



Detekcja światła

Sebastian Maćkowski

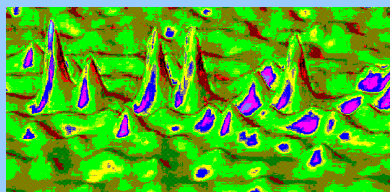
Instytut Fizyki

Uniwersytet Mikołaja Kopernika

Adres poczty elektronicznej: mackowski@fizyka.umk.pl

Biuro: 365, telefon: 611-3250

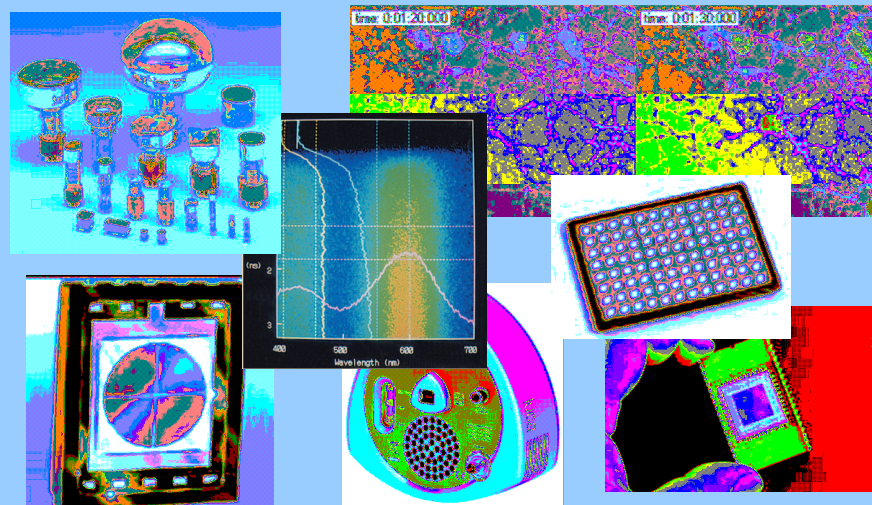
Konsultacje: czwartek 13-16



WS 2008/2009



Cel wykładu



WS 2008/2009



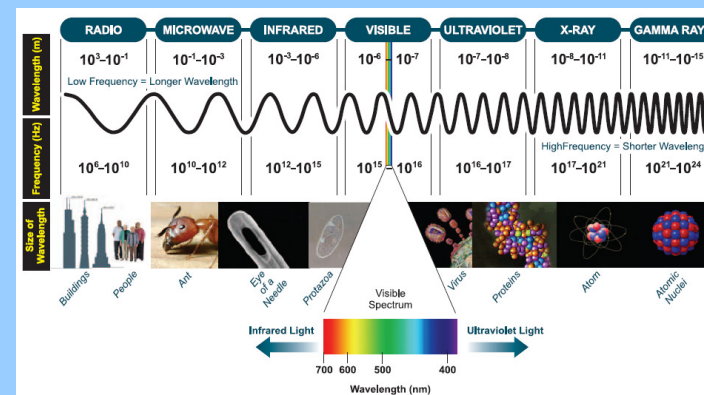
Cel wykładu

zaprezentowanie współczesnych technik pomiaru własności optycznych (głównie nanostruktur) w szczególności metod czasowo-rozdzielczych oraz zastosowań kamery CCD do obrazowania przestrzennego fluorescencji

WS 2008/2009



Światło



światło jest częścią widma elektromagnetycznego rozciągającą się od fal radiowych to promieniowania gamma

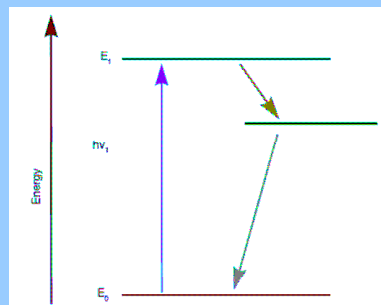
WS 2008/2009



Detekcja światła

detekcja światła to określenie:

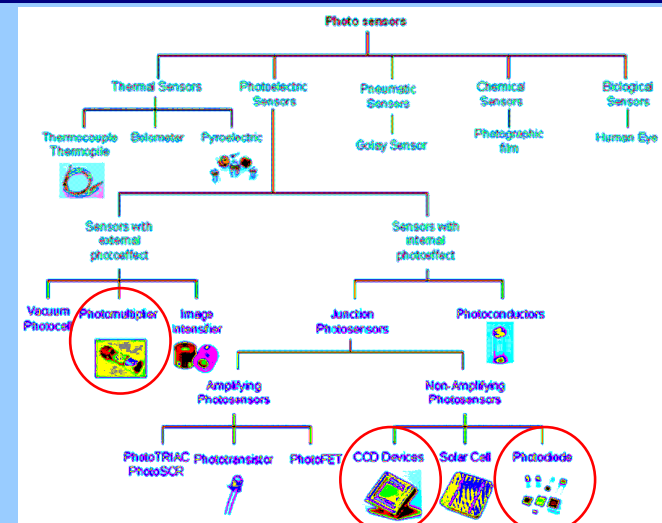
- intensywności przejścia
- energii przejścia
- czasu rekombinacji



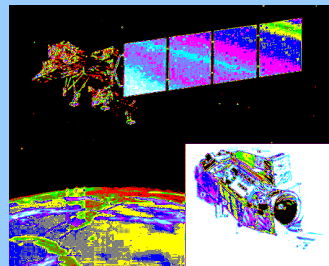
wykład będzie poświęcony przeglądowi metod i technik detekcji światła wraz z konkretnymi zastosowaniami do badań układów molekularnych, półprzewodnikowych i biologicznych



Typy fotodetektorów



Zastosowania fotodetektorów



Zakres wykładu

1. fotodetektory działające w oparciu o efekt fotoelektryczny zewnętrzny: fotokomórka, fotopowielacz, kanalikowy wzmacniacz obrazu
 - 1a. budowa i zasada działania, źródła szumów, podstawowe charakterystyki
 - 1b. pomiary absorpcji i fluorescencji roztworów, technika lock-in, zliczanie pojedynczych fotonów, skorelowane czasowo zliczanie pojedynczych fotonów



Zakres wykładu

2. fotodetektory działające w oparciu o efekt fotoelektryczny wewnętrzny: fotodiody, fotodiody lawinowa, kamera CCD
 - 2a. budowa i zasada działania fotodiody oraz fotodiody lawinowej, typowe charakterystyki
 - 2b. spektroskopia pojedynczych molekuł
 - 2c. kamery TFCCD, TTCCD, ICCD, EMCCD
 - 2d. obrazowanie fluorescencji, przekaz energii, monitorowanie procesów zachodzących w czasie rzeczywistym

WS 2008/2009



Zakres wykładu

3. kamera smugowa: pomiar zmian spektralnych funkcji czasu
4. rozdzielczość spektralna: monochromatory i pryzmaty; selektywność spektralna: filtry
5. mikroskopia konfokalna i spektroskopia wielokolorowa

WS 2008/2009



Materiały do wykładu

1. prezentacje PDF, które będą zamieszczane w internecie – szczegóły wkrótce
2. strony internetowe producentów detektorów: Hamamatsu, Andor, Perkin Elmers, PicoQuant, itp., itd., etc.
3. J.R. Lakowicz „Principles of Fluorescence Spectroscopy”
4. publikacje naukowe podawane w trakcie wykładu
5. ...

WS 2008/2009



Zaliczenie wykładu

- egzamin pisemny, prawdopodobnie w formie testu, ale to muszę jeszcze przemyśleć ☺
- lista obecności na wykładzie jako (istotna) podpora w określeniu ostatecznej oceny
- opcjonalnie: przygotowanie krótkiego eseju na temat zastosowań detektorów światła w badaniach materiałowych lub biomedycznych
- prawdopodobnie na jednym z wykładów odbędzie się test - niespodzianka ☺

WS 2008/2009



Oko ludzkie



Zakres widmowy: 380 nm-770 nm
 Dwa rodzaje receptorów znajdujących się na siatkówce oka: czopki (cones) i pręciki (rods)
 Czopki, aktywne przy silnym oświetleniu, są odpowiedzialne za rozróżnianie koloru
 Pręciki, aktywne przy słabym oświetleniu, są odpowiedzialne za widzenie nocne, pozbawione koloru

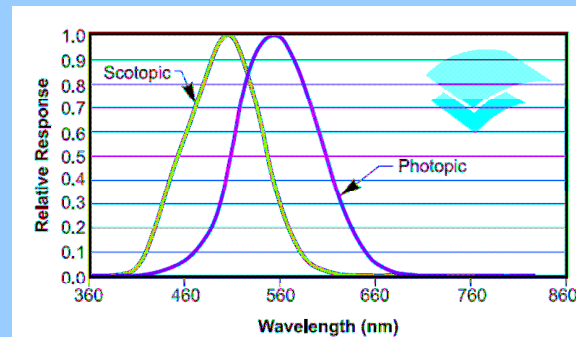
czułość oka zależy od długości fali



Oko ludzkie



W 1924 roku International Commission on Illumination przeprowadziła badanie ponad stu osób i poprzez porównanie ich subiektywnych ocen jasności monochromatycznych źródeł światła określono średnią odpowiedź oka



Kliska fotograficzna

Początki fotografii: lata 30-te XIX w. Dzięki pracom Josepha-Nicéphore'a Niepce'a i Louisa Daguerre'a powstały pierwsze fotografie: dagerotypy.



