

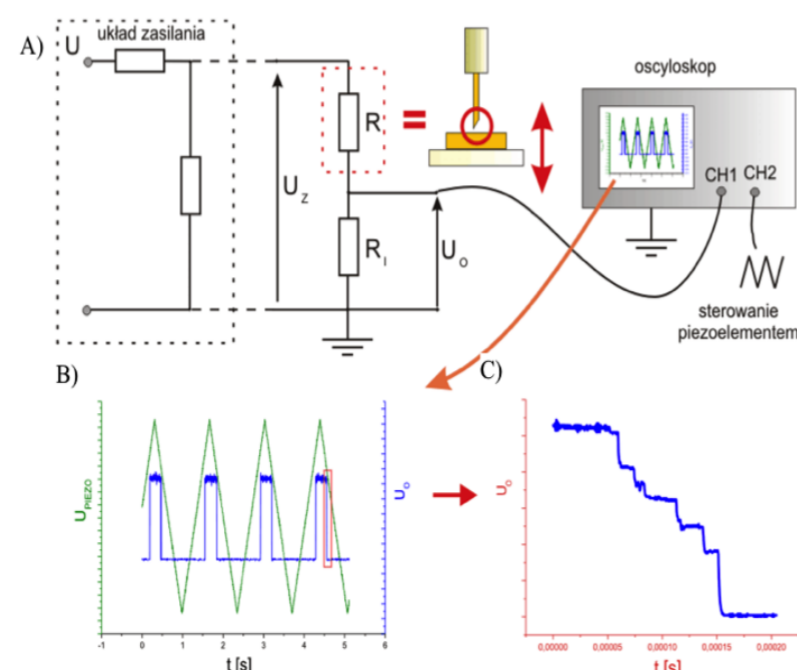
Badanie przewodności elektrycznej nanodrutów oraz wielkości kropek kwantowych.

Irena Izydorczyk

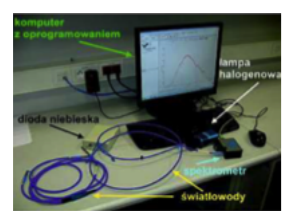
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ

Układ doświadczalny

Układ do pomiaru przewodności składa się z masywnego statywu, na którego dolnej części umiejscowiona jest płaska próbka ze złota umieszczona na elemencie piezoelektrycznym. W górnej części statywu zamontowana jest złota igła, której położenie można regulować śrubą mikrometryczną. Do nanozłącza, połączonego szeregowo z opornikiem R doprowadzone jest stałe napięcie z zasilacza, natomiast na piezoelement podawany jest sygnał trójkątny z generatora. Całość podłączona jest do oscyloskopu, który pozwala na odtworzenie przebiegów sygnałów.



Rys 1. Schemat układu doświadczalnego dla pomiaru przewodności nanozłącza. [1]



W skład układu wykorzystywanego do badania kropek kwantowych wchodzi: roztwory kropek kwantowych CdTe, spektrometr z linijką CCD, niebieska dioda laserowa, zestaw światłowodów oraz komputer z oprogramowaniem.

Rys 2. Skład układu do badania kropek kwantowych. [2]

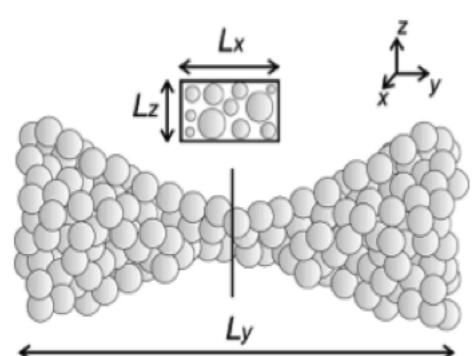
Kwantowanie przewodności

Przewodność jest miarą proporcjonalności między natężeniem prądu przepływającego przez złącze, a przyłożonym napięciem. Kwantowanie przewodności zachodzi w przypadku przewodnictwa balistycznego, tzn. gdy:

* Przewężenie złącza jest mniejsze, niż droga swobodna elektronu, a jego szerokość porównywalna z długością fali Fermiego,

* Transportowane elektrony mają określone energie, co związane jest z dyskretnymi poziomami energetycznymi w metalach.

* W takich warunkach transport elektronów zachodzi bez rozpraszania, co skutkuje faktem, że jego kinematykę można porównać z transportem fali w światłowodzie.

