

Spektroskopia pojedynczych kropek kwantowych



Adam Babiński
Zakład Fizyki Ciała Stałego



M.Potemski
*Grenoble High Magnetic Field Laboratory, MPI/CNRS,
Grenoble, Francja*
S. Awirothananon, J. Lapointe, Z. Wasilewski, S. Raymond,
Institute for Microstructural Sciences, NRC, Ottawa, Kanada
G.Ortner, M.Bayer
Dortmund University, Dortmund, Niemcy



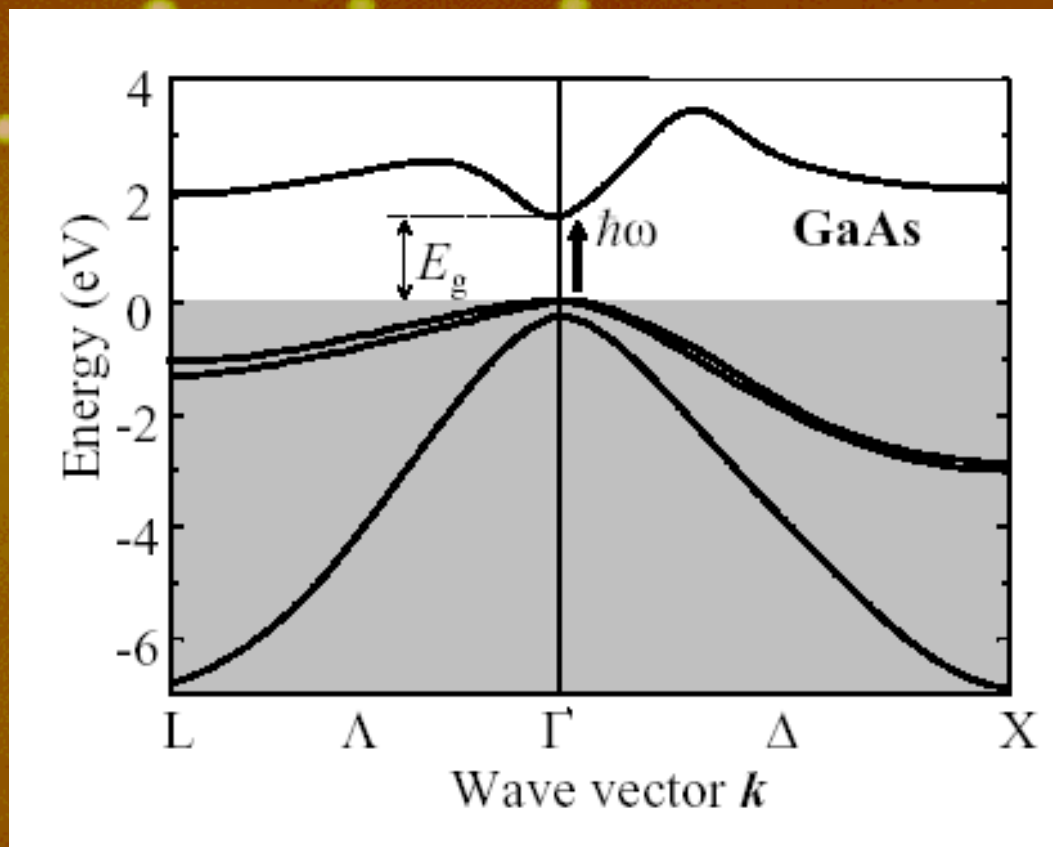
National Research
Council Canada

Conseil national
de recherches Canada

UNIVERSITÄT DORTMUND

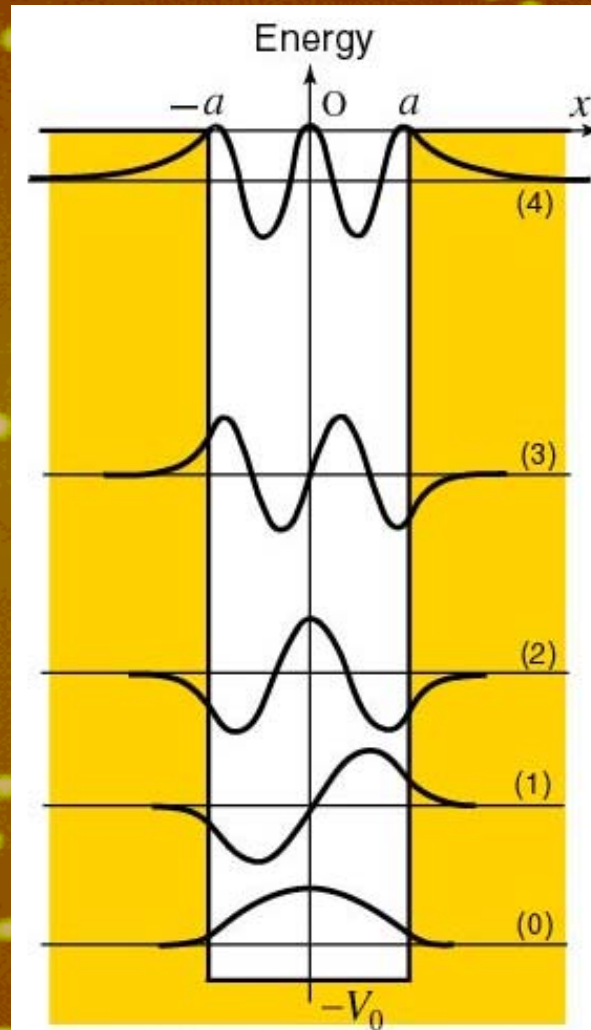


Elektron (dziura) w ciele stałym



Zależność dyspersyjna dla arsenku galu (GaAs)

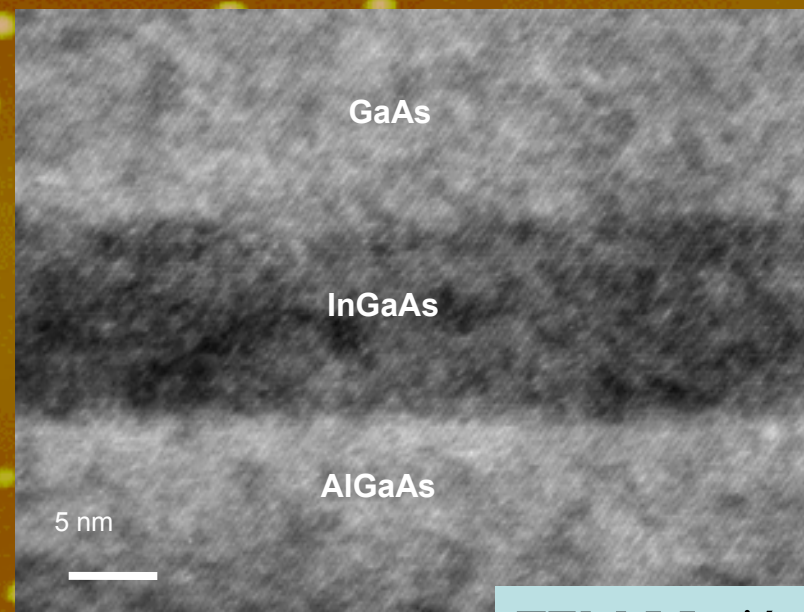
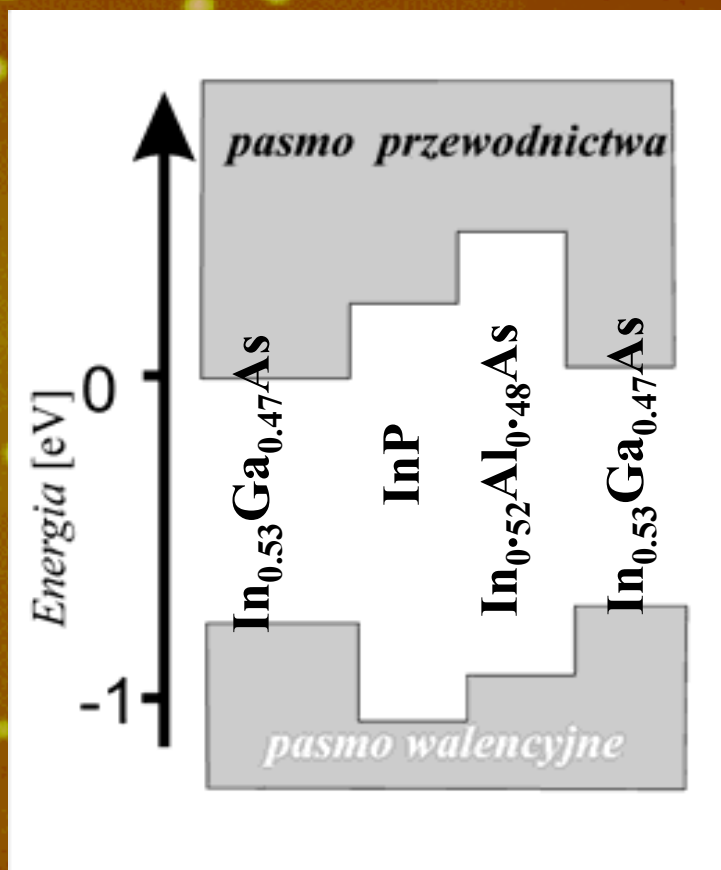
Studnia kwantowa



