

Kwantowe struktury półprzewodnikowe

Maja Mroczkowska

Mikołaj Olszewski

Cele prezentacji

- # Zapoznanie z podstawowymi kwantowymi strukturami półprzewodnikowymi
 - # Przybliżenie metod ich wykonywania i sposobu wykorzystania
 - # Zaciekawienie tematem
-

Korzyści dla słuchaczy

- # Podstawowe rozeznanie w nanofizyce
 - # Poznanie nowych trendów
 - # Znajomość akronimów typu DEG, SET, QUIT
 - # Materiały dodatkowe
-

Plan prezentacji

- # **Rozwiązania klasyczne i przyczyny powstania nowych technologii**
 - # DEG i FET
 - # Problemy nowych technologii i ich rozwiązania
 - # Skwantowane przewodnictwo
 - # Struktury kwantowe
 - # Zakończenie
-

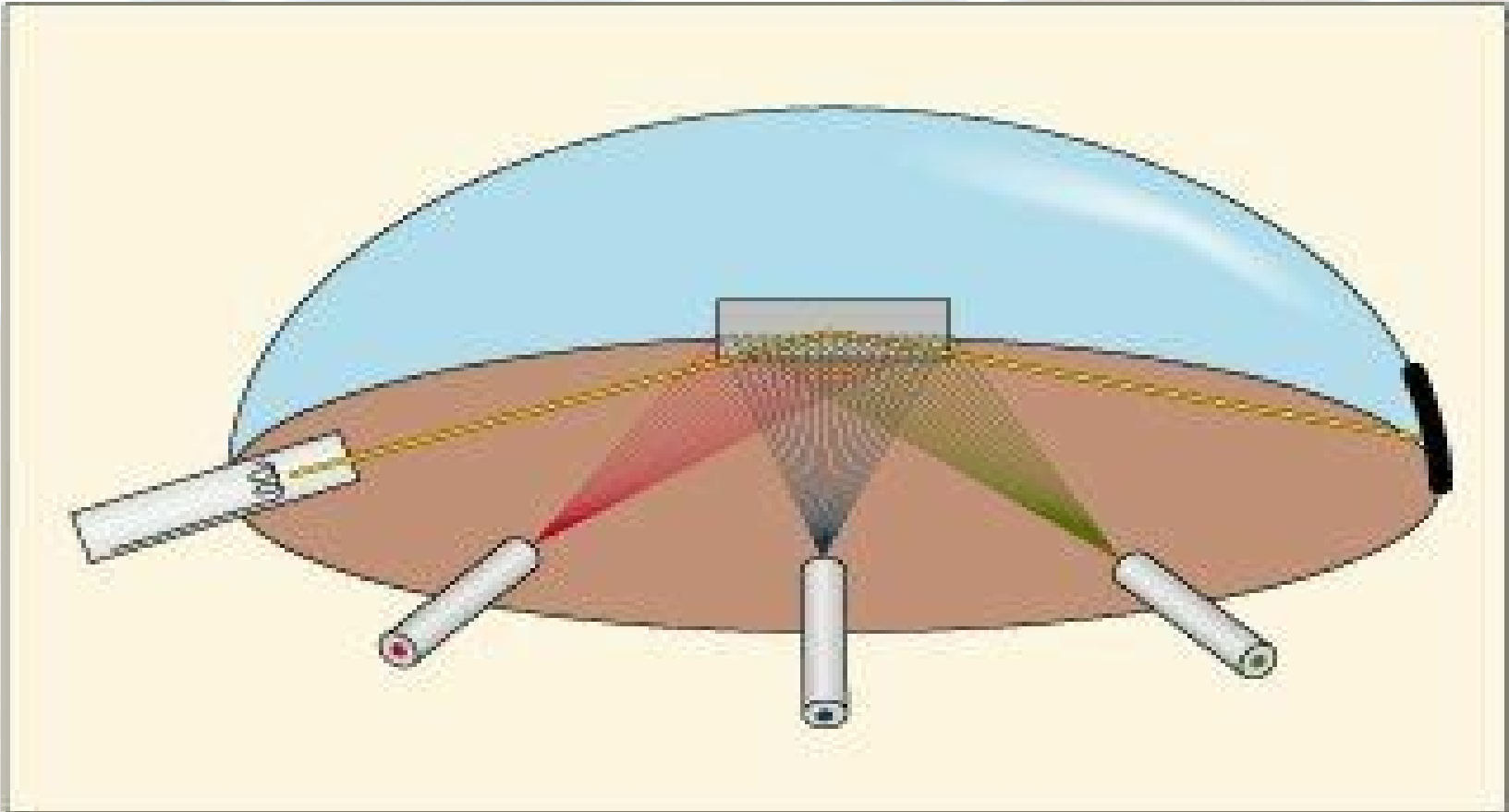
Przyczyny

- # Rewolucja komputerowa
 - # Obwody samoniszące
 - # Kwantowa natura elektronów
 - # Koniec obowiązywania klasycznych praw
-

