

Uniwersytet Warszawski
Wydział Fizyki

MARCIN POLKOWSKI
251328

BADANIE EFEKTU FARADAY'A W KRYSZTAŁACH CdTe i CdMnTe

Pracownia Fizyczna dla Zaawansowanych
ćwiczenie F8
w zakresie FIZYKI CIAŁA STAŁEGO

Streszczenie

Celem wykonanego na Pracowni Fizycznej dla Zaawansowanych ćwiczenia było zbadanie efektu Faraday'a w próbkach CdTe i CdMnTe. Zmierzono widma transmisji światła w funkcji natężenia pola magnetycznego i polaryzacji fali. Otrzymane wyniki pozwoliły na określenie zawartości manganu w próbkach CdMnTe. Dla wszystkich badanych próbek wyznaczono stałą Verdet $V(h\nu)$.

Doświadczenie wykonane pod kierunkiem:
dr hab. Krzysztof Korona
Instytut Fizyki Doświadczalnej
Zakład Fizyki Ciała Stałego

Warszawa, 25 listopada 2009

Spis treści

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Wstęp teoretyczny | 3 |
| 2 | Opis układu pomiarowego i próbek | 3 |
| 2.1 | elektromagnes | 3 |
| 2.2 | polaryzatory | 5 |
| 2.3 | Próbki | 5 |
| 3 | Pomiary i wyniki | 7 |
| 3.1 | Uzyskane pomiary | 7 |
| 3.1.1 | Próbka pierwsza | 7 |
| 3.1.2 | Próbka druga | 10 |
| 3.1.3 | Próbka trzecia | 12 |
| 3.2 | Analiza pomiarów | 14 |
| 3.2.1 | próbka pierwsza | 14 |
| 3.2.2 | próbka druga | 17 |
| 3.2.3 | próbka trzecia | 19 |
| 4 | Podsumowanie | 21 |

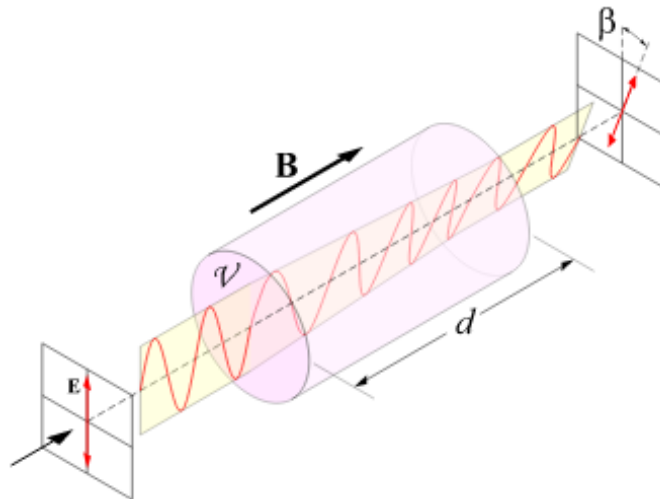
Spis rysunków

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Schemat efektu Faraday'a | 3 |
| 2 | Widmo oświetlacza wysokiej jasności rejestrowane przez detektor bez próbki i polaryzatorów | 4 |
| 3 | Charakterystyka elektromagnesu $B(I)$ | 4 |
| 4 | Dobroć polaryzatorów światła widzialnego w funkcji długości fali | 5 |
| 5 | Dobroć polaryzatorów światła podczerwonego w funkcji długości fali | 6 |
| 6 | Pomiary próbki pierwszej przy natężeniu pola $B_1 = 0$ T | 7 |
| 7 | Pomiary próbki pierwszej przy natężeniu pola $B_2 = 0.5$ T | 8 |
| 8 | Pomiary próbki pierwszej przy natężeniu pola $B_3 = 0.75$ T | 8 |
| 9 | Pomiary próbki pierwszej przy natężeniu pola $B_4 = 0.93$ T | 9 |
| 10 | Pomiary próbki pierwszej przy natężeniu pola $B_5 = 1.02$ T | 9 |
| 11 | Pomiary próbki drugiej przy natężeniu pola $B_1 = 0$ T | 10 |
| 12 | Pomiary próbki drugiej przy natężeniu pola $B_5 = 1.02$ T | 11 |
| 13 | Pomiary próbki trzeciej przy natężeniu pola $B_1 = 0$ T | 12 |
| 14 | Pomiary próbki trzeciej przy natężeniu pola $B_5 = 1.02$ T | 13 |
| 15 | Absorbancja próbki pierwszej $\log \frac{I_0}{I}$ w funkcji długości fali | 14 |
| 16 | Wartości przesunięcia fazowego dla pierwszej próbki dla 4 wartości pola względem pomiaru bez pola | 15 |
| 17 | Wartości przesunięcia fazowego dla pierwszej próbki dla 4 wartości pola względem pomiaru bez pola wraz z dopasowanymi krzywymi zależności przesunięcia w radianach od długości fali w nanometrach | 16 |
| 18 | Absorbancja próbki drugiej $\log \frac{I_0}{I}$ w funkcji długości fali | 17 |
| 19 | Wartości przesunięcia fazowego dla drugiej próbki dla maksymalnej wartości pola względem pomiaru bez pola | 18 |
| 20 | Absorbancja próbki trzeciej $\log \frac{I_0}{I}$ w funkcji długości fali | 19 |
| 21 | Wartości przesunięcia fazowego dla trzeciej próbki dla maksymalnej wartości pola względem pomiaru bez pola | 20 |
| 22 | Wartości przesunięcia fazowego dla trzeciej próbki dla maksymalnej wartości pola względem pomiaru bez pola wraz z dopasowaną krzywą zależności przesunięcia w radianach od długości fali w nanometrach | 20 |

