

O kondensacie Bosego–Einsteina powstającym w ZOA

Dobrosława Bartoszek–Bober

Zakład Optyki Atomowej IF UJ

9 maja 2011

Plan seminarium

- BEC na chipie
 - Budowa układu
 - Dolny MOT
 - Górny MOT
 - Chip
 - Proces otrzymywania kondensatu
- Podsumowanie

Plan seminarium

- BEC na chipie
 - Budowa układu
 - Dolny MOT
 - Górny MOT
 - Chip
 - Proces otrzymywania kondensatu
 - Podsumowanie

Plan seminarium

- BEC na chipie
 - Budowa układu
 - Dolny MOT
 - Górny MOT
 - Chip
 - Proces otrzymywania kondensatu
- Podsumowanie

Plan seminarium

- BEC na chipie
 - Budowa układu
 - Dolny MOT
 - Górny MOT
 - Chip
 - Proces otrzymywania kondensatu
- Podsumowanie

Plan seminarium

- BEC na chipie
 - Budowa układu
 - Dolny MOT
 - Górny MOT
 - Chip
 - Proces otrzymywania kondensatu
- Podsumowanie

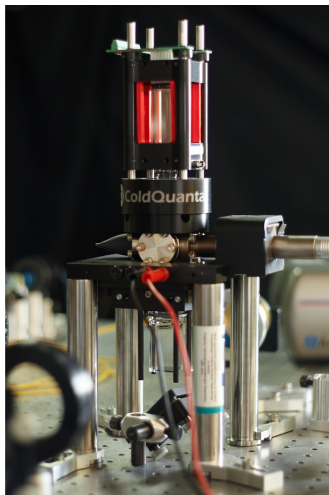
Plan seminarium

- BEC na chipie
 - Budowa układu
 - Dolny MOT
 - Górny MOT
 - Chip
 - Proces otrzymywania kondensatu
- Podsumowanie

Plan seminarium

- BEC na chipie
 - Budowa układu
 - Dolny MOT
 - Górny MOT
 - Chip
 - Proces otrzymywania kondensatu
- Podsumowanie

Kondensat Bosego–Einsteina



RuBECi™ układ próżniowy wraz z dyspenserami Rb + pola magnetyczne + chip firmy ColdQuanta

wg *D. M. Farkas et al, App. Phys. Lett. 96, 093102, 2010*:

gotowy układ ma dawać ok. 10^4 atomów ^{87}Rb w $|F = 2, m_F = 2 \rangle$ stanu podstawowego w odległości mniejszej niż $300 \mu\text{m}$ od powierzchni chipa w pułapce o częstotliwościach $1.2 \text{ kHz} \times 1.2 \text{ kHz} \times 200 \text{ Hz}$
repetition rate 0.3 Hz

dipolowa pułapka optyczna a magnetyczna

dipolowa pułapka optyczna

- pułapkowane atomy we wszystkich stanach m_F (kondensat spinorowy)
- chłodzenie przez odparowanie poprzez zmniejszanie głębokości pułapki
- można łatwo zrobić sieć optyczną

dipolowa pułapka magnetyczna

- pułapkowane atomy w jednym stanie m_F
- chłodzenie przez odparowanie bez zmiany kształtu pułapki (polem RF)
- całkowicie ciemna pułapka

BEC na chipie a BEC „w wolnej przestrzeni” (w pułapce magnetycznej)

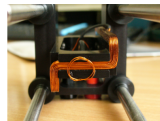
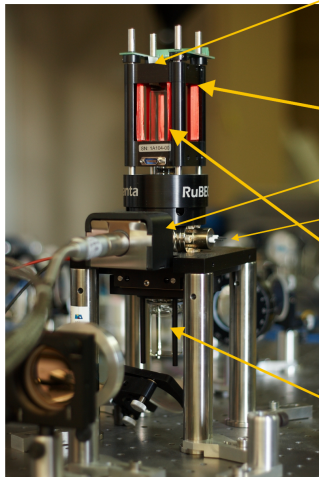
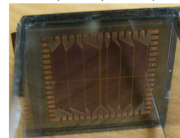
BEC na chipie

