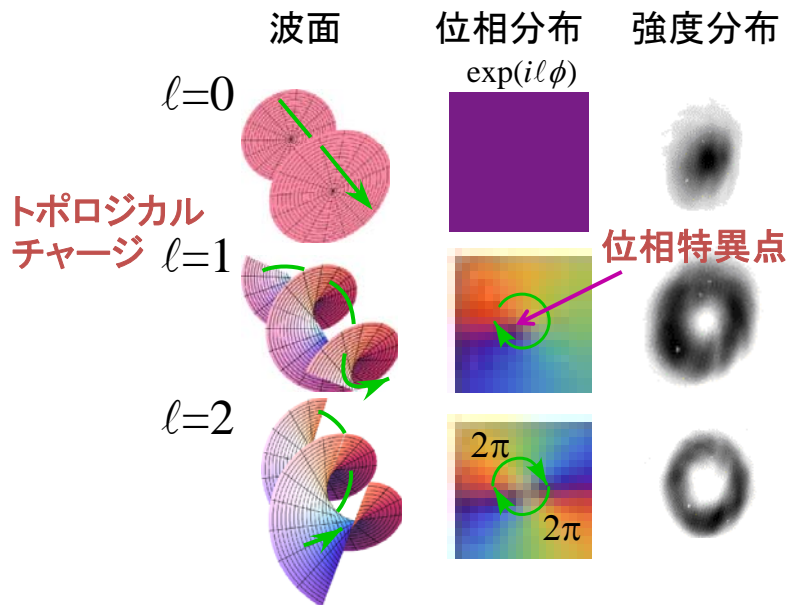
A. Lorke, et al., PRL (2000)

本日の話題

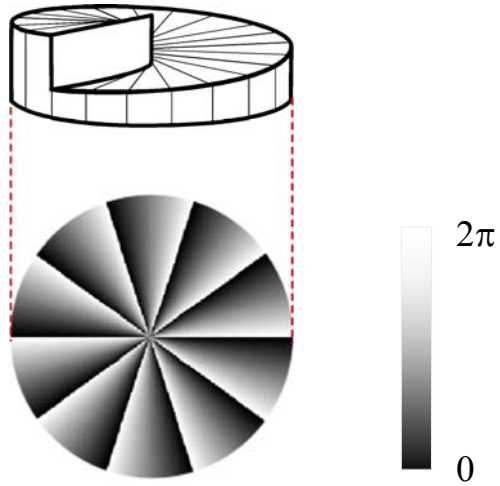


- [1] Y. Ueno et.al., Opt. Express 17 20567–20574(2009).
- [2] K. Shigematsu et.al., Jpn. J. Appl. Phys, in press (2013).
- [3] G. Walker et.al., Phys. Rev. Lett. 108, 243601 (2012).

光渦 (Optical Vortex)

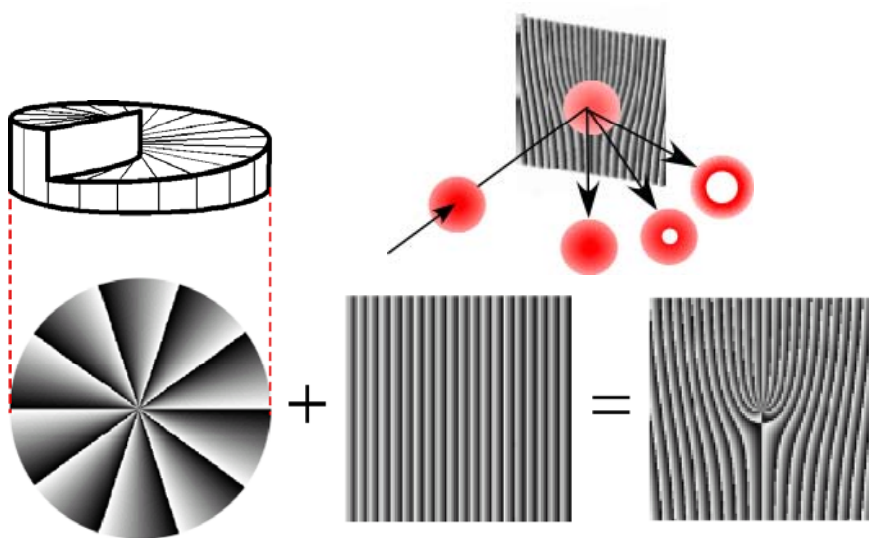


How to produce OV



Spatial phase modulator obtained by the projection of the phase differences to the 2D plane

How to produce OV



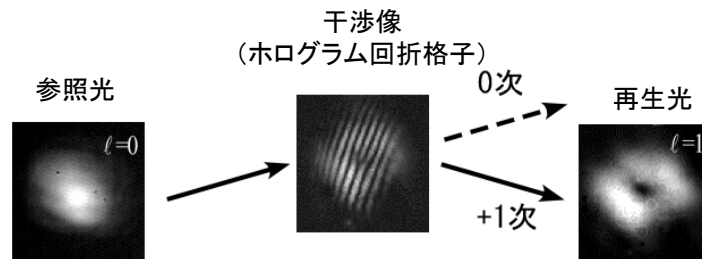
ホログラム回折格子

$$E_{LG}(r, \phi, z) = u_{LG} \exp[i(\ell\phi + kz)], \quad E_G(x, y, z) = u_G \exp[i(kz - k\theta x)]$$

$$I(r, \phi, z_0) = |E_{LG}|^2 + |E_G|^2 + E_{LG}E_G^* + E_{LG}^*E_G$$

$$= I_{LG} + I_G + 2u_{LG}u_G \cos(\ell\phi + k\theta x)$$

$$\longrightarrow E_t \propto E_G I = (I_{LG} + I_G)E_G + E_{LG}I_G + E_{LG}^*E_GE_G$$

