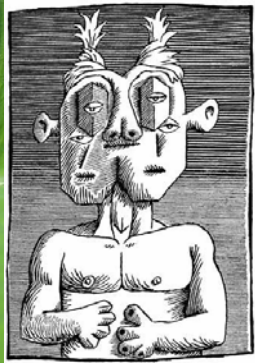


Co to są półprzewodniki?



Jacek.Szczytko@fuw.edu.pl

Wydział Fizyki UW

Jak TO działa? <http://www.fuw.edu.pl/~szczytko/>

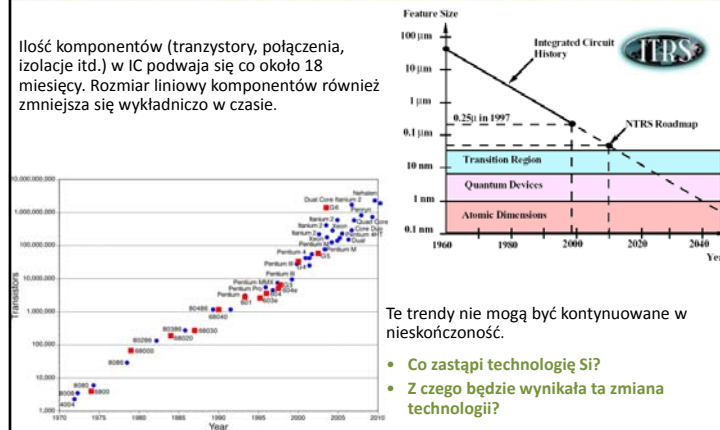


2013-11-20

2

TRENDY: Prawo Moore'a

Ilość komponentów (tranzystory, połączenia, izolacje itd.) w IC podwaja się co około 18 miesięcy. Rozmiar liniowy komponentów również zmniejsza się wykładniczo w czasie.



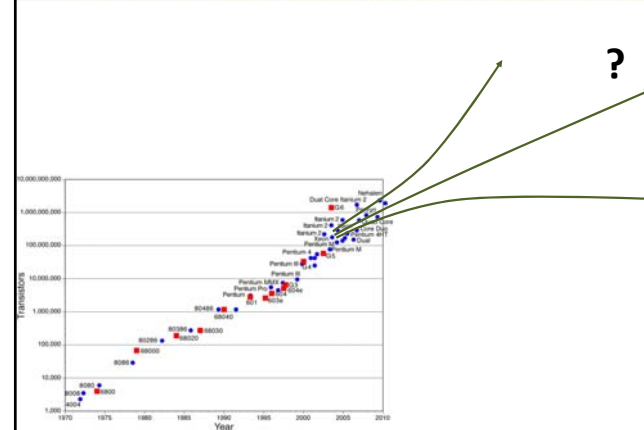
Te trendy nie mogą być kontynuowane w nieskończoność.

- Co zastąpi technologię Si?
- Z czego będzie wynikała ta zmiana technologii?

2013-11-20

Źródło: Intel 3

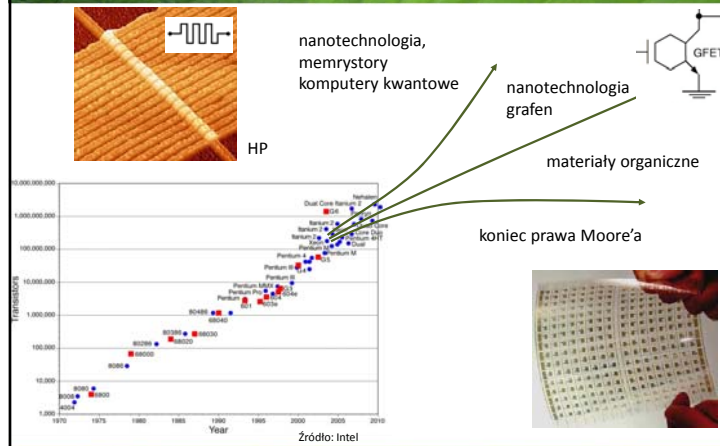
TRENDY: Prawo Moore'a



2013-11-20

Źródło: Intel 4

TRENDY: Prawo Moore'a



2013-11-20

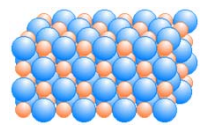
Jak TO działa?