- atomy bardzo blisko przewodników → duże gradienty pola magnetycznego → większe częstości pułapki → krótszy czas termalizacji
- mały układ próżniowy, potrzebne tylko cewki (małe bo blisko atomów) wytwarzające pola kwadrupolowe dla MOTa i cewki pól offsetowych → układ zajmuje mało miejsca (w stronę przenośnych urządzeń)
- małe cewki/przewodniki z prądem wytwarzające pola magnetyczne → mały pobór mocy

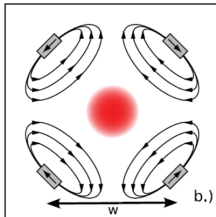
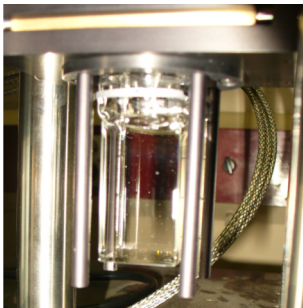
BEC „w wolnej przestrzeni”

- atomy daleko od przewodników → mniejsze gradienty pola magnetycznego → mniejsze częstości pułapki → dłuższy czas termalizacji
- większy układ próżniowy i cewki wytwarzające niezbędne pola magnetyczne
- duże cewki o wielu zwojach → duży pobór mocy, chłodzenie

Budowa

zewewnętrzny Z-wire
cewka RFchip (chip Z-wire,
dimple trap i inne)pompa jonowa Varian
MicroVac 2 l/s
non-evaporable
gettergórną komorę z chipem,
cewki górnego MOTa
i cewki offsetowedolną komorę 2D+ MOTa wraz z magnesami
stałymi, zakończoną krzemowym dyskiem
z niewielkim otworem,
dyspensery Rb

Dolna pułapka magnetooptyczna



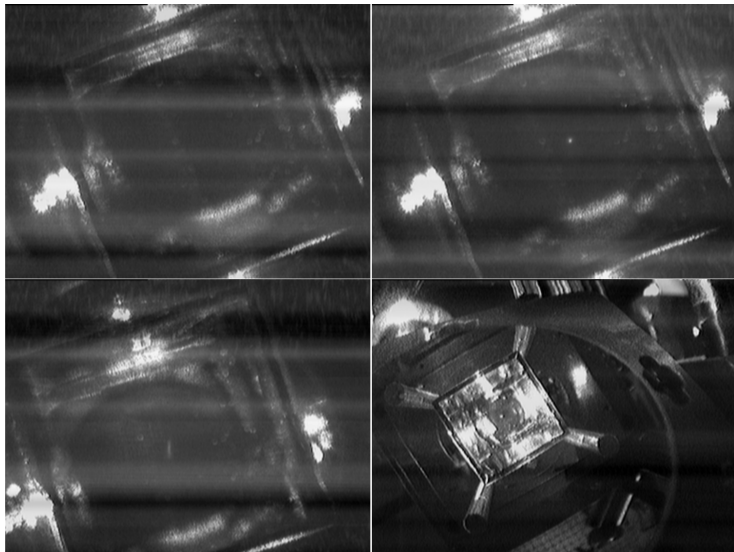
2 odbite wiązki o eliptycznym przekroju + gradient pola magnetycznego (w poziomie) wytworzony przez 4 podłużne magnesy → 2D MOT

