Pułapkowanie magnetyczne przy chipie atomowym

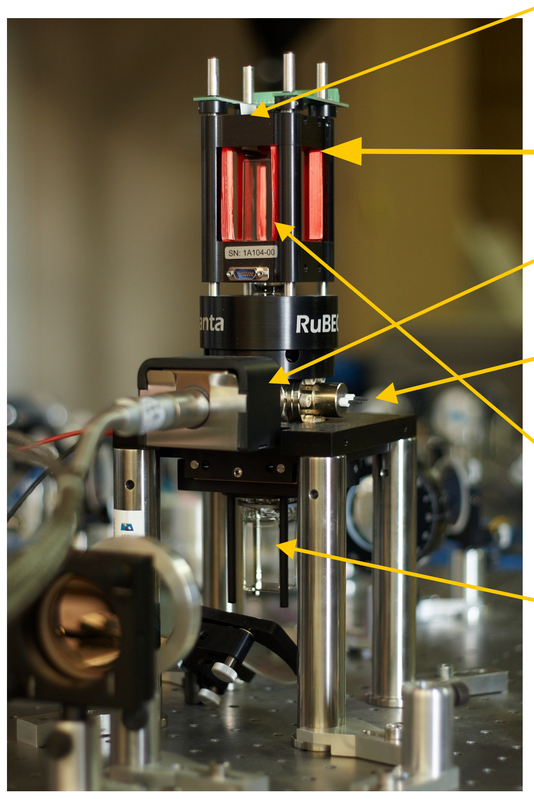
Dobrosława Bartoszek-Bober, Roman Panaś, Tomasz Kawalec

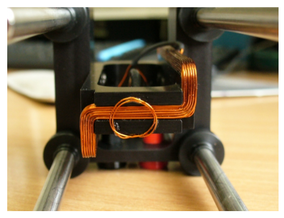
Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, ul. Reymonta 4, 30-059 Kraków

Streszczenie

W Laboratorium Zimnych Atomów przy Powierzchni Instytutu Fizyki UJ powstaje układ do otrzymywania kondensatu Bosego-Einsteina w pułapce magnetycznej na układzie scalonym (chipie atomowym). Przedstawiony zostanie aktualny status eksperymentu, a w szczególności kolejne etapy pułapkowania magnetycznego. Zewnętrzna pułapka Ioffego-Pricharda (IP) wytwarzana jest za pomocą cewki w kształcie „Z" i odpowiednich pól offsetowych. Do tej pułapki przeładowywane są zimne atomy ^{87}Rb z pułapki magnetooptycznej, które następnie transportowane są w kierunku chipa atomowego. W odległości ok. 150 μm od chipa, za pomocą powierzchniowego przewodu w kształcie „Z", wytwarzana jest kolejna pułapka IP, o symetrii odpowiadającej poprzedniej pułapce. Po transferze atomów włączana jest ostatnia pułapka, która powoduje powstanie dodatkowego dołka (tzw. „dimple") w słabszej osi pułapki IP, przez co wzrasta efektywna częstość pułapki i częstość zderzeń atomów, kluczowa w procesie chłodzenia przez odparowanie.

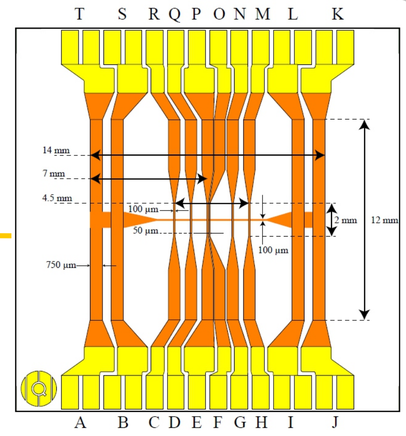
Kondensat uzyskany w tym układzie i przeładowany do pułapki optycznej będzie wykorzystany m. in. do badania nieporządku w sieci optycznej.





zewnętrzna cewka Z oraz cewka RF

chip (przewód Z, ,,dimple'' i inne)