- Przeprojektowanie CMOS (np. wertykalne, FIN, MOSFET z podwójną bramką)
- Urządzenia alternatywne (np. na pojedynczych elektronach)
- Urządzenia hybrydowe (np. FET z nanorurek)
- Nowe architektury (np. samonaprawiające się, defect-tolerance, automaty komórkowe)
- Zupełnie nowe architektury (np. komputery molekularne, komputery kwantowe)

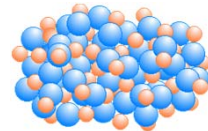


2013-11-20

Czy dwa półprzewodniki dadzą cały przewodnik?



Kryształ



Ciało amorficzne

2013-11-20

Przepływ prądu

2013-11-20

8

Półprzewodniki

II	III	IV	V	VI	
Be	B	C	N	O	
Mg	Al	Si	P	S	
Zn	Ga	Ge	As	Se	
Cd	In	Sn	Sb	Te	

Nośniki:
 dziury +
 elektrony -

Domieszki:
 Akceptory (typ p)
 Donory (typ n)

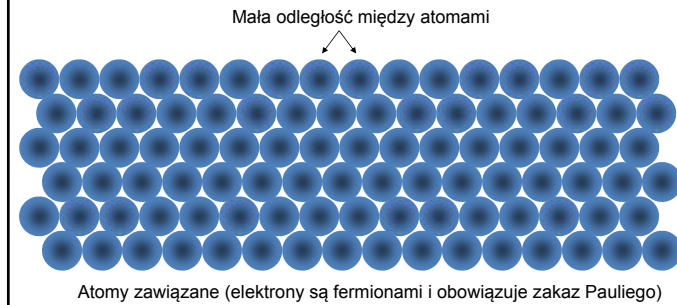
Grupa IV: diament, Si, Ge
 Grupy III-V: GaAs, AlAs, InSb, InAs...
 Grupy II-VI: ZnSe, CdTe, ZnO, SdS...

2013-11-20

9

Czy dwa półprzewodniki dadzą cały przewodnik?

- Co to jest izolator, półprzewodnik, przewodnik?



2013-11-20

10

Trochę historii

XX w: materia ma (również) charakter falowy

Fale materii – De Broglie 1924 (Nobel 1929), doświadczenia G.P. Thomsona L.H. Germera i C.J. Davissona (Nobel 1937)

klasycznie



$$\lambda = h / p$$

$$p = h / \lambda$$

<http://www.colorado.edu/physics/2000/schrodinger/two-slit3.html>

Trochę historii

XX w: materia ma (również) charakter falowy

Fale materii – De Broglie 1924 (Nobel 1929), doświadczenia G.P. Thomsona L.H. Germera i C.J. Davissona (Nobel 1937)

klasycznie



kwantowo



2013-11-20
2013-11-20

<http://www.colorado.edu/physics/2000/schrodinger/two-slit3.html>

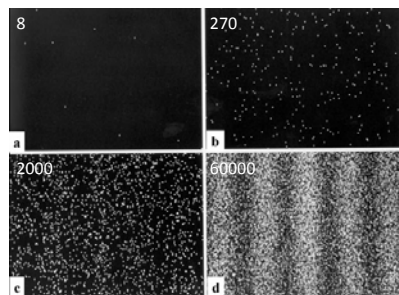
12

Trochę historii

XX w: materia ma (również) charakter falowy

Fale materii – De Broglie 1924 (Nobel 1929), doświadczenia G.P. Thomsona L.H. Germera i C.J. Davissona (Nobel 1937)