Widok z okna: pierwsza udana fotografia (1826) wykonana na cynowej płycie pokrytej bitumitem.



Dagerotyp bulwaru (1839)



Kliska fotograficzna

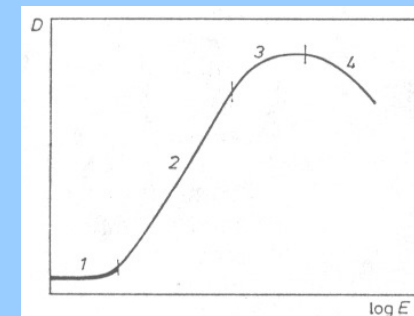
Kliska fotograficzna pozwala na gromadzenie światła, zatem poprzez wydłużanie czasu ekspozycji można obserwować coraz słabsze obiekty

Zaczernienie kliszy D:

$$D = \log \frac{I_0}{I}$$

I_0 natężenie światła padającego na kliszę
 I natężenie światła przechodzącego

$$D = f(Et).$$

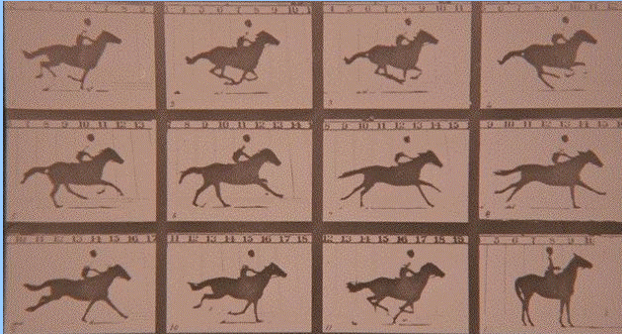




Kliska fotograficzna

Zakład:
czy koń w galopie odrywa
wszystkie kopyta od ziemi?

"Galloping Horse" Controversy
Palo Alto, CA 1872



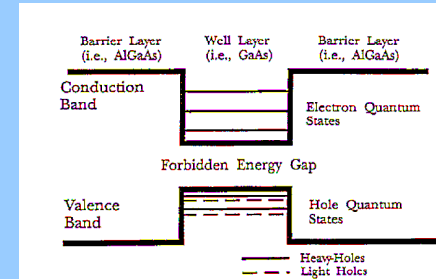
Rozdzielczość
czasowa: 1/60
sekundy

WS 2008/2009

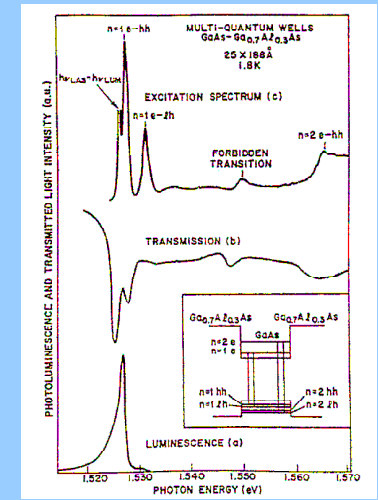


Przykład pierwszy - PMT

Studnia kwantowa



G.D. Gilliland, Mat. Sc. Eng. 1997

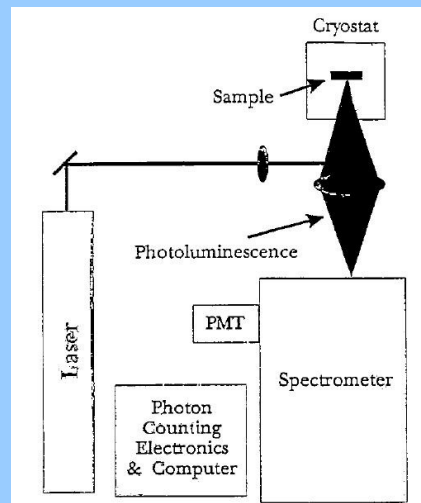


WS 2008/2009



Przykład pierwszy - PMT

Typowy układ eksperymentalny
do pomiaru luminescencji
struktur półprzewodnikowych z
wykorzystaniem fotopowielacza