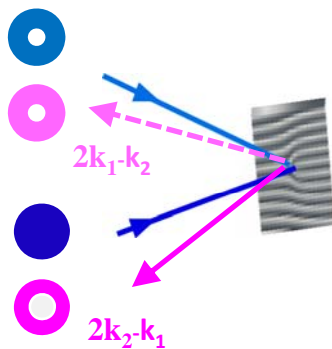


コヒーレント軌道角運動量変換

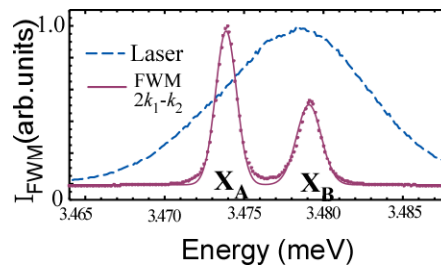
光源: モードロックTiSレーザーのSHG ($\lambda_c=355\text{nm}, \delta=160\text{fs}$)

光渦発生: 軸対称波長板

試料: GaNバルク結晶 (クライオスタット中に保持)



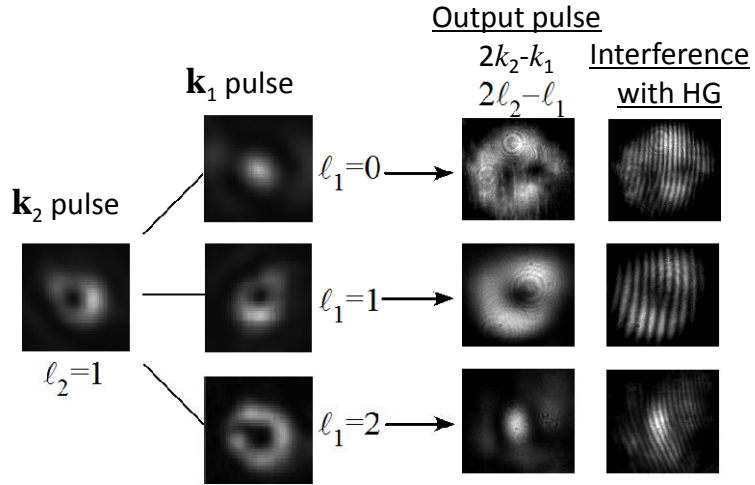
$T=10\text{K}, \text{Delay}:\tau=0.1\text{ps}$



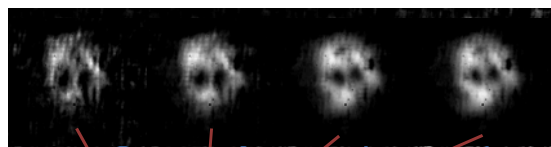
A, B励起子の同時励起

→FWMの時間発展は量子ビートを生じる

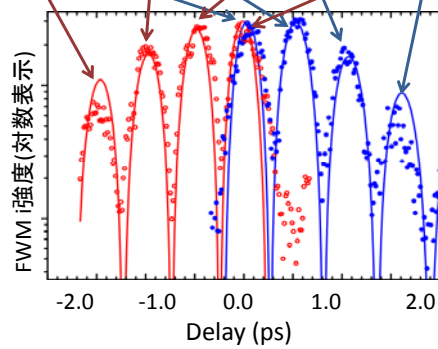
電子系を介したOAM変換



FWM信号の時間発展



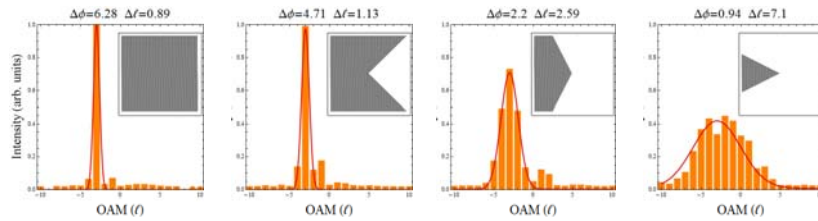
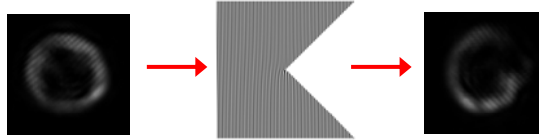
光渦から励起子重心運動
への軌道角運動量変換



ビート信号
→ 2種類の励起子の同時共鳴による量子ビート

各ピークのFWM信号には明瞭な特異点が存在
→ トポロジカルチャージをパラメータとした物性評価

OAM(l)の評価測定例



不確定性原理 位置と運動量は同時に確定できない

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2 \quad \Delta x = r\Delta\theta, \Delta L = r\Delta p$$

$$\Rightarrow \Delta\theta \cdot \Delta L \geq \hbar/2$$

角度と軌道角運動量は同時に確定できない