The thick solid curves are the wave functions.
 (0) : the ground state
 (1) (2) (3) ... : the excited states

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dz^2} \psi(z) + V(z) \psi(z) = E(z)$$

Inżynieria przerwy energetycznej

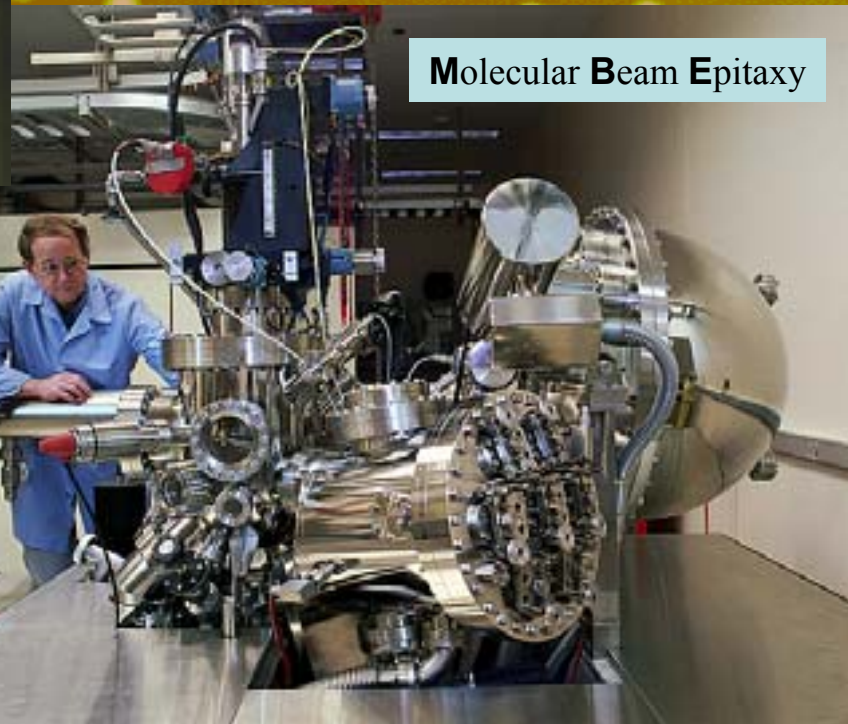


TEM J.Jasiński

Technologia

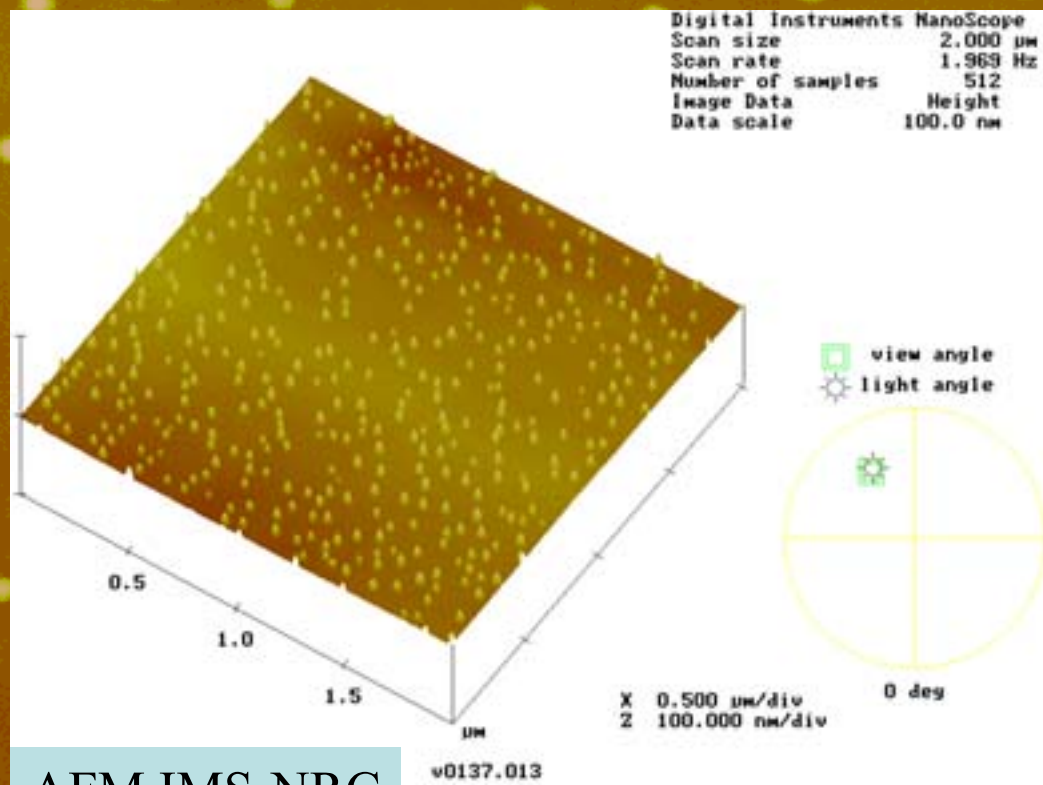
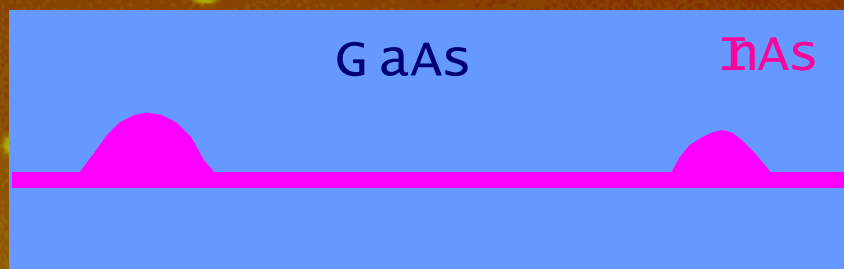