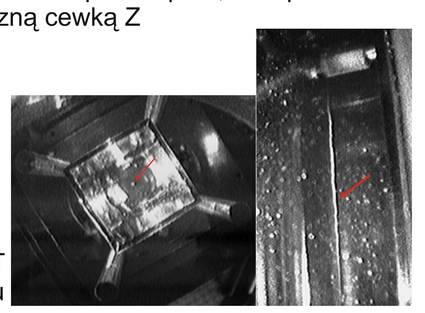
pompa jonowa Varian MicroVac 2 l/s

non-evaporable getter

górna komora z chipem, cewki górnej pułapki MOT i cewki offsetowe

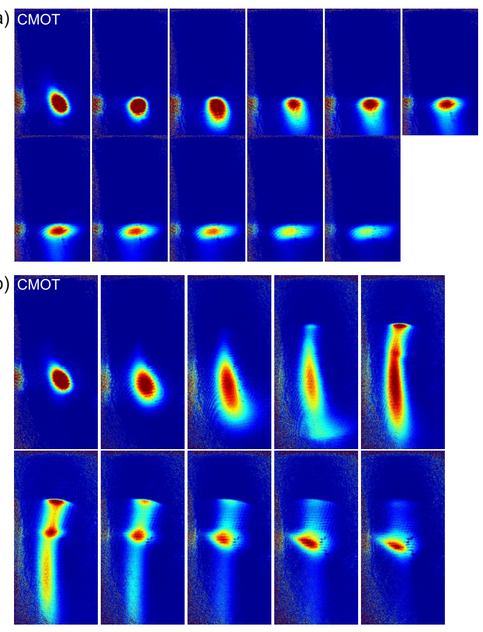
w 3D MOT pułapkowane jest 10^9 atomów, widoczna pułapka jest 1.5 cm pod chipem, a chip ok. 2 mm pod zewnętrzną cewką Z

dolna komora pułapki 2D$^+$ MOT wraz z magnesami stałymi, zakończona krzemowym dyskiem z otworem o średnicy 0.75 mm, dyspenzery Rb



zdjęcie pułapki 2D$^+$ MOT kolejno od spodu i z boku

Zewnętrzna pułapka magnetyczna i transport do chipa



zewnętrzna pułapka magnetyczna Ioffego-Pricharda

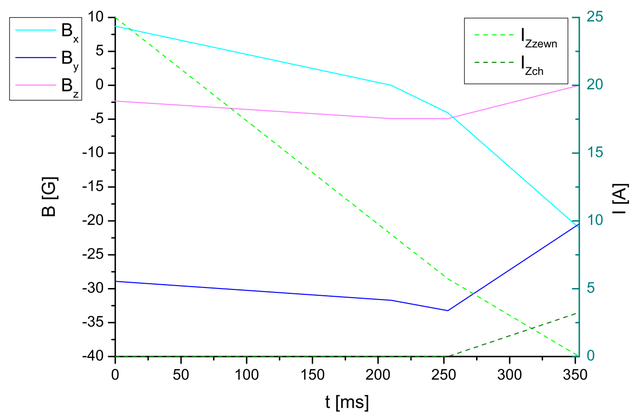
pułapkowane atomy ^{87}Rb w stanie podstawowym |F=2, m_F=2> (po kompresji, melasie optycznej i pompowaniu optycznym), zdjęcia wykonywane co 10 ms

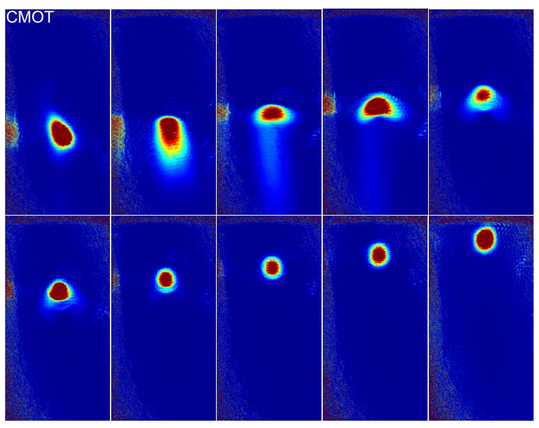
a) przykład dobrze działającej pułapki

b) przykład pułapki, w której występują oscylacje - środek pułapki leży w innym miejscu niż źródłowa skompresowana chmura zimnych atomów (CMOT)

transport do chipa i przeładowanie atomów do pułapki magnetycznej na chipie

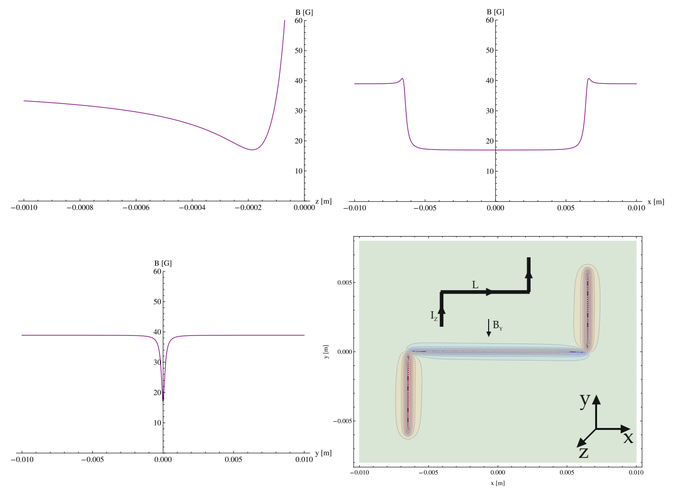
poniżej: zależności czasowe dla pól magnetycznych offsetowych oraz prądów w zewnętrznej cewce Z i w przewodzie Z na chipie w trakcie transportu i przeładowania do pułapki IP na chipie





zdjęcia absorpcyjne chmury zimnych atomów w trakcie transportu do chipa, zdjęcia wykonywane były co 30 ms (pierwsze przedstawia skompresowaną chmurę atomów przed włączeniem pułapki magnetycznej)

