

# Wybrane aspekty nanotechnologii - egzamin

PRL 101, 256802 (2008)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending  
19 DECEMBER 2008

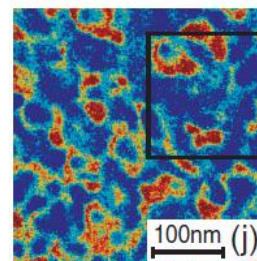
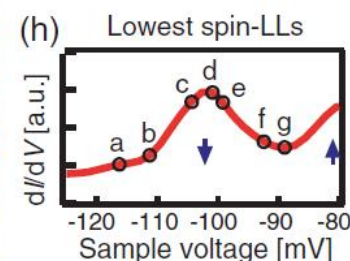
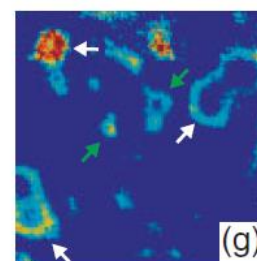
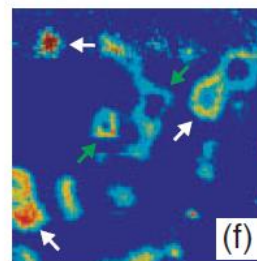
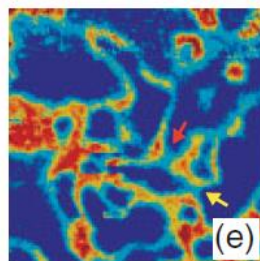
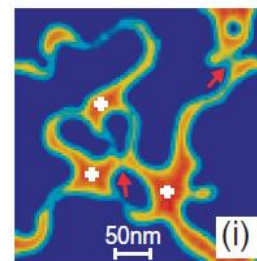
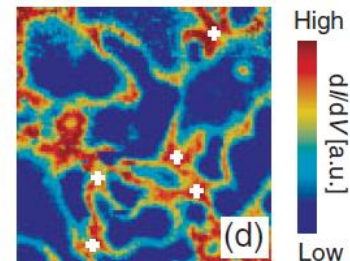
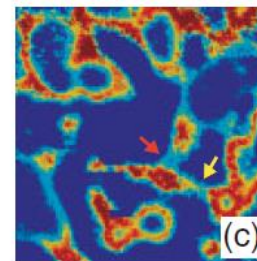
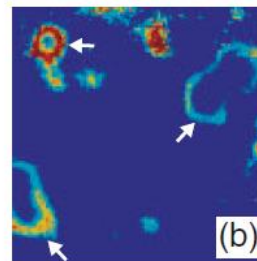
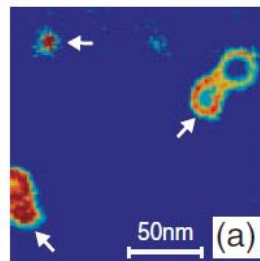
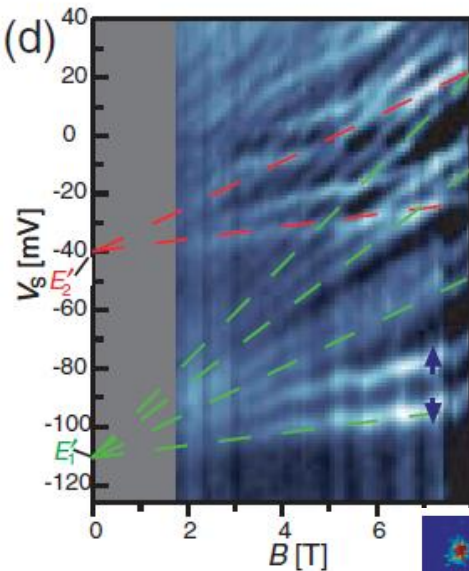


## Quantum Hall Transition in Real Space: From Localized to Extended States

K. Hashimoto,<sup>1,2,3,\*</sup> C. Sohrmann,<sup>4</sup> J. Wiebe,<sup>1</sup> T. Inaoka,<sup>5</sup> F. Meier,<sup>1,†</sup> Y. Hirayama,<sup>2,3</sup> R. A. Römer,<sup>4</sup>  
R. Wiesendanger,<sup>1</sup> and M. Morgenstern<sup>6,7</sup>

W pracy Hashimoto et al. PRL 101, 256802 (2008) autorzy za pomocą spektroskopii tunelowej zmierzili ewolucję stanów Landaua w polu magnetycznym – zewraz ze wzrostem pola stany zlokalizowane zmieniały się w stany przewodzące.