Metal Organic Chemical Vapor Deposition
Instytut Fizyki Doświadczalnej

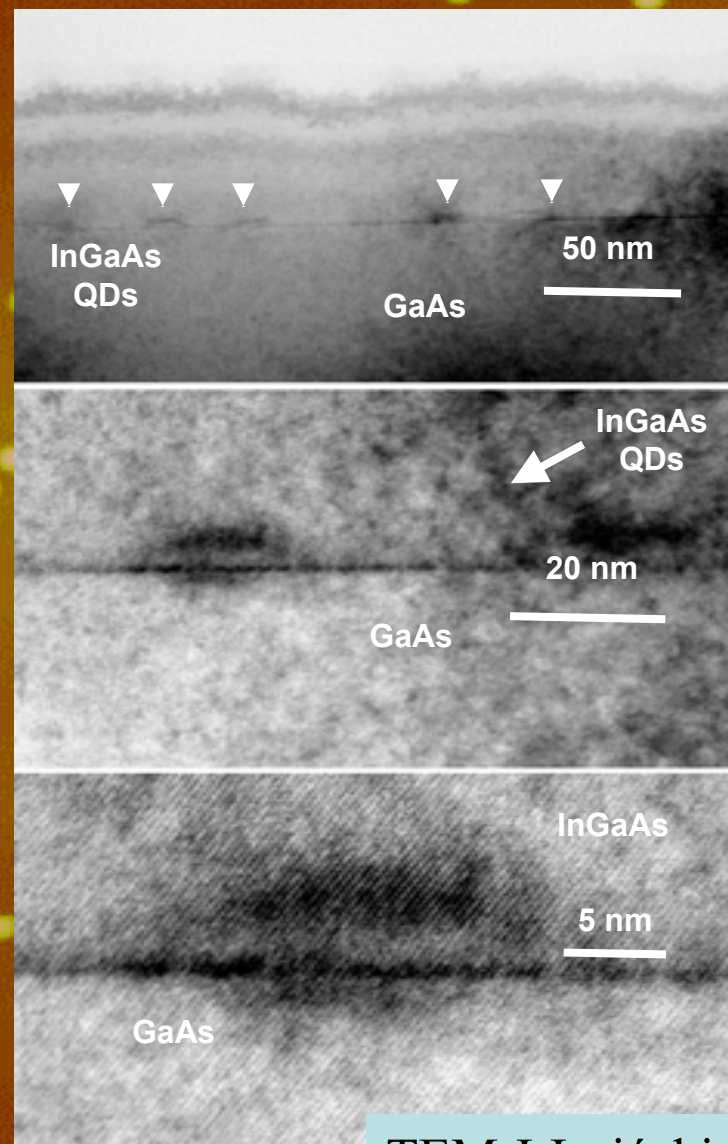


Molecular Beam Epitaxy

Kropki kwantowe (QDs) InAs/GaAs

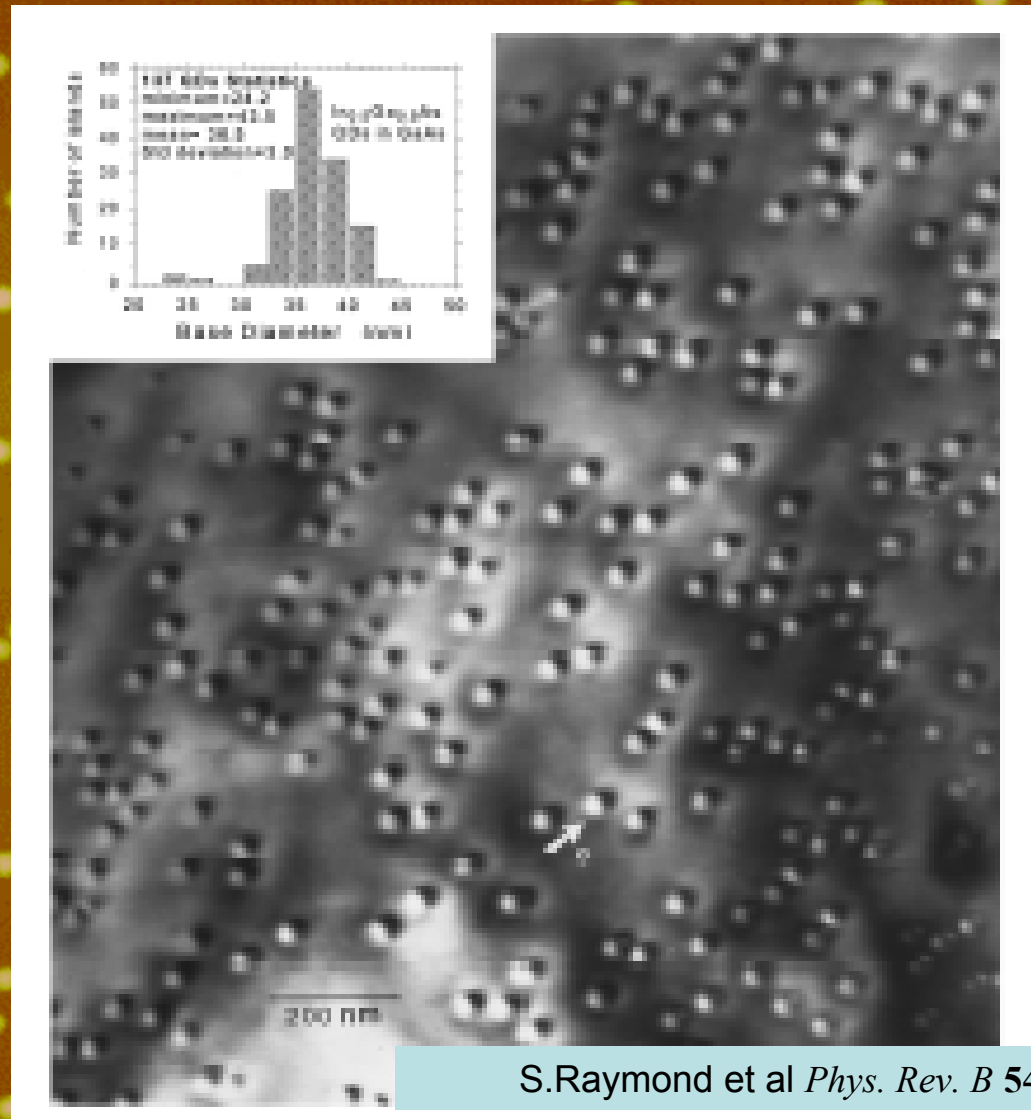


AFM IMS-NRC

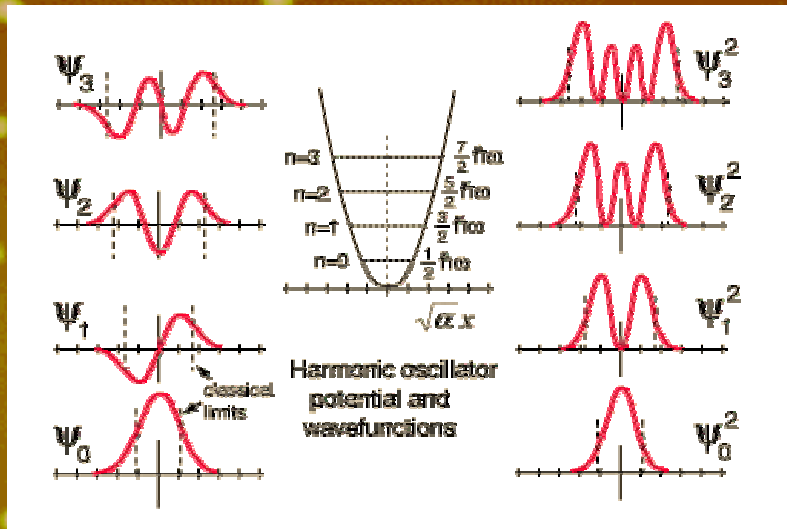


TEM J.Jasiński

Kropki kwantowe InGaAs/GaAs



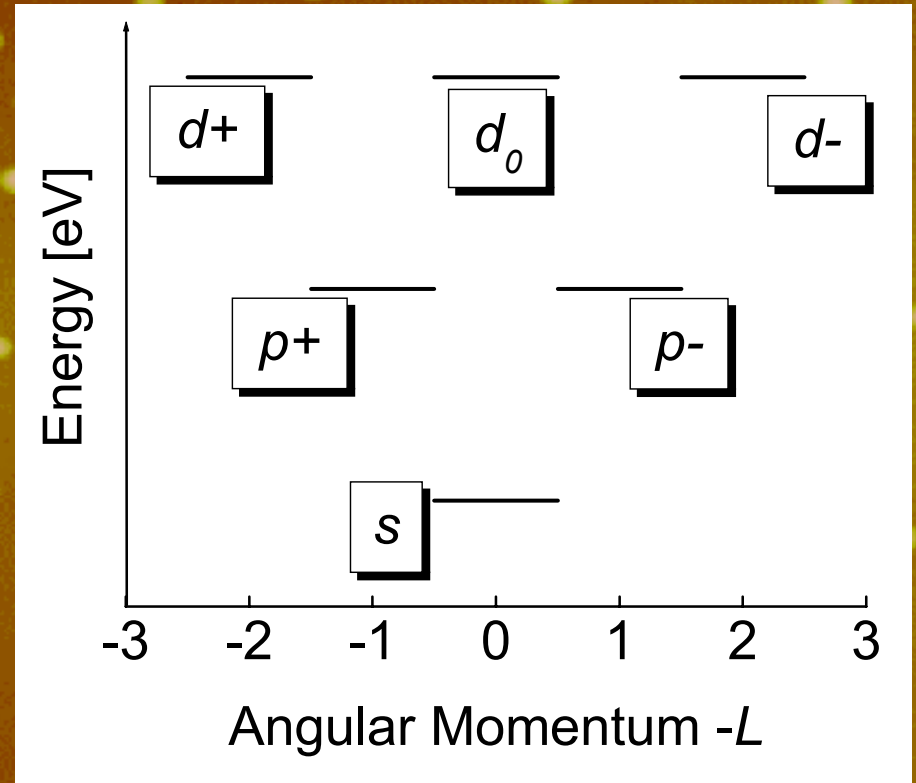