$$\lambda = h / p$$

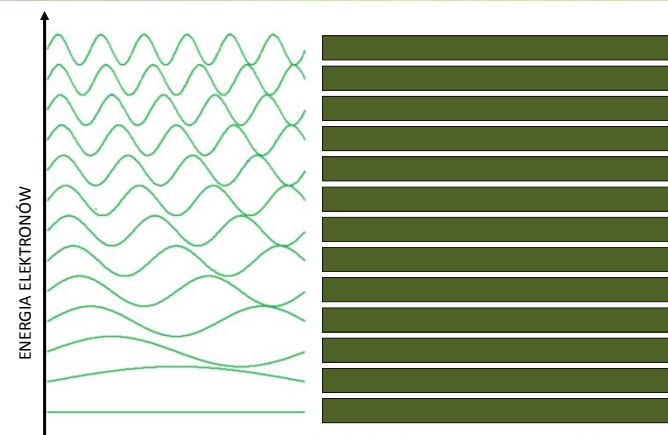


Single-electron events build up over a 20 minute exposure to form an interference pattern in this double-slit experiment by Akira Tonomura and co-workers. (a) 8 electrons; (b) 270 electrons; (c) 2000 electrons; (d) 60,000. A video of this experiment will soon be available on the web www.hard.hitachi.co.jp/em/doubleslit.html.

2013-11-20

13

Teoria pasmowa ciał stałych.

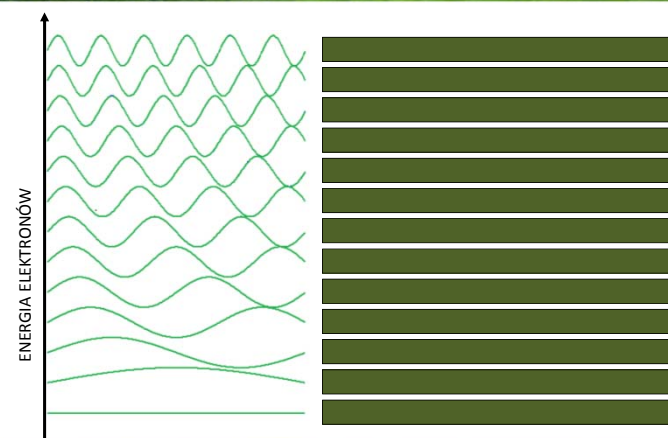


2013-11-20

14

Elektron jako fala

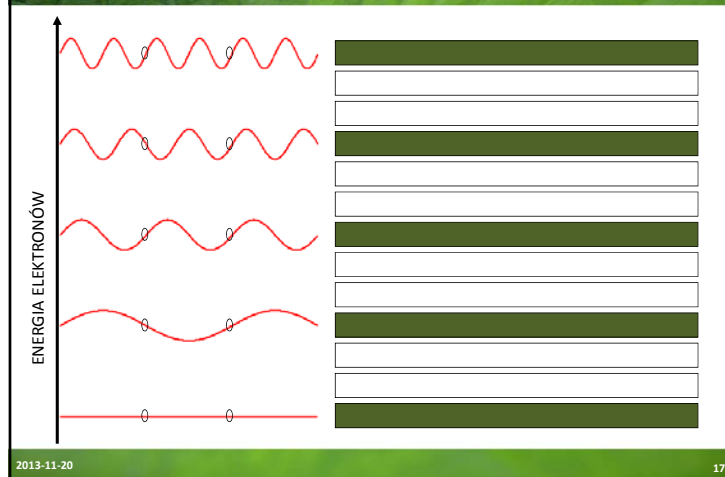
Teoria pasmowa ciał stałych.