Egzamin – całość za **80p**. Aby być dopuszczonym do ustnego należy z kolokwium i egzaminu zdobyć co najmniej 50% punktów. Termin – do 14 lutego 2014.



# Wybrane aspekty nanotechnologii - egzamin

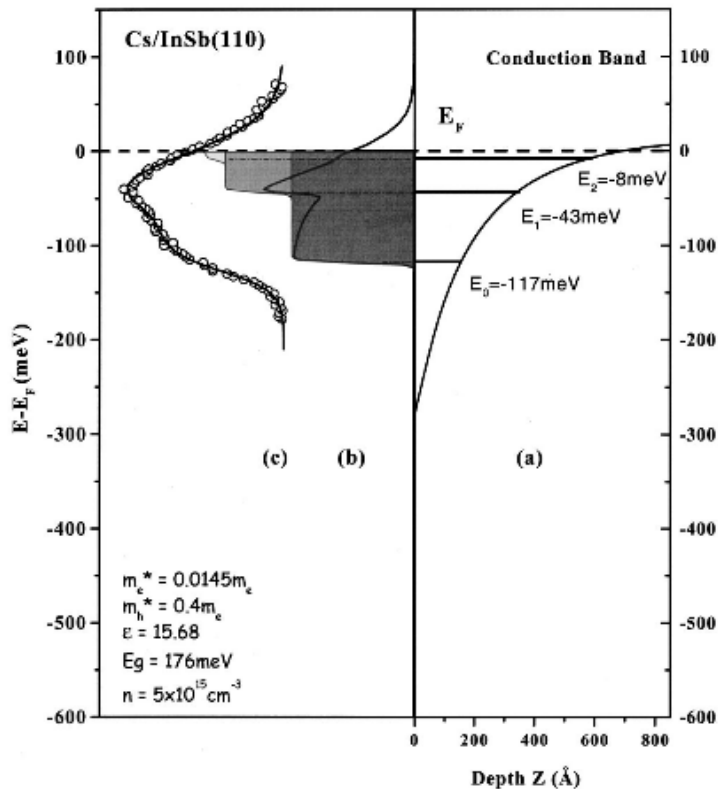


FIG. 5. Result of a self-consistent solution of the Poisson-Schrödinger equations for the Cs/InSb(110) system. (a) Potential well shape and subband energy levels in the subsurface region; (b) theoretical density of states in the parabolic approximation multiplied by the Fermi-Dirac distribution function at temperatures of 0 and 300 K; (c) photoemission experimental spectrum of the conduction band for  $0.01\Theta$ , Cs (white dots), and theoretical data calculated at RT and convoluted with the experimental broadening (continuous line).

Betti et al. Physical Review B, VOLUME 63, 155315 (2002)

Dwuwymiarowy gaz elektronowy został otrzymany interesującą metodą – poprzez zdeponowanie na powierzchni (11) InSb atomów cezu w niskiej temperaturze (ok. 30 K) [Betti et al. Physical Review B, VOLUME 63, 155315 (2002)]. Obecność atomów cezu na powierzchni InSb powoduje wygięcie pasma przewodnictwa i powstanie trójkątnej studni potencjału (rys. obok), w której pojawia się dwuwymiarowy gaz elektronowy.