Kropki kwantowe - lokalizacja w płaszczyźnie wzrostu



$$V_{\beta}(x, y) = \frac{1}{2} m_{\beta}^* \omega_{\beta}^2 (x^2 + y^2)$$

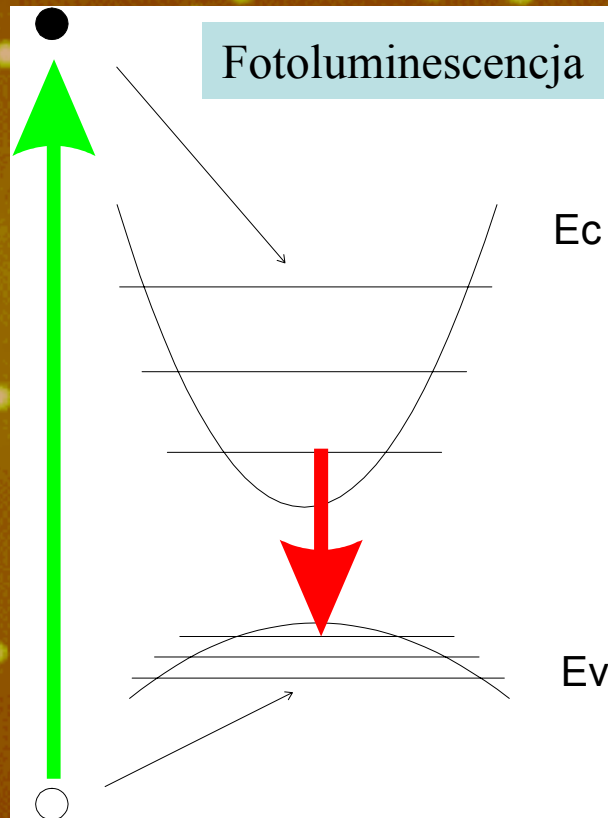
gdzie, $\beta = e, h$

$$E_{\beta, n, m} = \hbar \omega_{\beta} \left(n + \frac{1}{2} \right) + \hbar \omega_{\beta} \left(m + \frac{1}{2} \right)$$

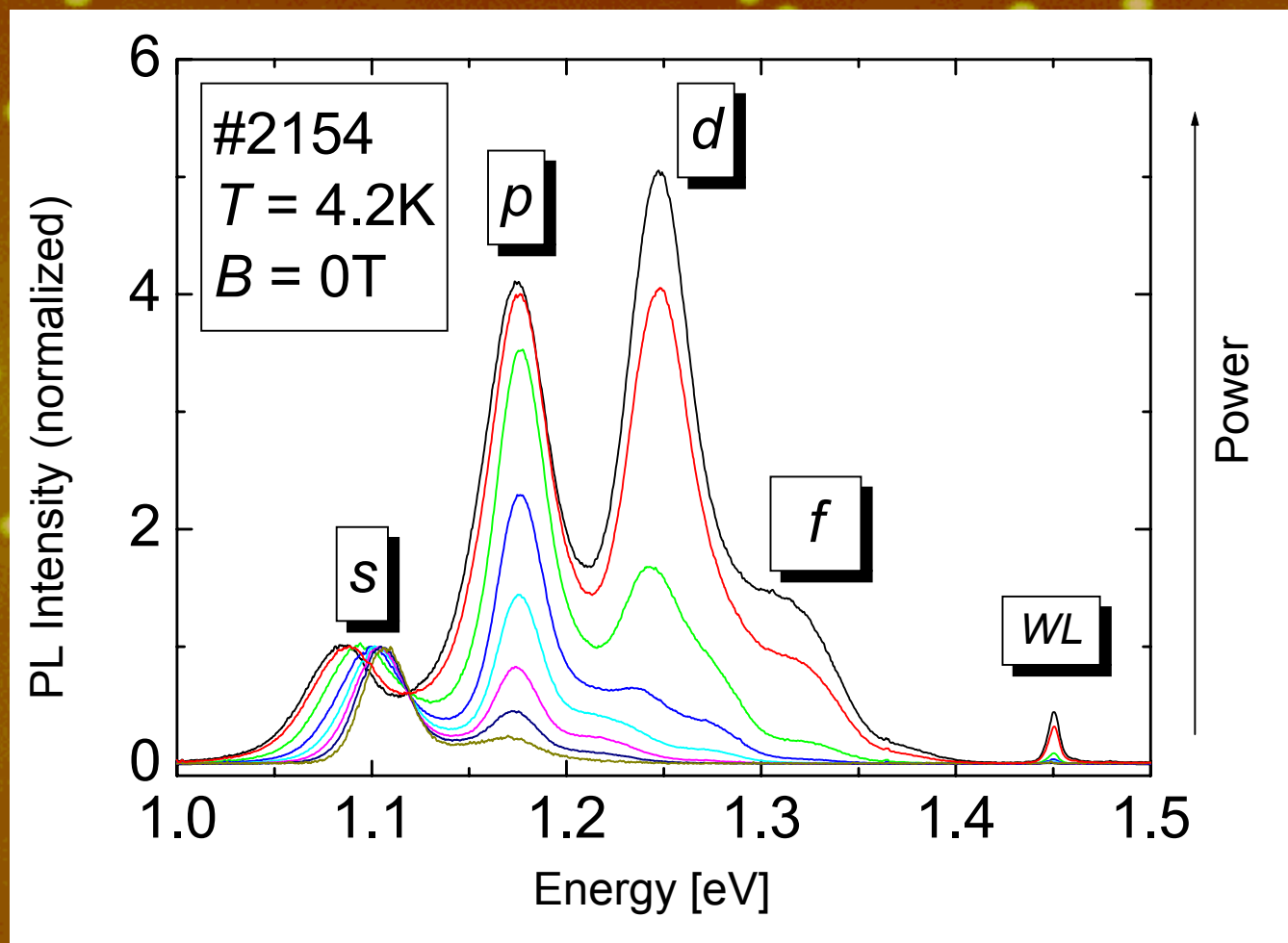


$n, m = 0, 1, 2, \dots$
 $L = n - m$ (elektron)