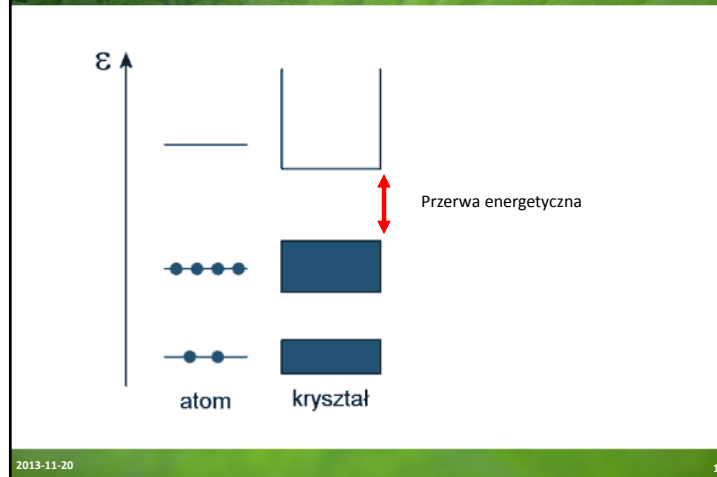
2013-11-20

16

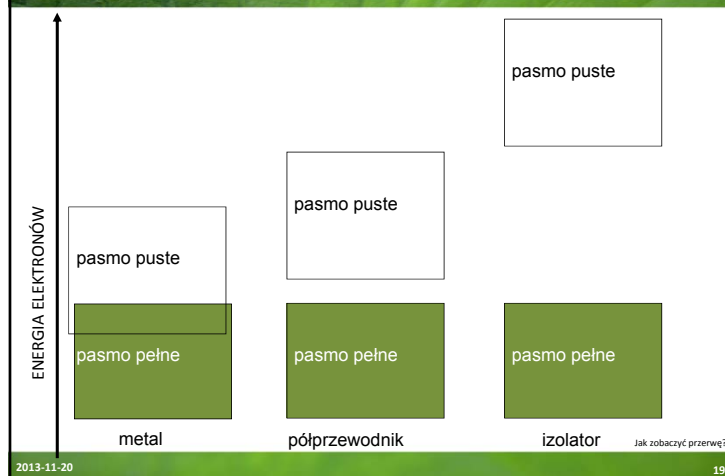
Teoria pasmowa ciał stałych.



Teoria pasmowa ciał stałych.



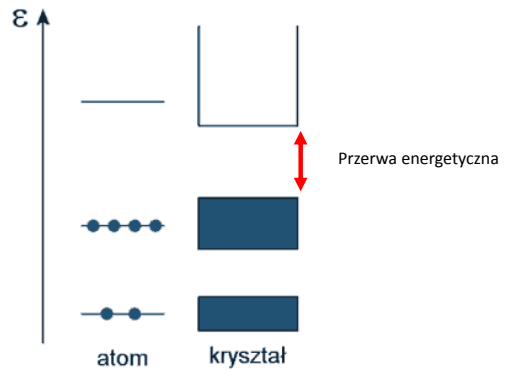
Teoria pasmowa ciał stałych.



Teoria pasmowa ciał stałych.



Teoria pasmowa ciał stałych.

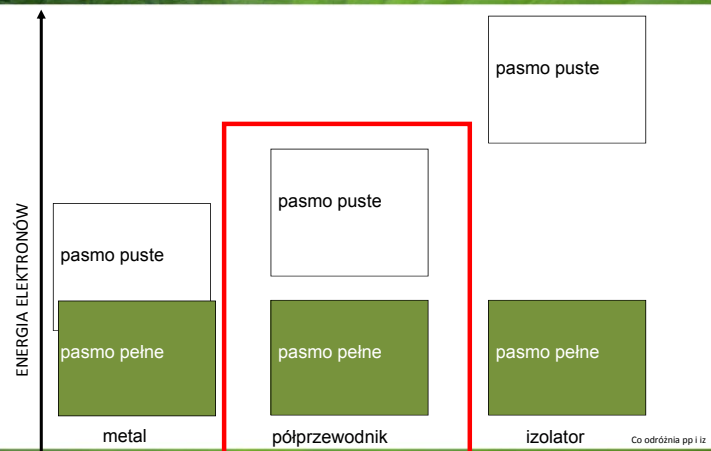


2013-11-20

21

Czy możemy zobaczyć przerwę energetyczną?

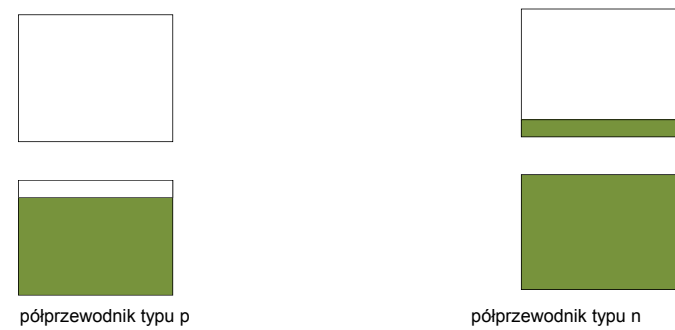
Teoria pasmowa ciał stałych.



2013-11-20

23

Teoria pasmowa ciał stałych.