# Wybrane aspekty nanotechnologii - egzamin

W pracy Hashimoto et al. PRL 101, 256802 (2008) zostało zmierzone za pomocą spektroskopii tunelowej zachowanie lokalnej gęstości stanów elektronów na poziomie Landaua. Korzystając z Rys. 1 tej pracy wyznacz:

1. Znajdź parametry pasmowe InSb ( $E_g$ , masy efektywne, g-czynnik). Jak wygląda płaszczyzna (110) sieci fcc? [5p]
2. Znajdź parametry nieskończonej studni trójkątnej pasujące do rys. 1 b. (Wskazówka: Davis 4.4, Wykład 3 i 4). Jakiemu polu elektrycznemu odpowiada obecność atomów Cs na powierzchni półprzewodnika (przelicz pole na nm i na cm)? [25p]
3. Na podstawie Rys. 1c i 1d wyznacz masy efektywne oraz g-czynniki na wszystkich zaznaczonych na 1d poziomach Landaua przyjmując, że częstość cyklotronowa na poziomie  $n + 1$  jest dana przez różnicę energii  $E_{n+1} - E_n$  [10p] Ze wzoru Landego  $g = 1 + [J(J + 1) + S(S + 1) - L(L + 1)]/2J(J + 1)$  wyznacz „moment orbitalny” elektronu odpowiadający znalezionej wartości g-czynnika [5p] (tak wyznaczony „moment orbitalny” jest przyznaje nonsensowny, ale daje pogląd na znaczenie oddziaływania spin-orbita).
4. Oszacuj koncentracje nośników 2D na poziomie  $E_1$  i  $E_2$  i porównaj z koncentracją wyznaczoną z rachunku samouzgodnionego – jakie masy efektywne zostały użyte do wyznaczenia wartości z rys. 1b? [15p]
5. Zaproponuj opis za pomocą macierzy transferu eksperymentu opisanego w artykule Hashimoto et al. Przyjmij, że drut wolframowy jest jedną elektrodą, a próbka InSb w pewnej odległości od powierzchni drugą. Atomy cezu na powierzchni InSb możesz potraktować jako element studni kwantowej, zwróć uwagę na grubości stosownych obszarów. [10p]. Zaproponuj diagram energii odpowiadający sytuacji eksperymentalnej [5p]
6. Uzasadnij wzór  $r_c = \sqrt{(2n + 1)\hbar/eB}$  wykorzystywany do klasycznej interpretacji IQH – tj. porównaj ten wzór z odpowiednim modelem klasycznym. Oblicz  $r_c$  w 12T dla poziomów Landaua w 12 T (z 1d). [5p]

# Wybrane aspekty nanotechnologii - egzamin

## Tematy na ustny:

### Ocena dst

1. Pakiet falowy i cząstka w nieskończonej studni potencjału (o różnym kształcie) (1, 2, 4, W1, W3)
2. Cząstka w skończonej studni potencjału – heterostruktury, band engineering. (3, 4, W2, W4)
3. Gęstość stanów w nanostrukturach, koncentracja nośników, poziom Fermiego (1, 3, W1, W2).

### Ocena db

1. Przejścia optyczne w heterostrukturach (8, W6)
2. Konstrukcja diagramów pasmowych, złącza metal-półprzewodnik, złącza p-n, dioda – zjawiska fizyczne na złączach. (3, W8, W9)
3. Tunelowanie przez bariery potencjału – macierze przejścia: próg, bariera, tunelowanie rezonansowe (5, W9, W10)
4. Kwant przewodnictwa i blokada kulombowska.(5, W10)
5. Tensor przewodnictwa w polu magnetycznym. Efekt Halla (6, W11, W12)

### Ocena bdb

1. Cząstka w polu elektrycznym – równanie ciągłości, efekt Franza-Kieldysha. (6, W11)
2. Cząstka w polu magnetycznym, poziomy Landaua, poziom Fermiego, efekt Shubnikova-de Haasa (6, W12).
3. Całkowity i ułamkowy kwantowy efekt Halla (6, W12, W13)

W nawiasach: numer rozdziału z książki J. Davisa *The physics of low dimensional semiconductors* oraz numer wykładu W.