Doświadczenie

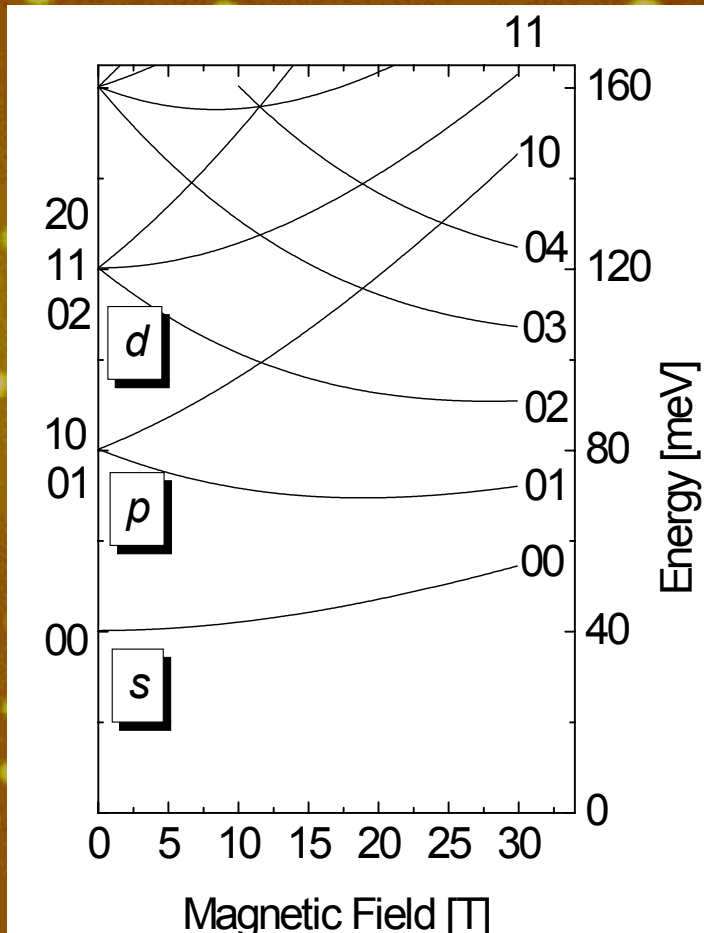


Kropki kwantowe - sztuczne atomy

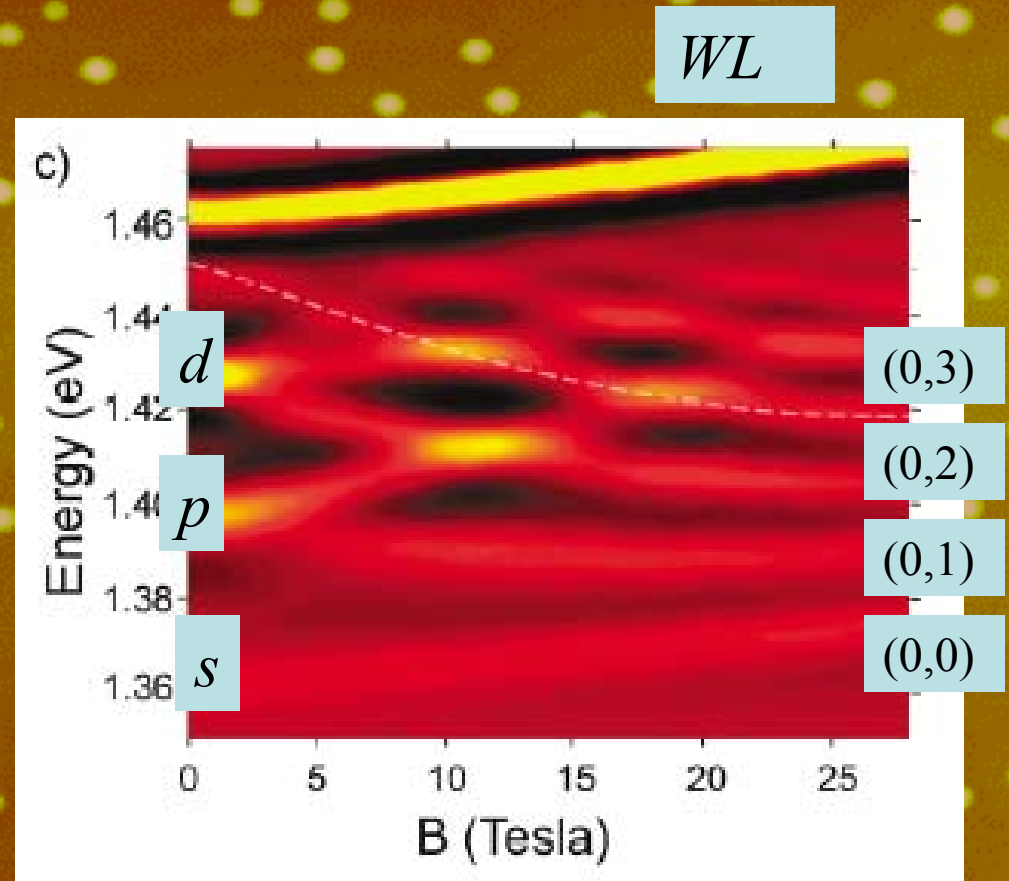


Luminescencja z dużego zbioru QDs
w funkcji mocy pobudzania ($\lambda_{\text{exc}} = 514.5\text{ nm}$)

Kropki kwantowe w polu magnetycznym widmo Focka-Darwina nieoddziałujących cząstek



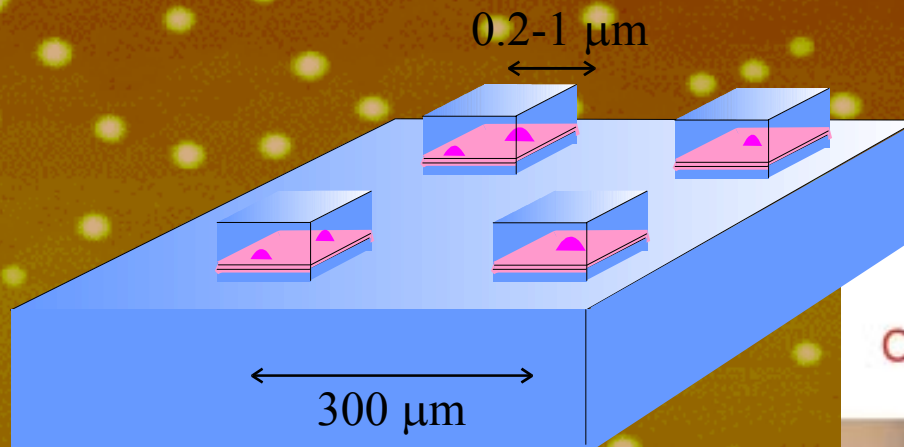
Teoria



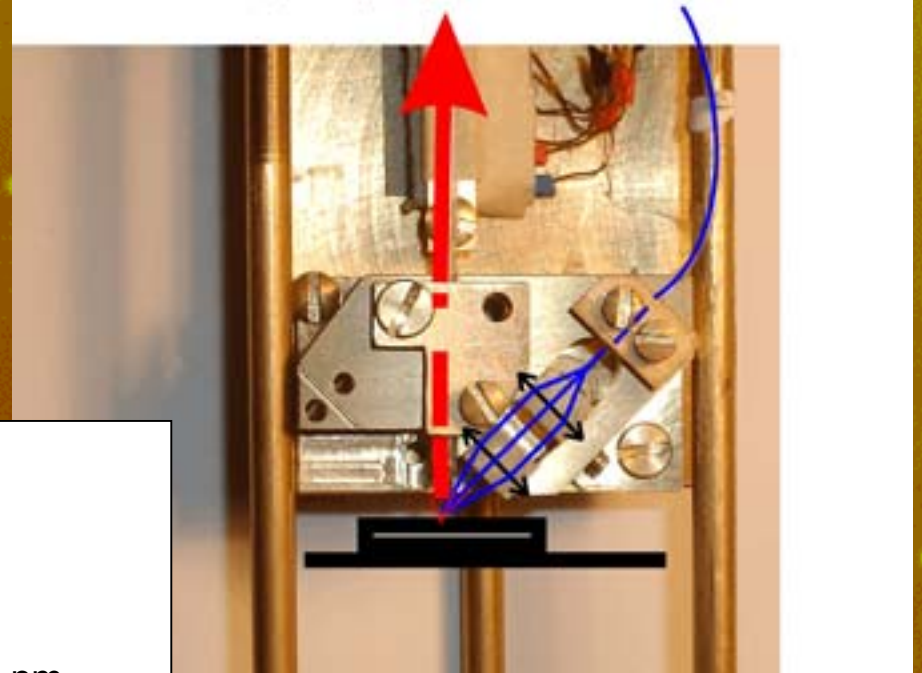
Doświadczenie

S.Raymond et al *Phys. Rev. Lett.* **92**; 180472 (2004)