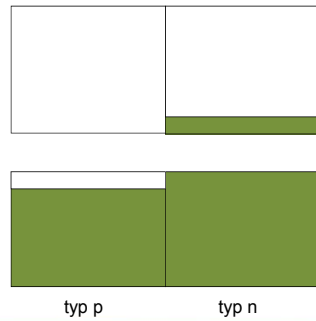


2013-11-20

24

Teoria pasmowa ciał stałych.

Dioda – czyli złącze p - n



typ p

typ n

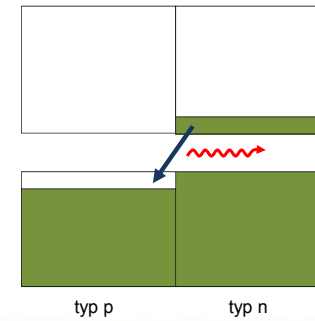
Flat band

2013-11-20

25

Teoria pasmowa ciał stałych.

Dioda – czyli złącze p - n



typ p

typ n

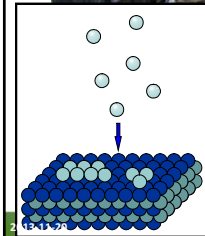
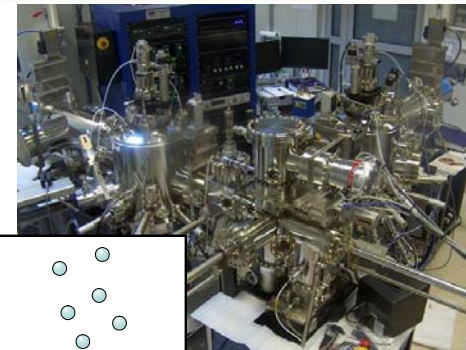
Flat band

2013-11-20

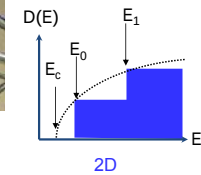
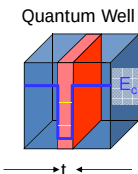
26

Diody

Jak się robi heterostruktury?



MBE → Osadzanie z atomową precyzją warstw o różnym składzie lub domieszkowaniu

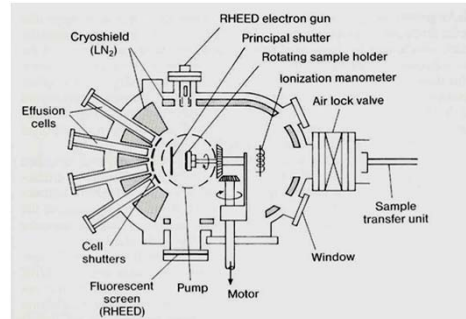


Hubert J. Krenner

28

Jak się robi heterostruktury?

Wzrost warstw **MBE** jest monitorowany przez Reflection High Energy Electron Diffraction (REED). Komputer steruje przesłonami (shutterami) na froncie podgrzewanych komórek efuzyjnych, co pozwala na precyzyjną kontrolę wzrostu do poziomu pojedynczej warstwy atomowej. Wzrost warstw z jamami kwantowymi (quantum wells), kropek kwantowych (quantum dots) – struktury LD, LED.



2013-11-20

29

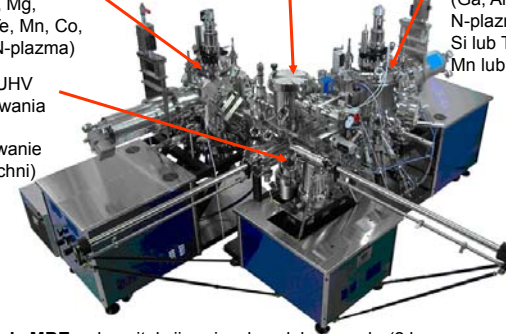
Jak się robi heterostruktury?

komora UHV wzrostu materiałów II-VI (Zn, Cd, Mg, S, Se, Te, Mn, Co, ZnCl₂, N-plazma)

komora załadunkowa

komora UHV wzrostu materiałów III-V (Ga, Al, In, As, Sb, N-plazma, Si lub Te, Be lub Zn, Mn lub Cr lub Co)

komora UHV przygotowania podłoży (odgazowanie powierzchni)