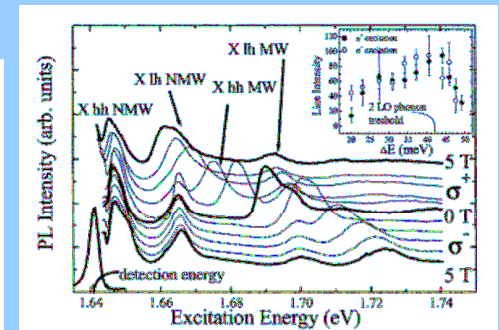
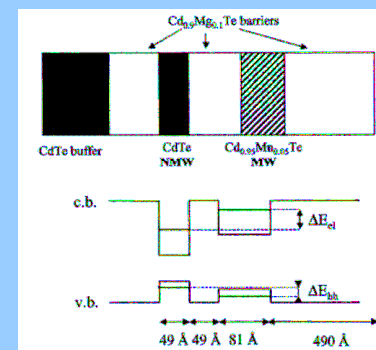


WS 2008/2009



Przykład pierwszy - PMT

Tunelowanie w układzie
podwójnych studni kwantowych



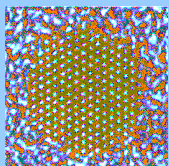
Ł. Kłopotowski, et al. Sol. St. Comm. 2001

WS 2008/2009

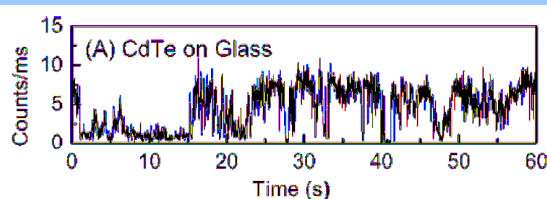
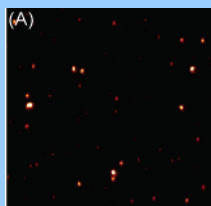


Przykład drugi - APD

Spektroskopia pojedynczych nanokryształów CdTe



selekcji widmowej dokonuje się przy pomocy odpowiednio dobranych filtrów ustawionych przed detektorem

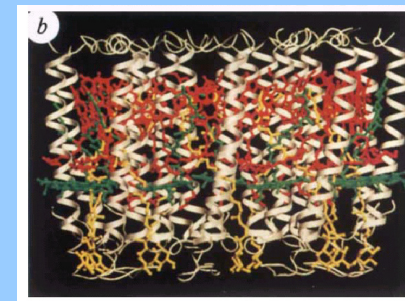
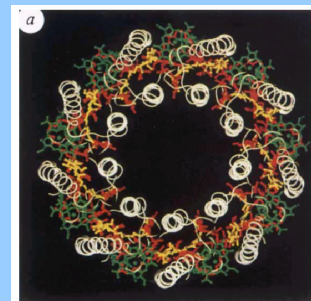


WS 2008/2009



Przykład drugi - APD

Spektroskopia pojedynczych układów fotosyntetycznych LH2



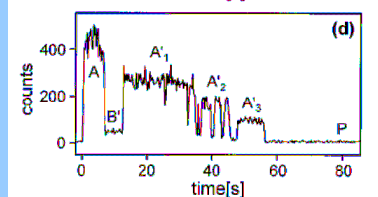
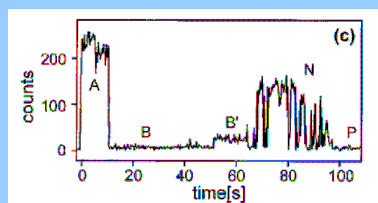
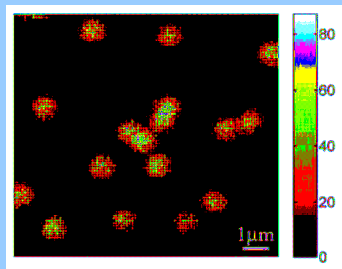
G. McDermott et al., Nature 1995

WS 2008/2009



Przykład drugi - APD

Spektroskopia pojedynczych układów fotosyntetycznych LH2



M. Bopp et al., PNAS 1997

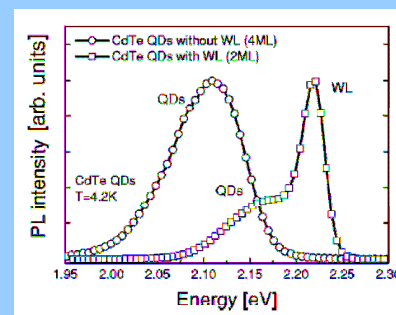
WS 2008/2009



Przykład trzeci - MCP

Rekombinacja ekscytonowa w połączonych kropkach kwantowych

uniform 2D WL + QDs (CdTe QDs)