Pułapki przy chipie: Ioffego-Pricharda i dimple

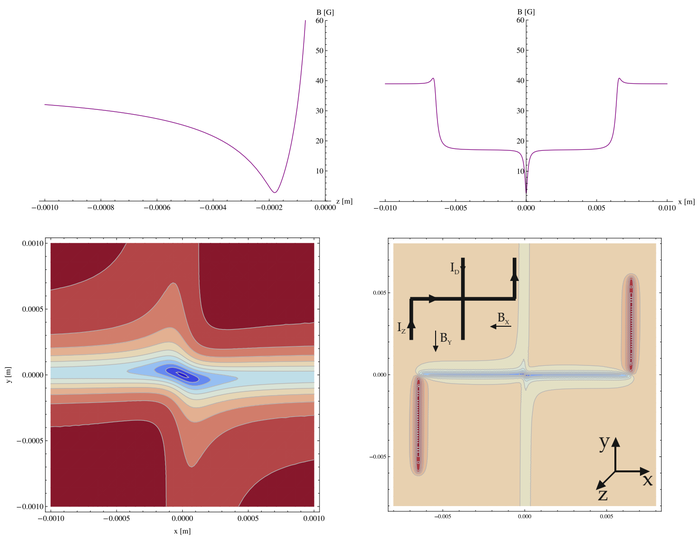


pułapka magnetyczna Ioffego-Pricharda na chipie

parametry: I_{Zchip} = 3.25 A, B_X = -17 G, B_Y = -35 G i B_Z = 0 G

v_{osiowa} ~ 1 Hz
$v_{radialna}$ ~ 600 Hz

głębokość ~1.5 mK



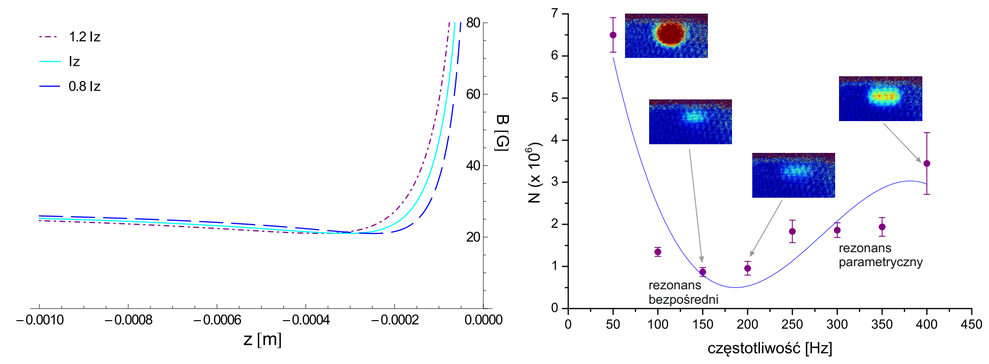
dodatkowa pułapka ,,dimple''

parametry: I_{Zchip} = 3.25 A, B_X = -17 G, B_Y = -35 G i B_Z = 0 G, I_d = -1.3 A

v_{osiowa} ~ 400 Hz
$v_{radialna}$ ~ 1.5 kHz

poprzez utworzenie dodatkowego ,,dołka'' zwiększa efektywne częstości pułapki magnetycznej, co polepsza termalizację atomów w pułapce, a przez to wymuszone odparowanie (ostatni etap chłodzenia) atomów polem RF

pomiar częstości radialnej pułapki Ioffego-Pricharda na chipie poprzez modulację płynącego prądu (I_{Zchip} = 3.1 A, B_X = -21 G, B_Y = -20 G i B_Z = 0 G, teoretyczna częstotliwość to 180 Hz): po lewej teoretyczny kształt pułapki, po prawej wyniki doświadczalne



dalsze etapy

1. chłodzenie przez odparowanie (przez ,,nóż RF'') aż do osiągnięcia kondensacji Bosego-Einsteina

2. przeładowanie kondensatu (lub ultrazimnej chmury atomów) do dipolowej pułapki optycznej w skrzyżowanych wiązkach

finansowanie

1. Narodowe Centrum Nauki (grant nr 2011/01/N/ST2/00479)
2. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (grant nr N N20 124536)
3. część aparatury została zakupiona z funduszy Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (kontrakt POIG.02.02.00-00-003/08)