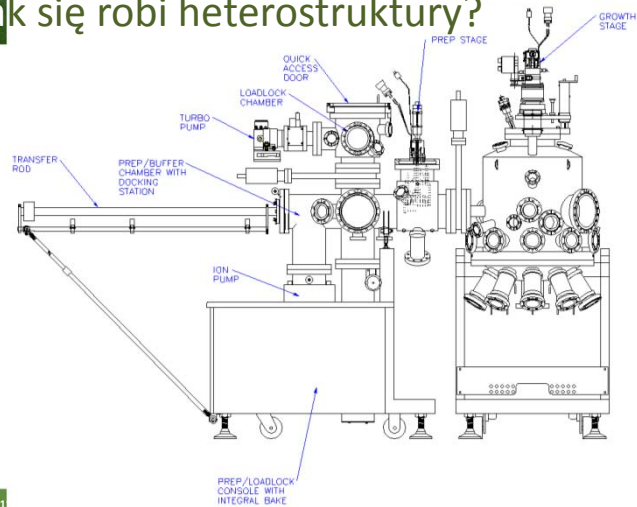


Urządzenie MBE - do epitaksji z wiązek molekularnych (2 komory wzrostu) producent SVTA (USA). Zakup przez Wydział Fizyki w r. 2010, program CePT

2013-11-20

30

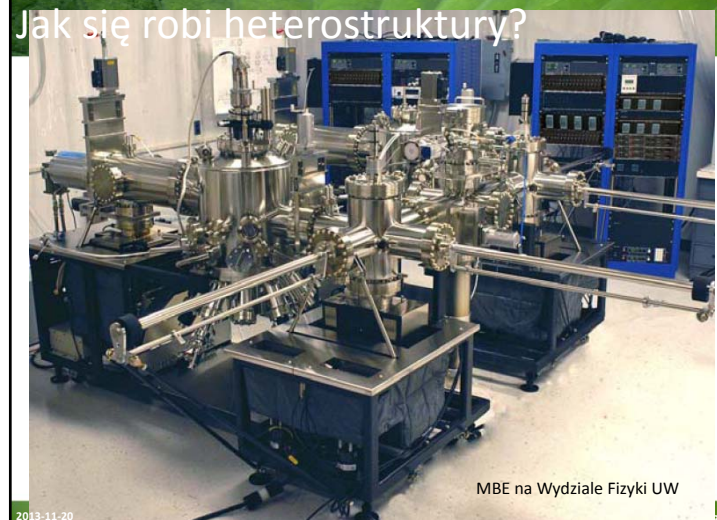
Jak się robi heterostruktury?



2013-11-20

31

Jak się robi heterostruktury?

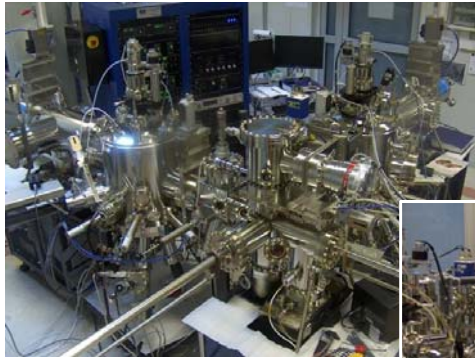


MBE na Wydziale Fizyki UW

2013-11-20

32

Jak się robi heterostruktury?



MBE na Wydziale Fizyki UW

2013-11-20

33

Jak się robi heterostruktury?

Reaktor Metal-Organic Chemical Vapour Epitaxy (MOCVD) w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego



Aixtron CCS 3x2

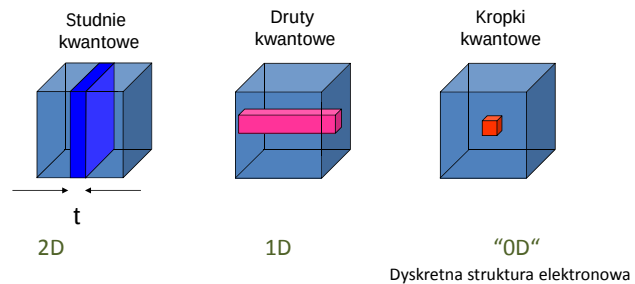
Heterostruktury GaInSb, AlGaInAs and AlGaIn.