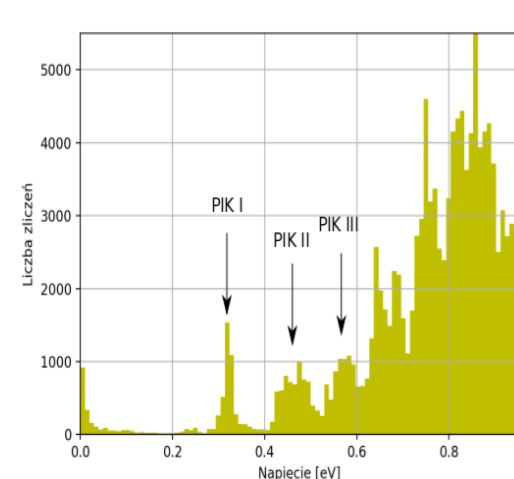


Rys 3. Zobrazowanie nanozłącza. [3]

Obliczenia wykazują, że współczynnik proporcjonalności między natężeniem prądu jest wie płynącego przez złącze, a przyłożonym napięciem jest wielokrotnością wartości kwantu przewodności, który wynosi:

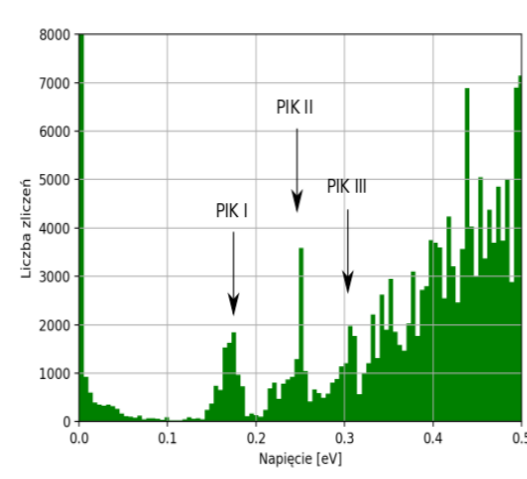
$$G_0 = \frac{2e^2}{h}$$

Otrzymane histogramy



Rys 4. Histogram dla przebiegów przy napięciu zasilania 0.5V

W trakcie doświadczenia zmierzono ponad 100 przebiegów zależności napięcia od czasu, z których stworzono odpowiednie histogramy, na których możemy zaobserwować maksima zliczeń dla pewnych wartości napięcia.



Rys 5. Histogram dla przebiegów przy napięciu zasilania 0.97V

Z wartości maksimów otrzymano wartości przewodności zgodnie ze wzorem:

$$\sigma = \frac{1}{R_1} \frac{U_0}{U_z - U_0}$$

Co ostatecznie daje nam wartości przewodności dla poszczególnych pików:

Napięcie zasilania [mV]	Przewodność pików I [$10^{-4} \Omega^{-1}$]	Przewodność pików II [$10^{-4} \Omega^{-1}$]	Przewodność pików III [$10^{-4} \Omega^{-1}$]
0.97	0.718(47)	1.39(16)	2.16(21)
0.5	0.68(48)	1.47(19)	2.29(22)

Tabela 1. Przewodność dla poszczególnych pików przy różnych napięciach zasilania.

Skąd można uzyskać średnią wartość kwantu przewodności, która w tym przypadku jest równa:

$$0,710391(42) [10^{-4} \frac{1}{\Omega}]$$

Bibliografia

- [1] Instrukcja do ćwiczenia Z43
- [2] Instrukcja do ćwiczenia Z44
- [3] Badanie kwantowania przewodności elektrycznej w nanodrutach. S. Godlewski, A. Tekiel, Postępy Fizyki, TOM 56/2005
- [4] V. Biju, T. Itoh, A. Anas, A. Sujith, M. Ishikawa Amal. Bioanal. Chem. 391 (2008) 2469.
- [5] <http://www.pcworld.pl/porada/Kwantowe-kropki-Przyszlosc-telewizorow-monitorow-i-smartfonow,402675.html>

Badanie rozmiarów kropek kwantowych

Wartość rozmiaru kropek kwantowych wyznaczono wykorzystując wzór:

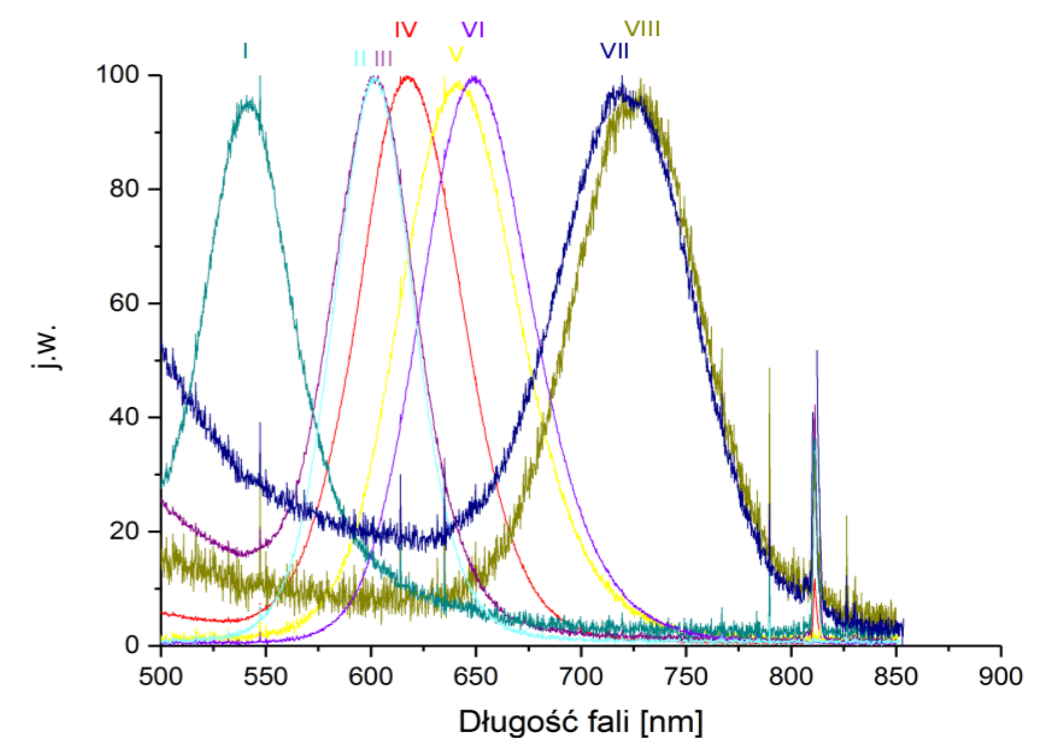
$$h\nu = E_g + \frac{h^2}{8m_e L^2} + \frac{h^2}{8m_h L^2}$$

Opisuje on przejście elektronu podczas emisji kwantu energii. h - stała Plancka, ν - częstota wyemitowanego fotonu, m - zredukowana masa elektronu dla CdTe, m - zredukowana masa dziury dla CdTe, L - średnica

Otrzymane wyniki

Roztwory CdTe oświetlano laserem, co w zależności od stężenia spowodowało wyemitowanie światła o określonej długości fali, którego następnie widmo było rejestrowane.

Następnie odczytano wartości długości fal dla maksimum fluorescencji, które przeliczono na odpowiadającą im energię. Wykorzystano podany powyżej wzór do uzyskania wartości średnicy kropek kwantowych, gdzie przyjęto wartość masy zredukowanej elektronu równą 0.11 masy elektronu oraz zredukowanej masy dziury równej 0,04 masy elektronu dla CdTe.



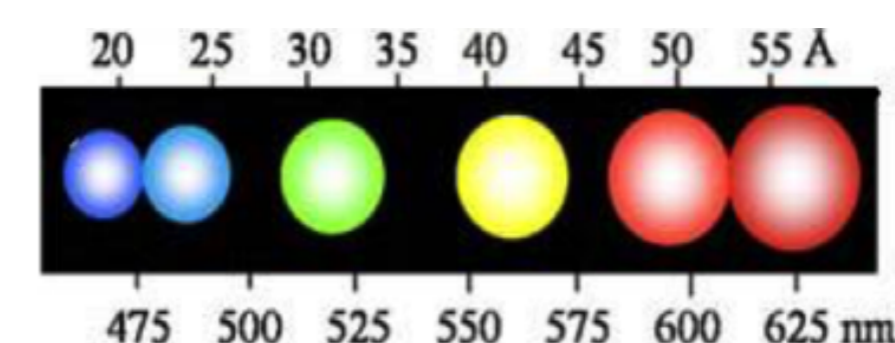
Rys 6. Otrzymane widma fluorescencji dla różnych roztworów kropek kwantowych.