1 Wstęp teoretyczny

Efekt Farady'ego jest zjawiskiem foto-magnetycznym zachodzącym między innymi w kryształach CdMnTe polegającym na skręceniu liniowo spolaryzowanej fali podczas przechodzenia przez kryształ CdMnTe. Zjawisko to związane jest z silną magnetycznością manganu. Kryształy CdMnTe są dobrym materiałem do badania Efektu Farady'ego ze względu na możliwość wytworzenia ich z różnym stosunkiem kadmu i manganu, dzięki czemu uzyskać można kryształy o różnej szerokości przerwy energetycznej wynoszącej od 1,59 eV do 2,98 eV.

Schemat efektu Farady'ego pokazano na rysunku 1.



Rysunek 1: Schemat efektu Farady'ego

2 Opis układu pomiarowego i próbek

Do wykonania pomiarów efektu Farady'ego wykorzystano stanowisko pomiarowe wyposażone w szynę optyczną, pozwalającą na zamontowanie i regulację takich przyrządów jak oświetlacz wysokiej jasności, soczewki, polaryzatory, elektromagnes, uchwyt do próbki oraz światłowód. Światło pochodzące z oświetlacza skupiane było za pomocą soczewki na próbce znajdującej się pomiędzy okładkami elektromagnesu. Wiązka światła przechodząca za próbkę była skupiana ponownie, aby w całości trafić do światłowodu prowadzącego do monochromatora połączonego z sensorem CCD podłączonym do komputera. Dzięki połączeniu układu do komputera możliwe było sprawne rejestrowanie ilości fotonów docierających do sensora CCD w funkcji długości fali.

Zliczane były fotony o długości fali od 345,38 nm do 1001,10 nm w 2048 równych przedziałach.

W torze biegu światła możliwe było umieszczenie polaryzatorów (przed i za próbką), dzięki czemu możliwy był pomiar zależności skręcenia polaryzacji w próbce od natężenia pola magnetycznego i długości fali.

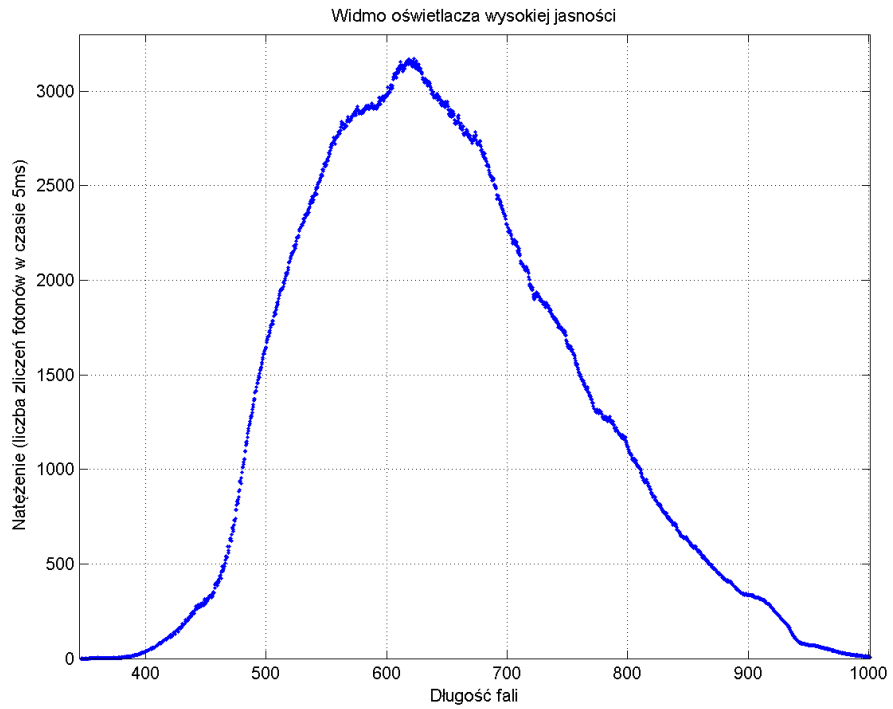
Na wykresie 2 pokazano zmierzone widmo oświetlacza wysokiej jasności wykorzystywanego w doświadczeniu do oświetlenia próbki. Widmo to zostało zarejestrowane przez detektor bez próbki i polaryzatorów.

2.1 elektromagnes

Jednym z elementów układu pomiarowego był elektromagnes, którego zadaniem było wytwarzanie pola magnetycznego w miejscu umieszczenia próbki, dzięki czemu możliwe było zaobserwowanie efektu Farady'ego.