2013-11-20

34

Struktury niskowymiarowe

Low-dimensional Semiconductor Systems



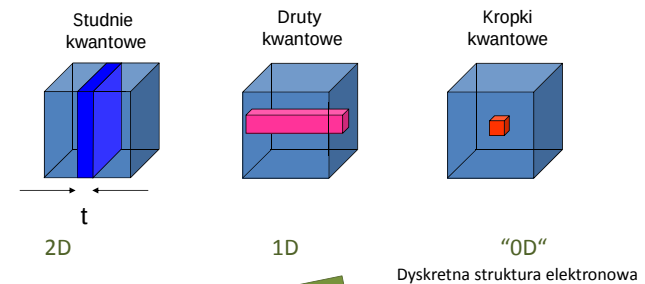
2013-11-20

35

Hubert J. Krenner

Struktury niskowymiarowe

Low-dimensional Semiconductor Systems



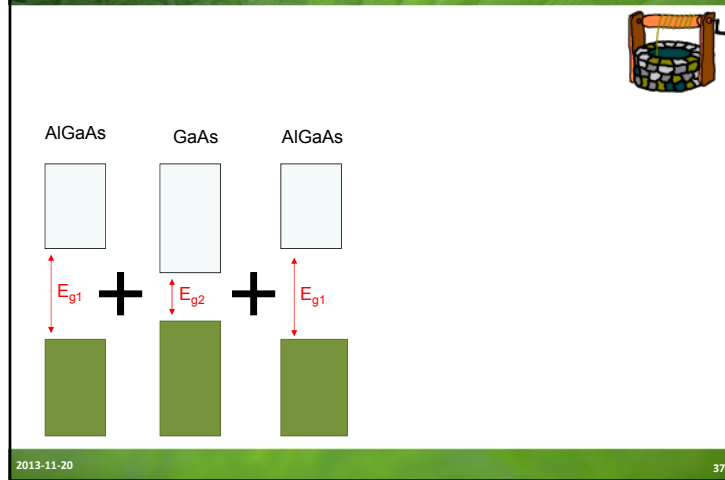
Za tydzień!