Doświadczenie

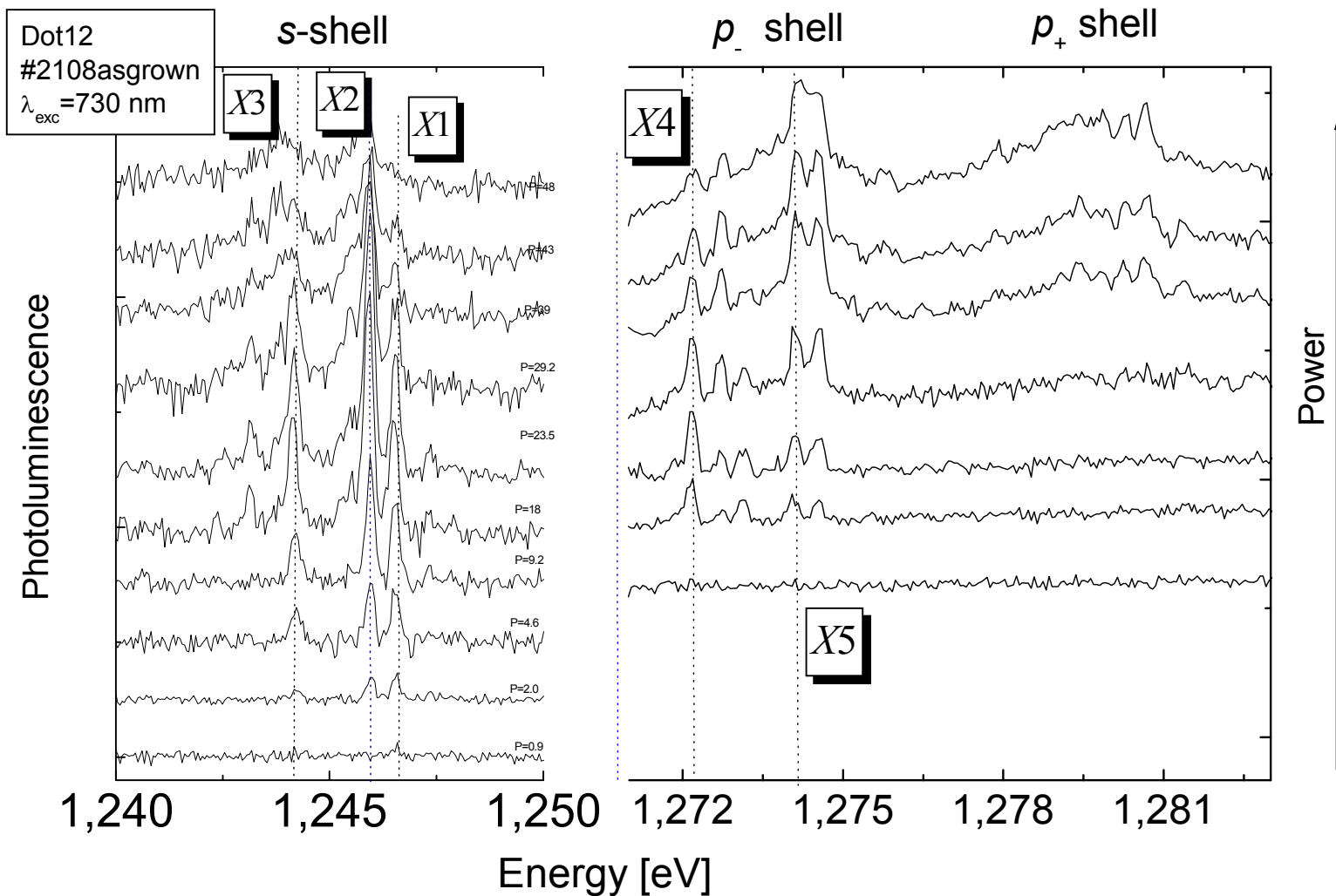


Single mode fiber -
mode field diameter
Collection ($600\ \mu\text{m}$) $5.5\ \mu\text{m}$



$T=300K$
Minimum step $\sim 50\ \text{nm}$
Maximum step $\sim 1\ \mu\text{m}$
 $T=4.2K$
Minimum step $\sim 5\ \text{nm}$
Maximum step $\sim 100\ \text{nm}$