Krzem

- # Pierwszy tranzystor w 1948r.
w Laboratoriach Bella firmy AT&T
 - # Integracja planarna w Fairchild
Semiconductor w 1959r.
 - # Hodowla warstw epitaksjalnych
 - # Heterostruktury
-

Warstwy epitaksjalne

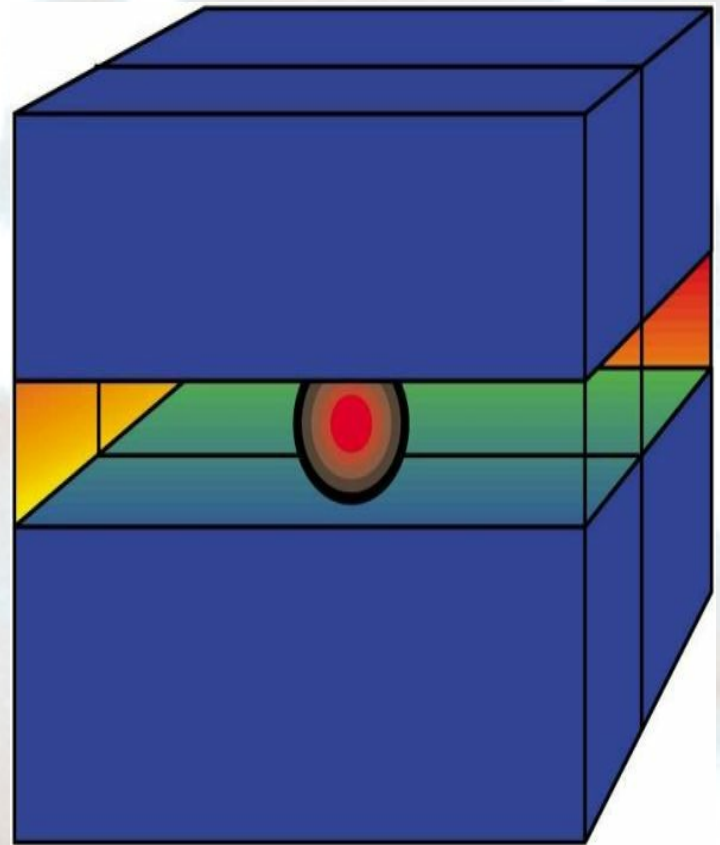


Plan prezentacji

- # Rozwiązania klasyczne i przyczyny powstania nowych technologii
 - # **DEG i FET**
 - # Problemy nowych technologii i ich rozwiązania
 - # Skwantowane przewodnictwo
 - # Struktury kwantowe
 - # Zakończenie
-

2 DEG

- # Zamykanie elektronów
- # GaAs, AlGaAs
- # Wzrost epitaksjalny
- # Kwantowy efekt niskowymiarowy
- # Płaski gaz elektronowy (*2-dimensional electron gas*)



1 DEG i 0 DEG

- # Dalsze ograniczenia
 - # 1 DEG – drut kwantowy
 - # 0 DEG – kropka kwantowa
 - # Mniej niż 100 elektronów w „pudełku”
 - # Sztuczny atom na zamówienie
-

Tranzystory FET

- # Heterostruktury z 2 DEG
 - # Metaliczne bramki
 - # Wypychanie elektronów – bariera
 - # 1986r. – Laboratorium Cavendisha
 - # Technika bramek powierzchniowych
 - # Fizyka nanoskopowa
-

Plan prezentacji

- # Rozwiązania klasyczne i przyczyny powstania nowych technologii
 - # DEG i FET
 - # **Problemy nowych technologii i ich rozwiązania**
 - # Skwantowane przewodnictwo
 - # Struktury kwantowe
 - # Zakończenie
-