2013-11-20

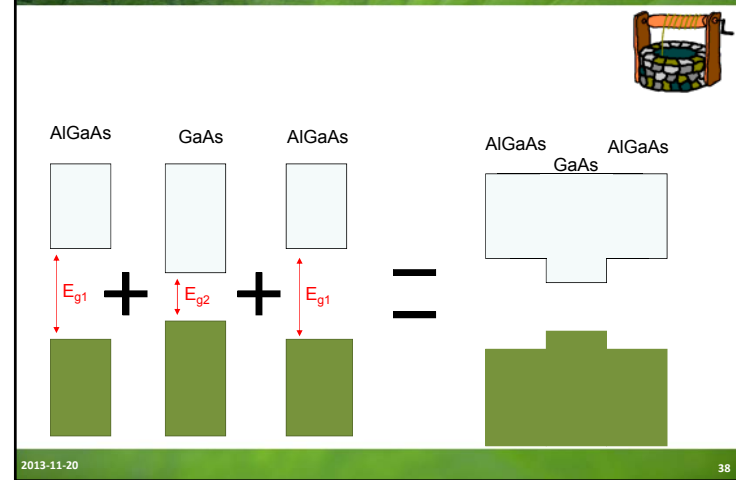
36

Hubert J. Krenner

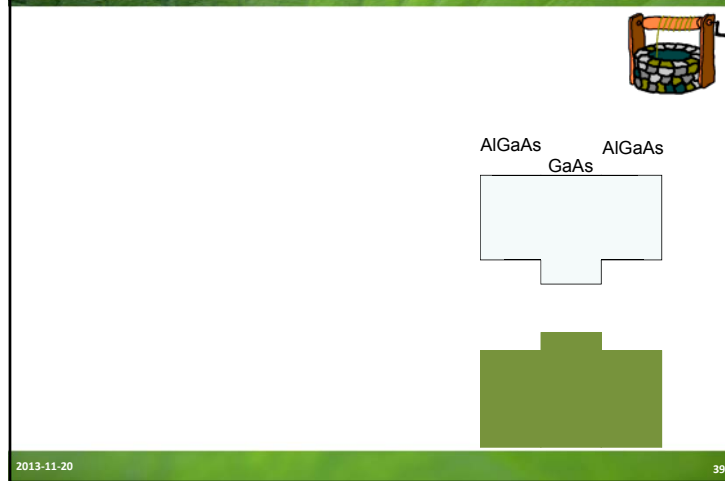
Studnia kwantowa



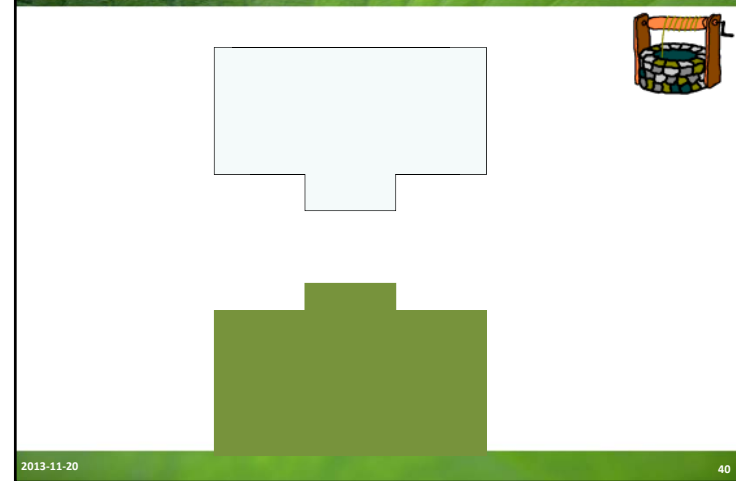
Studnia kwantowa



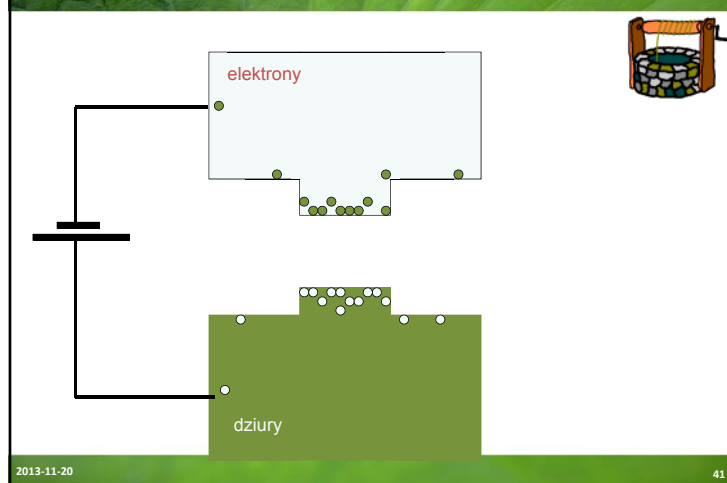
Studnia kwantowa



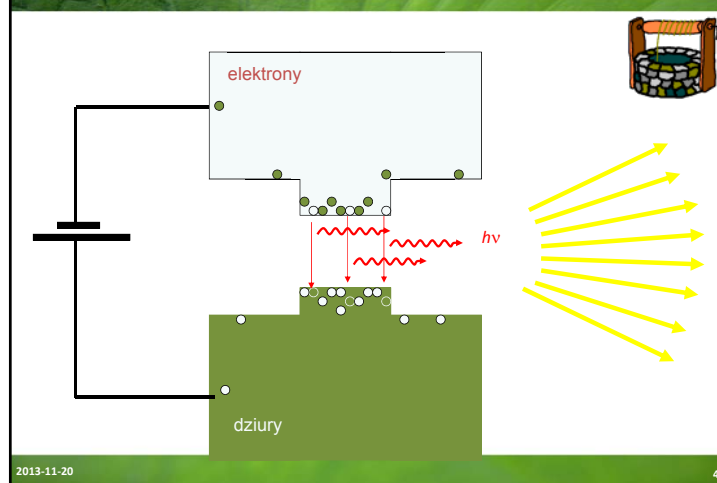
Studnia kwantowa



Studnia kwantowa



Studnia kwantowa



Studnia kwantowa

Lasery półprzewodnikowe