Spektroskopia pojedynczych kropek kwantowych

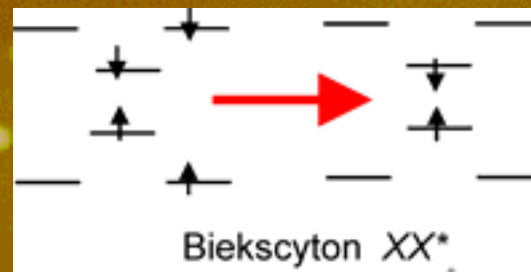


Spektroskopia pojedynczych kropek kwantowych

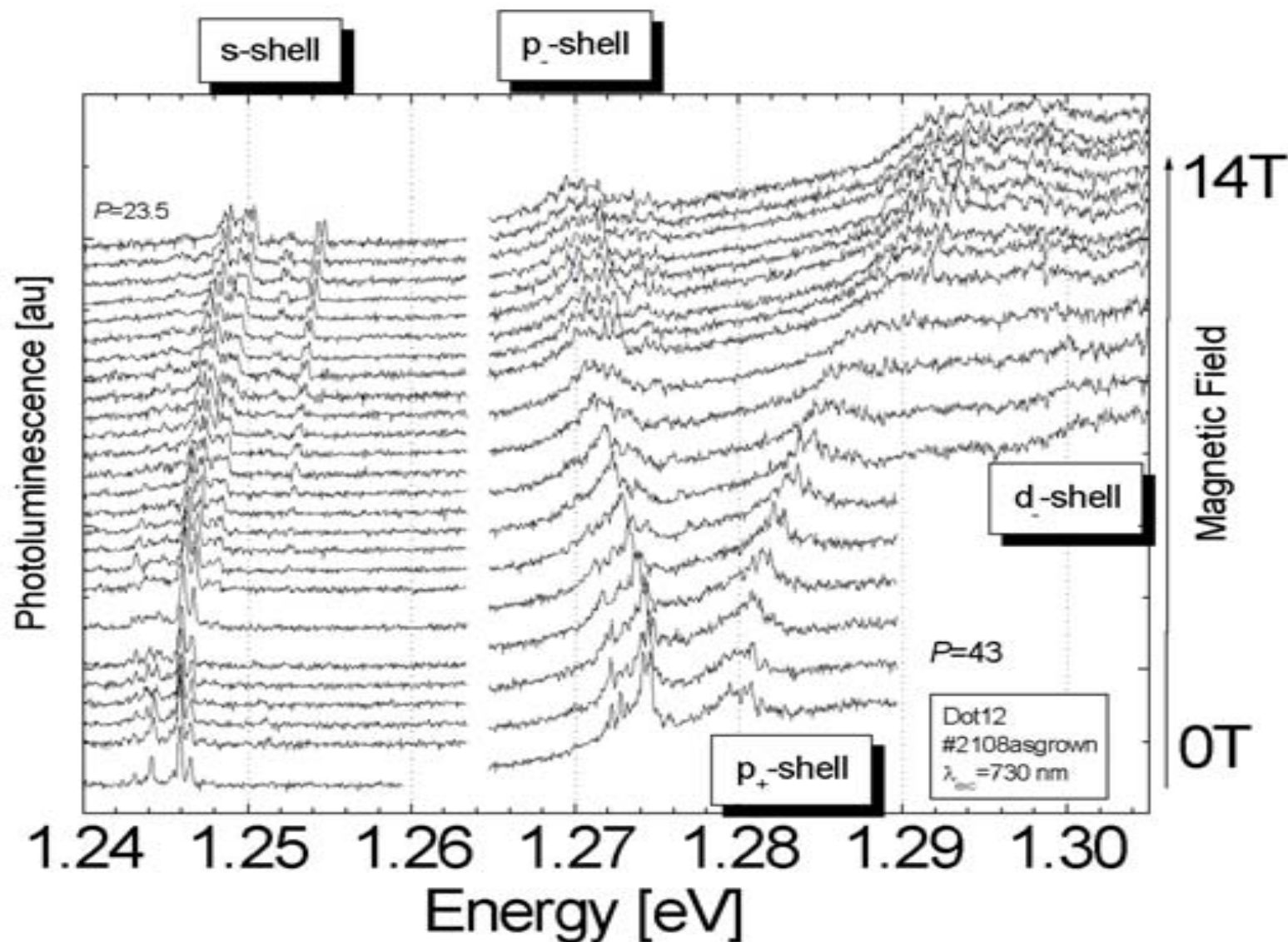
Powłoka s



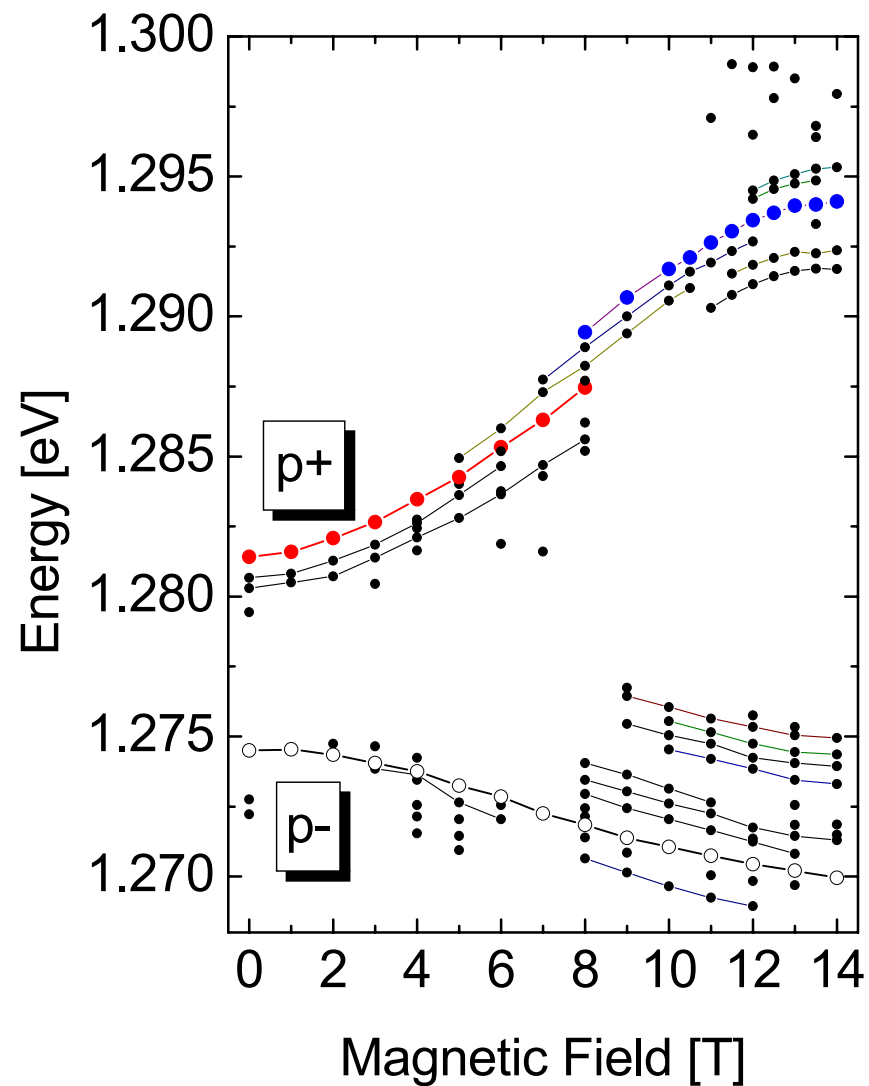
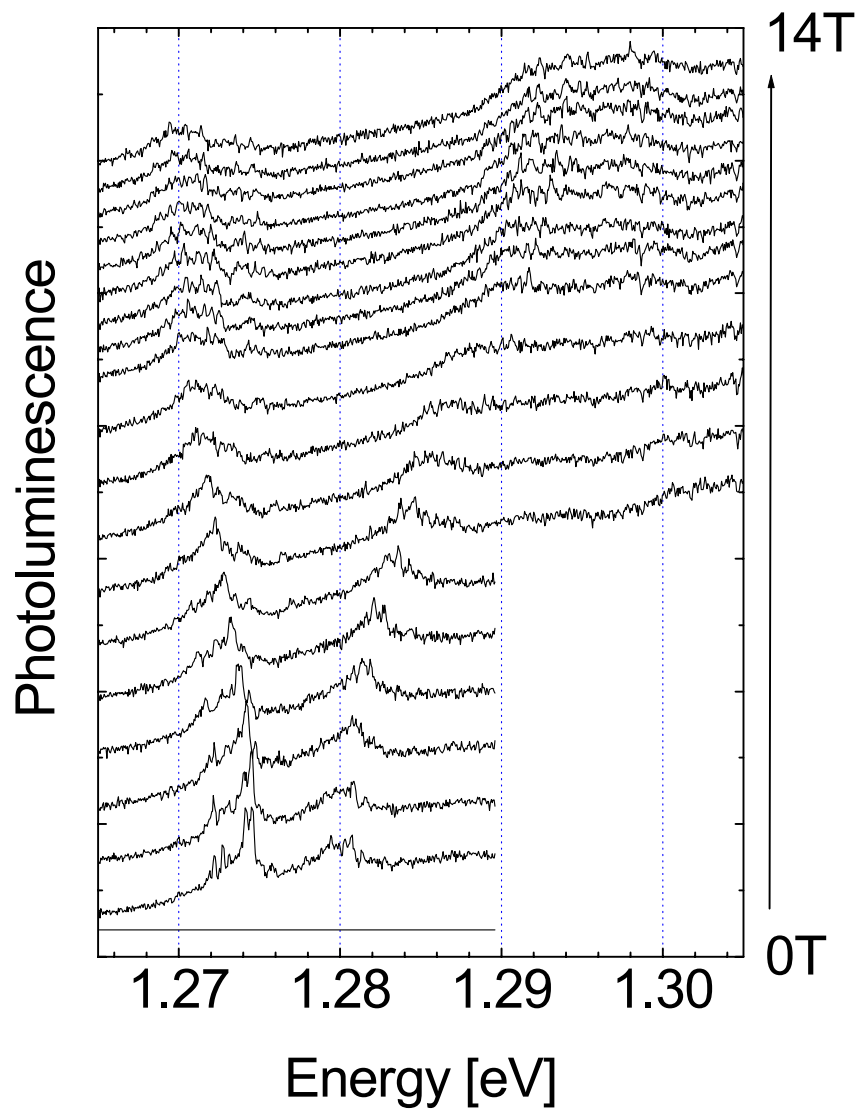
Powłoka p