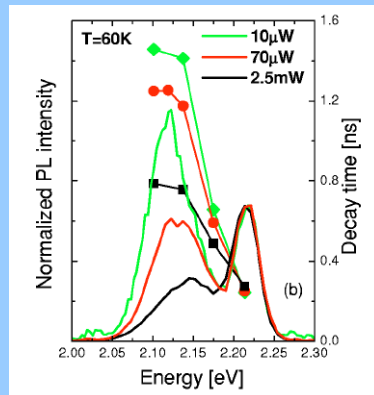
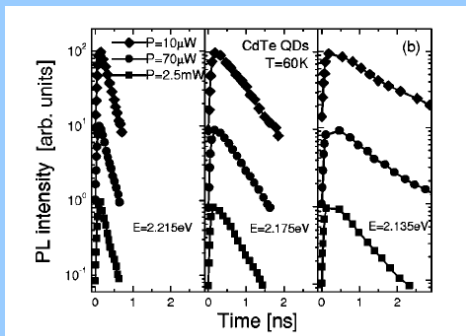
S. Mackowski et al., PRB 2004

WS 2008/2009



Przykład trzeci - MCP

Transport nośników w warstwie zwilżającej wpływa na dynamikę luminescencji



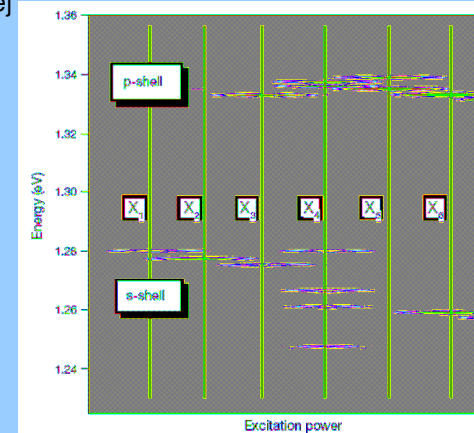
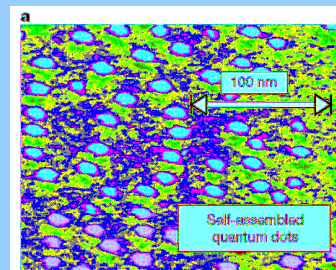
S. Mackowski et al., PRB 2004

WS 2008/2009



Przykład czwarty - CCD

Stany wzbudzone w pojedynczej kropce kwantowej InAs/GaAs



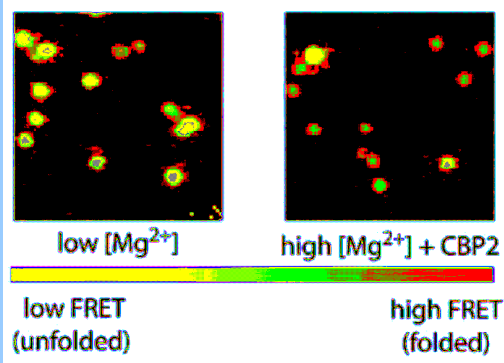
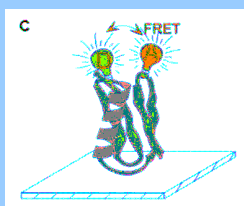
M. Bayer et al., Nature 2000

WS 2008/2009



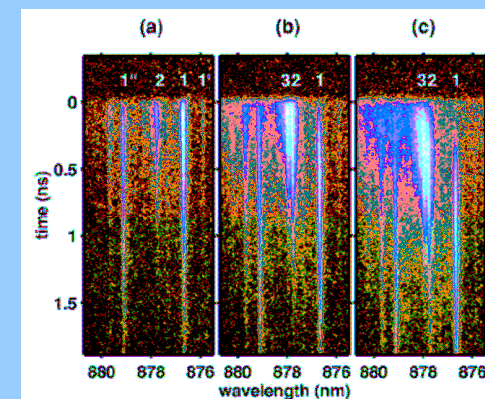
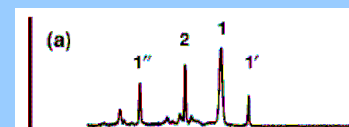
Przykład czwarty - CCD

Przekaz energii w układach biologicznych



Przykład piąty - streak camera

Spektroskopia pojedynczych kropek kwantowych



M. Santori et al., PRB 2002

WS 2008/2009

WS 2008/2009



Przykład piąty – streak camera

Indywidualne zaniki dla
poszczególnych energii detekcji