Problemy

- # Brak „czystych” reguł kwantowych
 - # Oddziaływanie rdzeni jonowych
 - # Zanieczyszczenia, nieciągłości, dyslokacje
 - # Drgania termiczne
 - # Różne warunki dla różnych elektronów
 - # Randomizacja amplitud
 - # Zachowanie klasyczne
-

Rozwiązania

- # Superczyste próbki
 - # Sztuczne kryształy
 - # Chłodzenie urządzeń
 - # Temperatuty ciekłego helu
 - # Małe rozmiary urządzeń
-

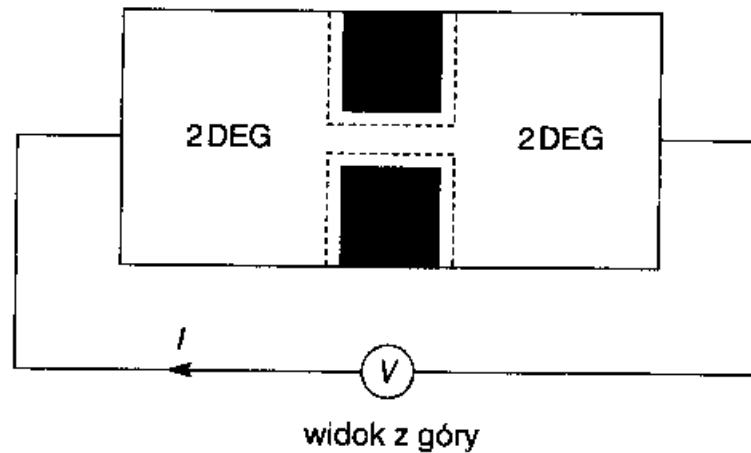
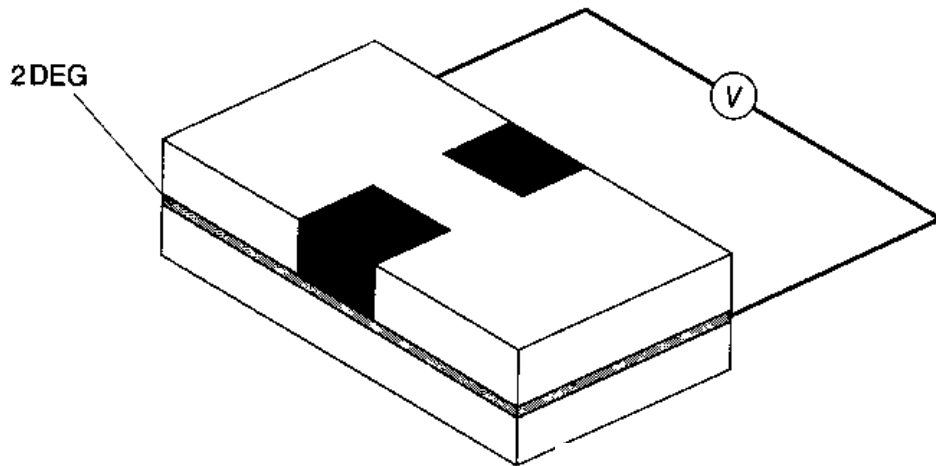
Plan prezentacji

- # Rozwiązania klasyczne i przyczyny powstania nowych technologii
 - # DEG i FET
 - # Problemy nowych technologii i ich rozwiązania
 - # **Skwantowane przewodnictwo**
 - # Struktury kwantowe
 - # Zakończenie
-

Skwantowane przewodnictwo

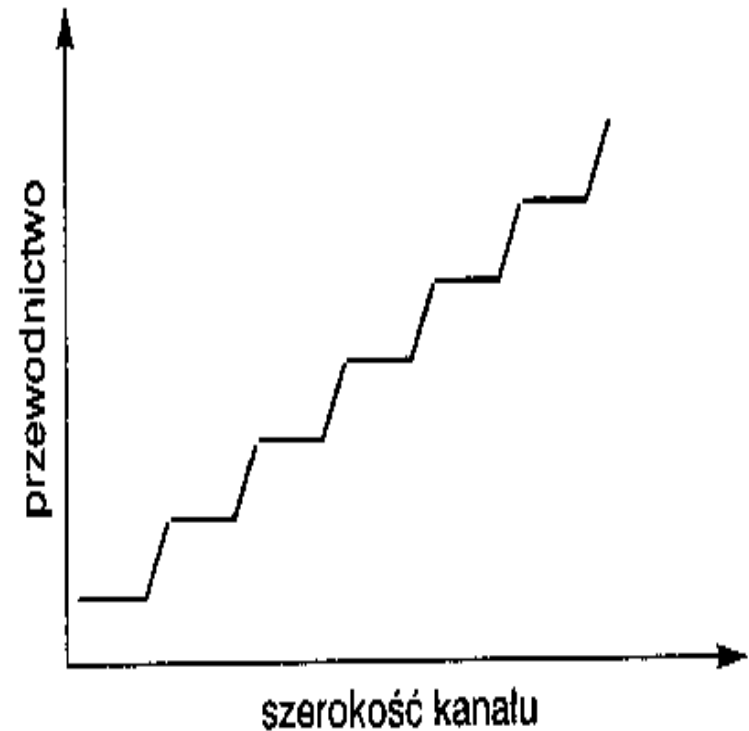
- # 1988r.
 - # Bramka z przerwą
 - # QPC
 - # Szerokość kanału 0-250 nm
-