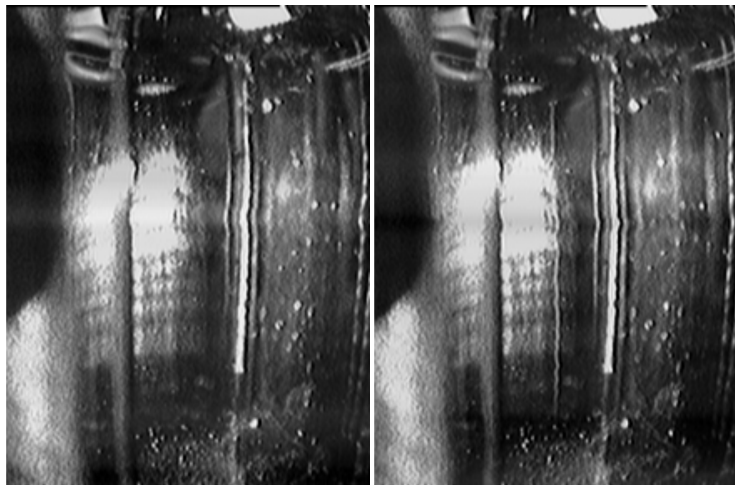
2D MOT + wiązka przepychająca w pionie + krzemowy dysk z 0.75 mm otworem → $2D^+$ MOT (dodatkowe chłodzenie)

ładowanie górnego MOTa

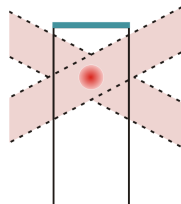
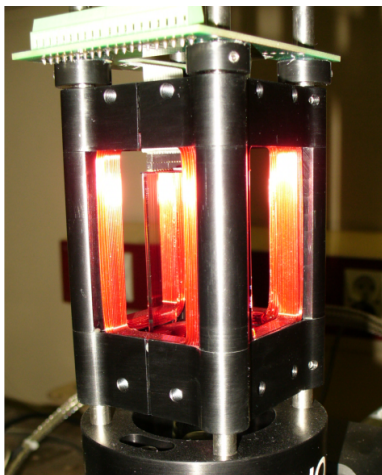
pułapka wykonana w ramach pracy licencjackiej przez Aleksandra Gajosa





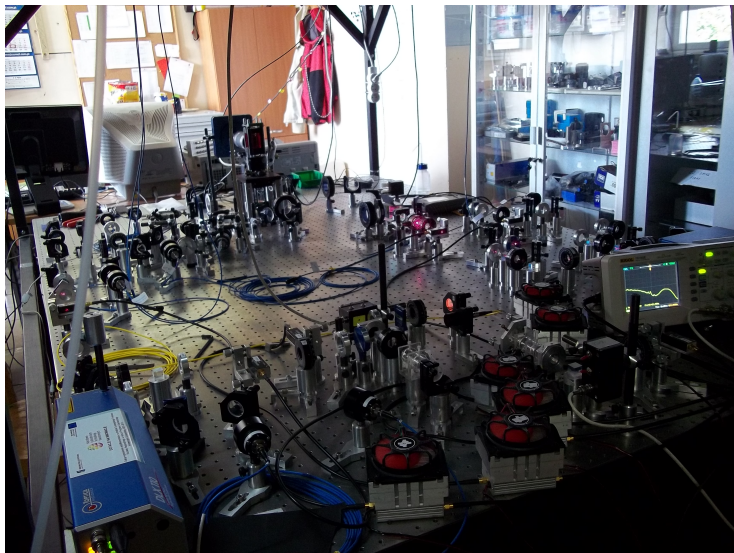


Górna pułapka magnetooptyczna

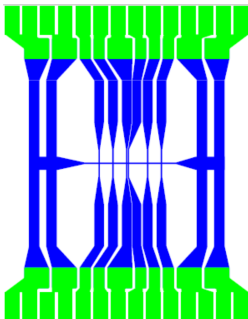
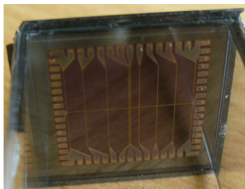