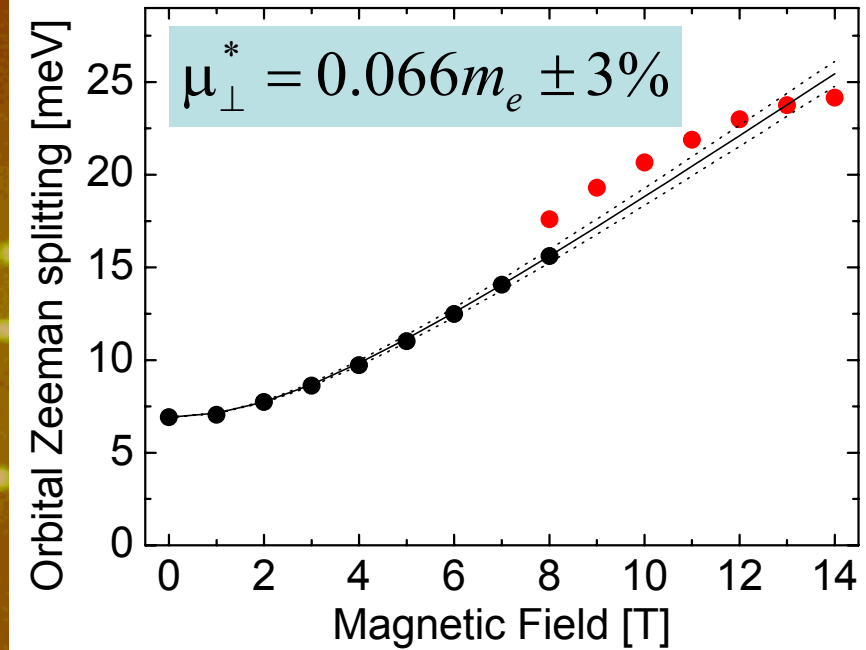
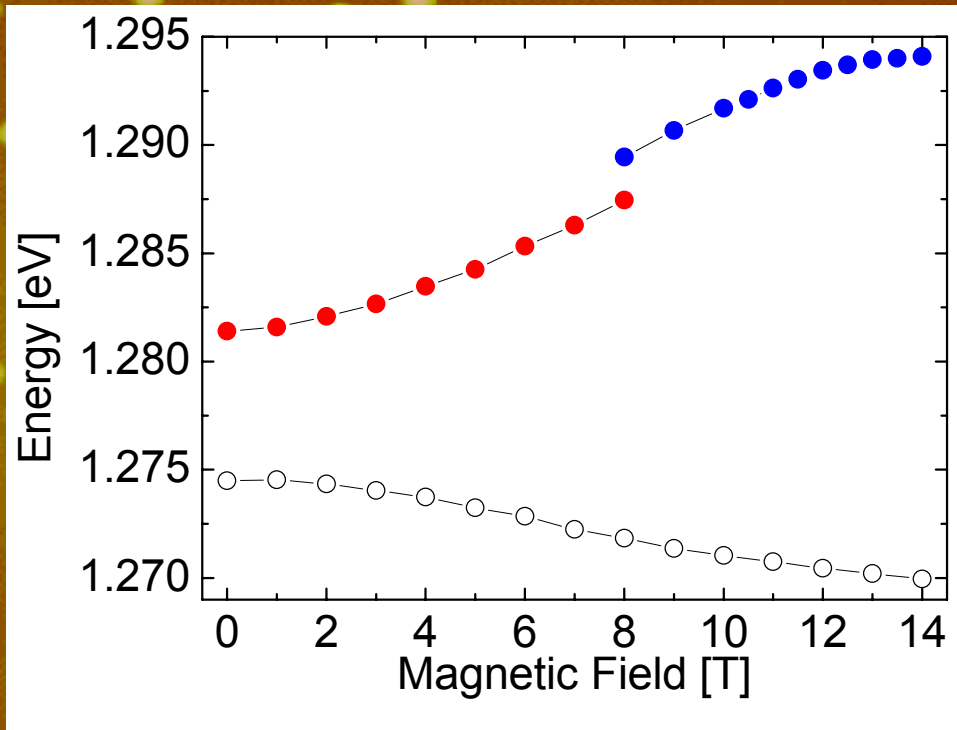
Pojedyncze kropki kwantowe w polu magnetycznym



Powłoka p

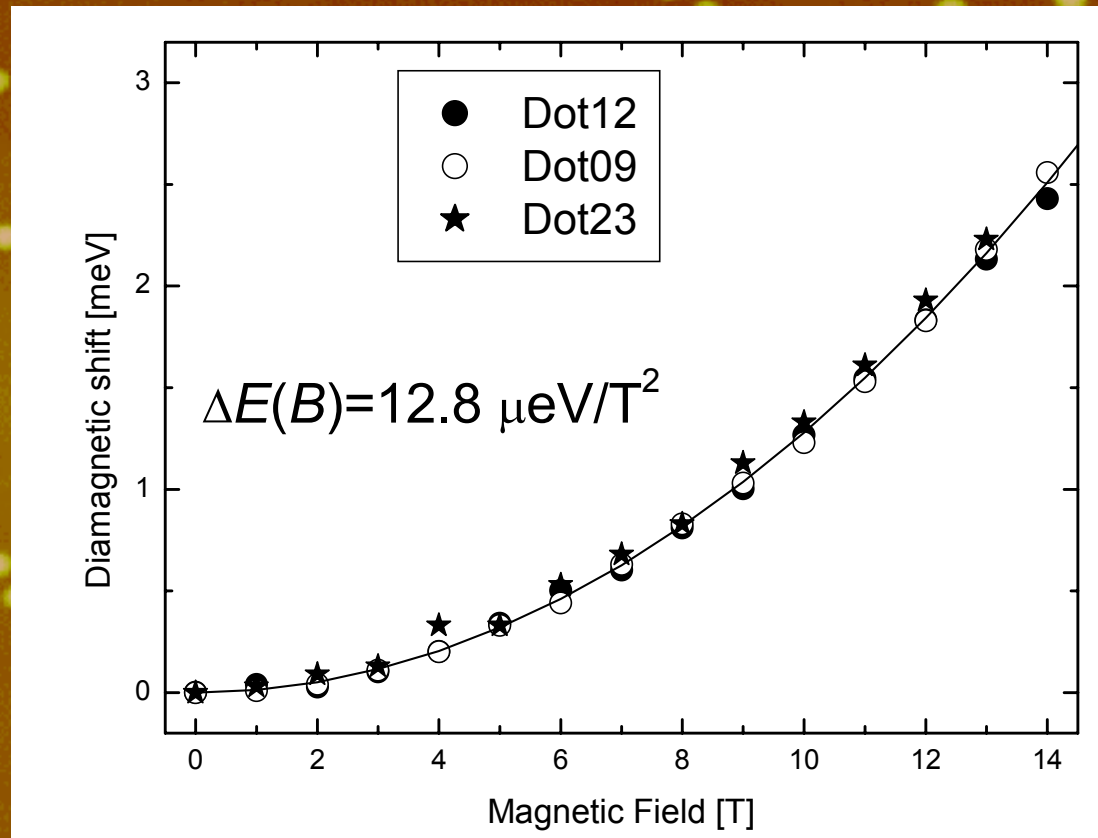


Powłoka p



$$\Delta E_{\pm 1} = \sqrt{\left(e\hbar B / \mu_{\perp}^*\right)^2 + \delta^2}$$

Powłoka s - Przesunięcie diamagnetyczne



$$\Delta E = \frac{e^2}{8\mu} \langle \rho^2 \rangle B^2$$

$$\text{dla } \mu_{\perp}^* = 0.066 m_0$$

$$\sqrt{\langle \rho^2 \rangle} = 6.2 \text{ nm}$$

Podsumowanie

Spektroskopia pojedynczych kropek kwantowych pozwala na badanie oddziaływań pomiędzy silnie zlokalizowanymi pojedynczymi nośnikami

Pole magnetyczne znosi degeneracje poszczególnych stanów i dodatkowo lokalizuje oddziałujące cząstki