Bramka z przerwą



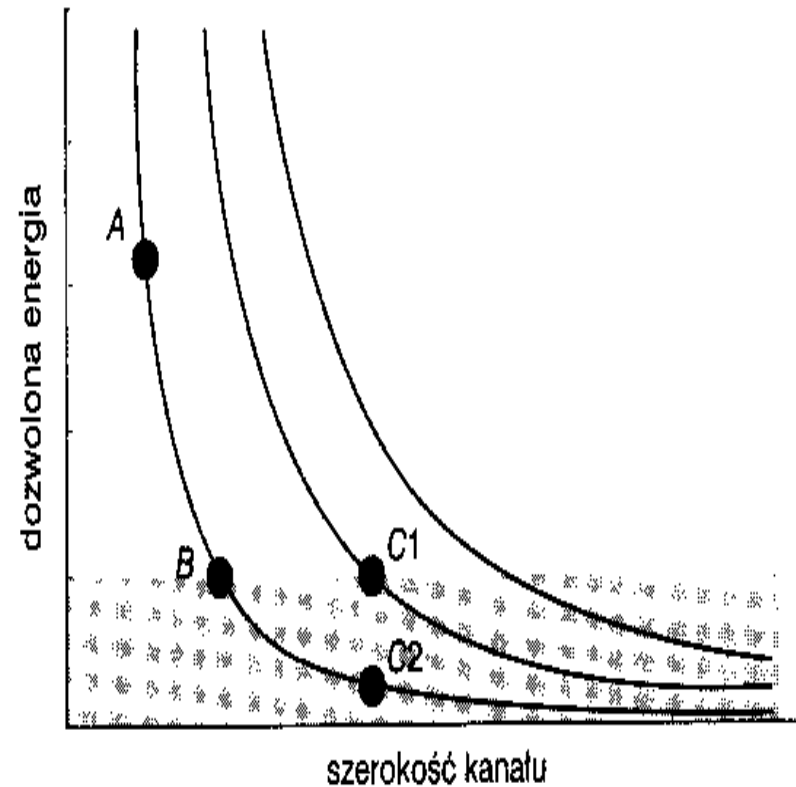
Doświadczenia z QPC

- # Stopnie wysokości stałej Plancka
- # Wzrost oporu na stopień ok. $10k\Omega$
- # Wyjaśnienie – reguły kwantowe



Zasady skwantowanego przewodnictwa

- # Wzdłuż i w poprzek
- # Pewne dozwolone energie
- # Skokowy wzrost przewodnictwa
- # Pionier – Landauer
- # Nowe reguły