Oznaczenie	Długość fali [nm]	Energia fotonu [eV]	Średnica kropek kwantowej [$10^{-10}m$]
I	540(21)	2.30(30)	42.6(8.5)
II,III	601(15)	2.06(23)	51(11)
IV	617(18)	2.01(25)	53(15)
V	640(18)	1.94(24)	58(18)
VI	649(19)	1.91(24)	61(21)
VII	717(27)	1.73(26)	87(33)
VIII	730(25)	1.70(25)	96(35)

Tabela 2. Otrzymane wartości długości fali odpowiadające fluorescencji roztworów CdTe, odpowiadająca im energia oraz średnica kropek

Porównanie otrzymanych wartości.

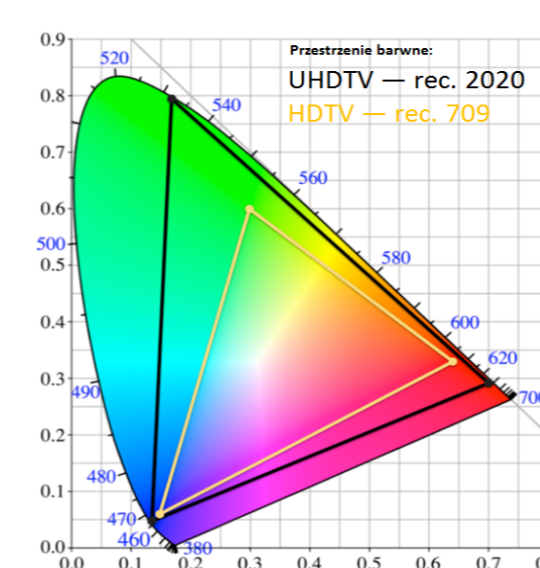
Otrzymane wartości można porównać z wartościami otrzymanymi z innego źródła. Otrzymane wartości są zgodne co do rzędu wielkości.



Rys 7. Wielkość kropek kwantowych w zależności od długości fali widma fluorescencji uzyskana w innym doświadczeniu. [4]

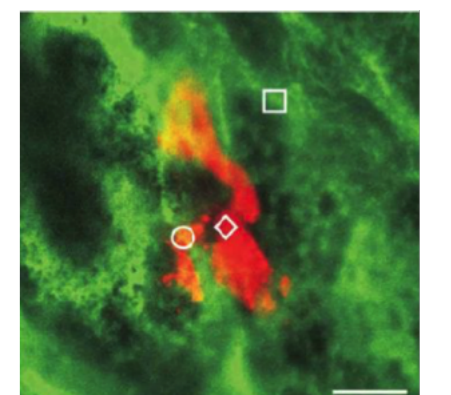
Zastosowanie kropek kwantowych

Kropki kwantowe znajdują zastosowanie w medycynie ze względu na możliwość funkcjonalizowania ich ze związkami, które oddziałują z materią organiczną, co pozwala na obrazowanie wybranych fragmentów komórek. W ten sposób można wykrywać nowotwory dzięki mikroskopii fluorescencyjnej.



Rys 9. Przestrzenie barwne spełniane przez wyświetlacze QD LCD oraz HDTV. [5]

Kropki kwantowe wykorzystywane są również do budowy wyświetlaczy QD LCD, co pozwala w lepszy sposób podświetlić ekrany LCD, co daje szerszą paletę barw oraz mniejsze zużycie energii. Technologia ta jednak nie jest konkurencyjna dla paneli OLED.



Rys 8. Obraz tkanki płuca zabarwionej na zielono z widocznymi komórkami rakowymi oznakowanymi za pomocą kropek kwantowych oraz pomarańczowego znacznika. [2]

Podsumowanie

Pomiary przebiegły bez zakłóceń. Otrzymano wartość kwantu przewodności zgodną z przewidywaniami teoretycznymi. Wielkość kropek jest porównywalna z wynikami uzyskanymi w innym doświadczeniu. Kropki kwantowe znajdują wiele zastosowań w medycynie oraz w nowych technologiach.