3D MOT: 2 wiązki odbite, kąt $2\theta \sim 40^\circ$ między nimi (MOT powstaje bliżej chipa), 2 osobne wiązki przeciwbieżne w poziomie, repumper i wiązka pompująca współbieżne z wiązkami poziomymi

otrzymywane ok. $10^8 - 10^9$ atomów w 1 – 2 s



Chip atomowy



400 μm płytką z miedzianymi ścieżkami
o wys. 10 μm i szer. 100 μm

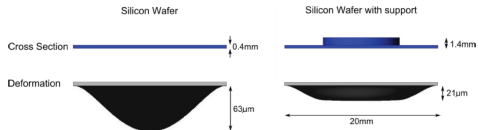
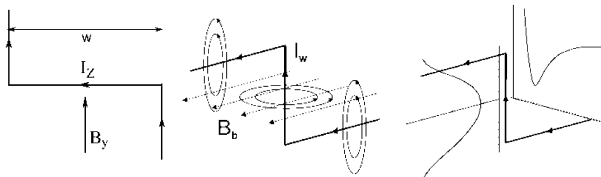


Figure 4.4: Deflection of a 2 cm square silicon chip with and without a 1 mm thick, $\phi = 1$ cm silicon disk that is attached to the back of the chip. The disk improves mechanical stability and reduced the deflection of the silicon chip. Calculations performed with the COSMOSXpress tool in SolidWorks.

Proces otrzymywania kondensatu

gdy już mamy 3D MOTa, następuje:

- kompresja MOTa
- chłodzenie w melasie do temp. $\leq 20 \mu K$
- przepompowanie atomów do stanu $|F = 2, m_F = 2 \rangle$
- przeładowanie atomów do zewnętrznej pułapki Ioffe'go-Pritchard'a i transport do chipa
- transfer do pułapki Ioffe'go-Pritchard'a na chipie



R. Folman et al, *Microscopic atom optics: from wires to an atom chip*

Proces otrzymywania kondensatu

● włączenie dimple trap

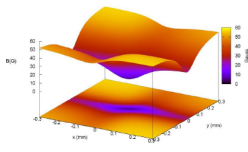
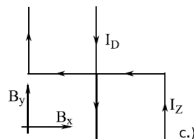
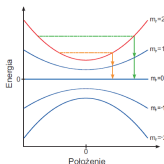


Figure 2.3: A calculation of the dimple trap used for BEC production. The following parameters were used to generate this representation: $I_x = 1.25$ A, $I_y = 3.75$ A, $B_z = -38$ G, $I_D = 46$ G. Figure a.) shows a 2D slice through the center of the magnetic trap parallel to the chip surface with the magnetic field shown on the Z-axis and in false



● chłodzenie przez odparowanie



M. Wilkowski, Doświadczalne badania kondensatu Bosego-Einsteina atomów ^{87}Rb

Rys. 6.1: Schemat przejść pomiędzy poziomami zeemanowskimi, indukowanych polem RF. Kolor zielony (pomarańczowy) odpowiada wyższej (niższej) częstotliwości RF i indukuje przejścia do stanów niepułapkowych w atomach o wyższej (niższej) energii kinetycznej. Kolorem czerwonym zaznaczony jest poziom, w którym znajdują się atomy uwięzione w naszej pułapce magnetycznej MT.

przewidywany rezultat: BEC o ok. 10^4 atomów ^{87}Rb w $|F = 2, m_F = 2\rangle$ stanu podstawowego w odległości mniejszej niż $300 \mu\text{m}$ od powierzchni chipa w pułapce o częstościach $1.2 \text{ kHz} \times 1.2 \text{ kHz} \times 200 \text{ Hz}$

Podsumowanie

W Laboratorium Zimnych Atomów przy Powierzchni:

- wytworzony zostanie kondensat Bosego-Einsteina, początkowo w pułapce magnetycznej,
- następnie powstanie BEC w pułapce optycznej (przy użyciu 10 W lasera światłowodowego 1083 nm).