Plan prezentacji

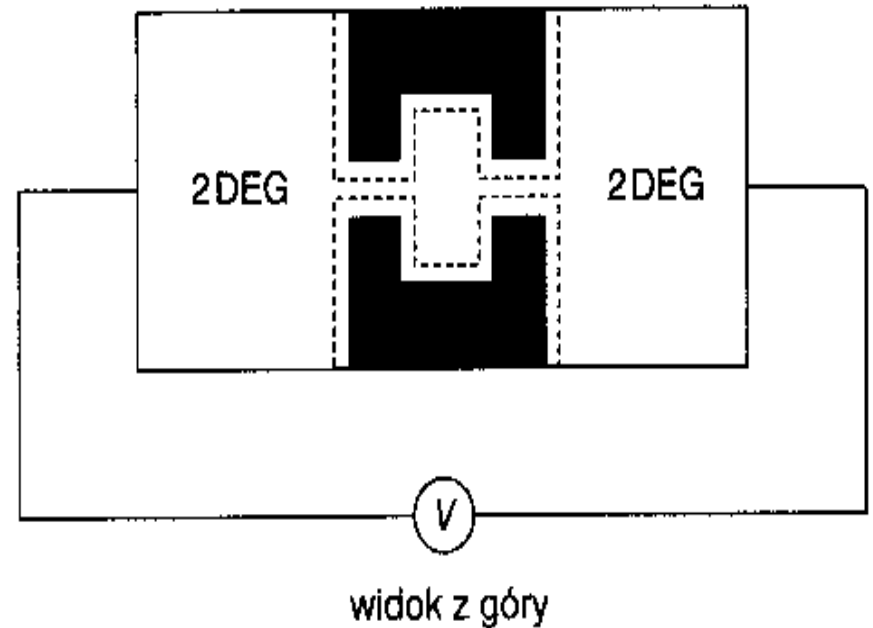
- # Rozwiązania klasyczne i przyczyny powstania nowych technologii
 - # DEG i FET
 - # Problemy nowych technologii i ich rozwiązania
 - # Skwantowane przewodnictwo
 - # **Struktury kwantowe**
 - # Zakończenie
-

Kropki kwantowe

- # Cel ostateczny
 - # Działanie na poziomie pojedynczego elektronu
 - # Wykorzystanie do komputera kwantowego
 - # Sztuczny atom – 100 razy większy
-

Kropki z QPC

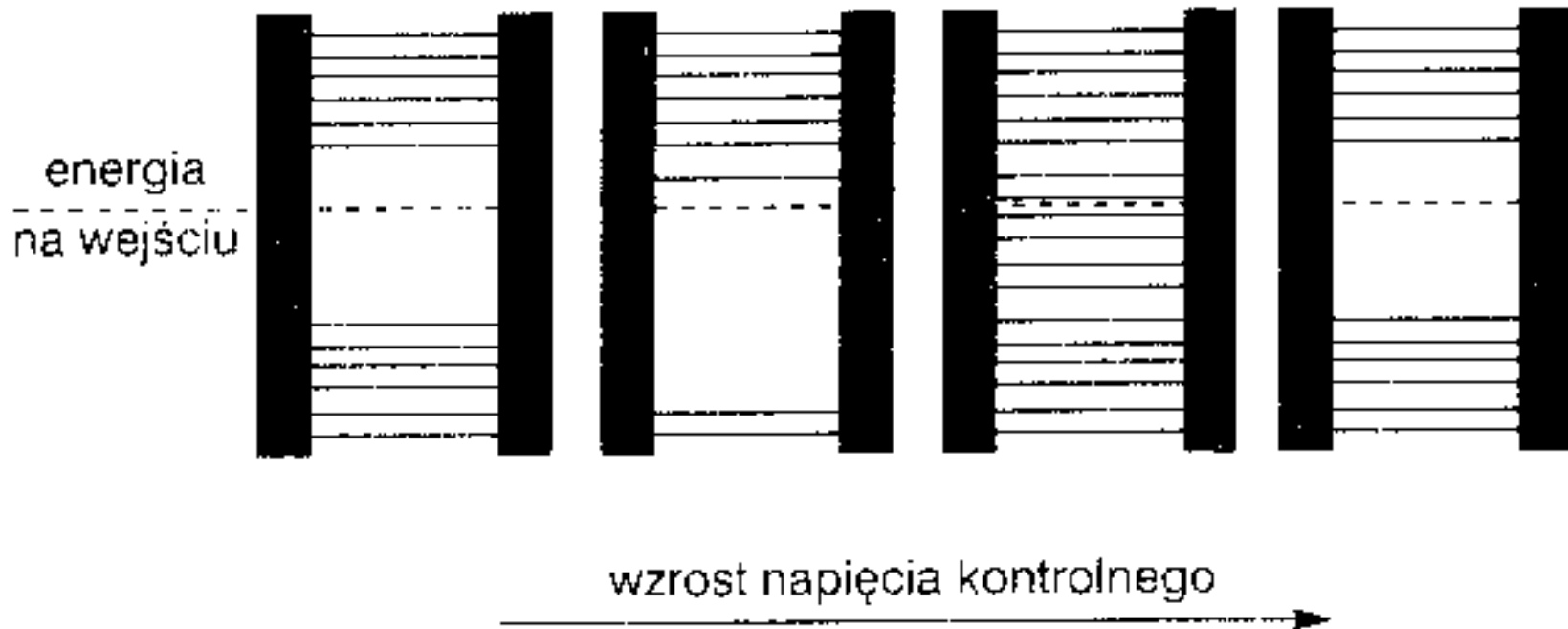
- # Na krysztalach
- # Kontrola sił
- # Kontrola geometrii
- # Izolacja
- # Zmiana liczby elektronów poprzez prąd



SET

- # Tranzystor jednoelektronowy (*single electron transistor*)
 - # Kontrola prądu po elektronie
 - # Wykorzystanie w cyfrowych obwodach logicznych
 - # Blokada Coulomba
 - # 1990r. – pierwszy SET
 - # Tunelowanie elektronu
-

Blokada Coulomba



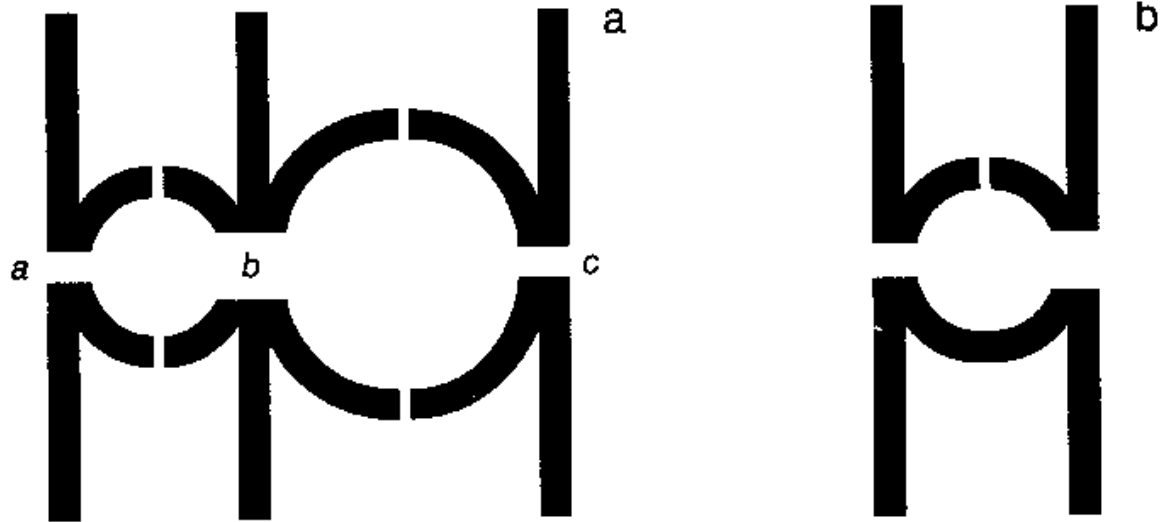
QUIT

- # Tranzystor kwantowo-interferencyjny
(*quantum interference transistor*)
 - # Bardzo szybkie przełączanie
 - # Wykorzystanie kropek kwantowych
 - # 1991r. – pierwszy QUIT
 - # Dokładna kontrola ruchu elektronów
-

Interferometry elektronowe

Rys. a

- Odcinanie zubożonych obszarów od 2 DEG
- Kropki kwantowe połączone QPC



Rys.b

- Wyłączenie napięcia
- Tylko jedna kropka kwantowa

Plan prezentacji

- # Rozwiązania klasyczne i przyczyny powstania nowych technologii
 - # DEG i FET
 - # Problemy nowych technologii i ich rozwiązania
 - # Skwantowane przewodnictwo
 - # Struktury kwantowe
 - # **Zakończenie**
-

Przyszłość

- # Nanoobwody
 - # Miniaturyzacja urządzeń
 - # Kontrola jednoelektronowa
 - # Zwiększenie prędkości i precyzyjności działania urządzeń
 - # Komputer kwantowy
-

Bibliografia

- # Gerard Milburn „Inżynieria kwantowa”
Prószyński i S-ka 1999
 - # Marian Grynberg „Druty i kropki
kwantowe” Wiedza i Życie nr 6/1998
 - # Graham P. Collins „Mikroukład q-bitowy”
Świat Nauki nr 10/1999
-

Kwantowe struktury półprzewodnikowe

Dziękujemy za uwagę

Maja Mroczkowska

Mikołaj Olszewski