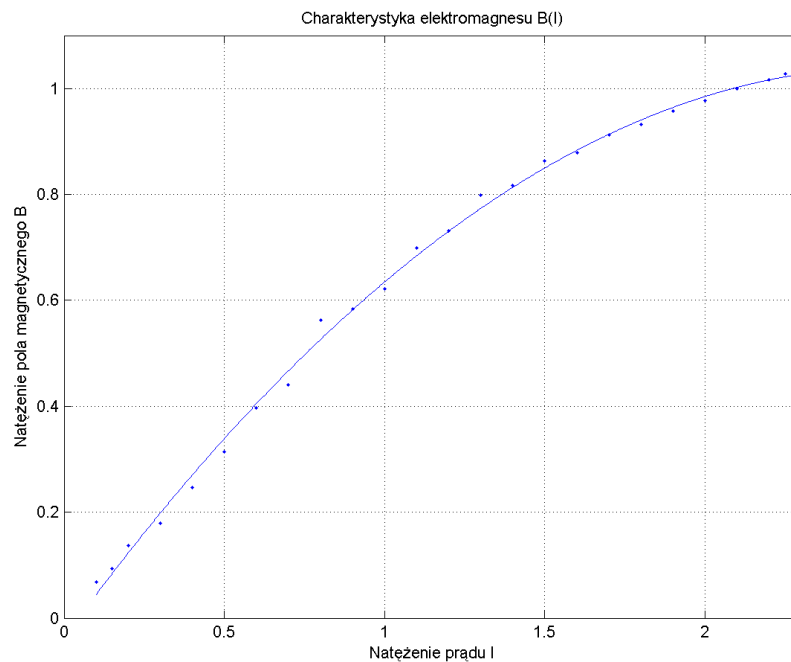
Za pomocą teslomierza zmierzono natężenie pola magnetycznego w funkcji prądu zasilającego elektromagnes. Do uzyskanych wartości dopasowano krzywą wielomianową postaci

$$B(I) = aI^2 + bI + c \quad (1)$$



Rysunek 2: Widmo oświetlacza wysokiej jasności rejestrowane przez detektor bez próbki i polaryzatorów

Uzyskano następujące wartości parametrów: $a = -0,1608$, $b = 0,8325$ oraz $c = -0,0369$. Uzyskane pomiary wraz z dopasowaną krzywą przedstawiono na wykresie 3.



Rysunek 3: Charakterystyka elektromagnesu $B(I)$

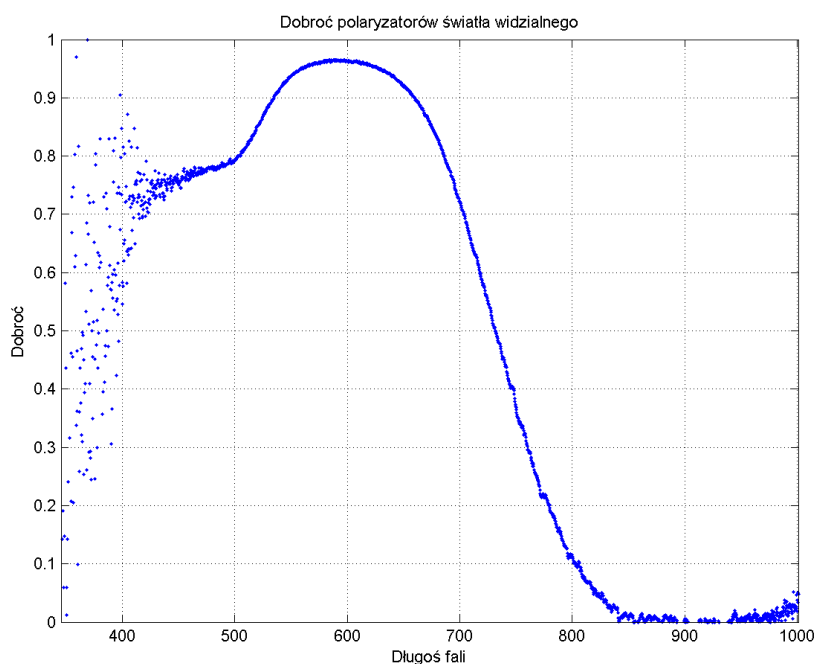
Przy pomiarach efektu Faraday'a zastosowano pięć wartości natężenia prądu zasilającego elektromagnes: $I_1 = 0$ A, $I_2 = 0.75$ A, $I_3 = 1.25$ A, $I_4 = 1.75$ A, $I_5 = 2.25$ A. Na podstawie dopasowanej krzywej charakteryzującej elektromagnes obliczone zostały wartości natężenia pola magnetycznego w tych punktach: $B_1 = 0$ T, $B_2 = 0.50$ T, $B_3 = 0.75$ T, $B_4 = 0.93$ T, $B_5 = 1.02$ T.

2.2 polaryzatory

Przed przystąpieniem do pomiarów właściwych zmierzono widmo światła przepuszczanego przez polaryzatory w ustawieniach prostopadłym i równoległym dla polaryzatorów światła widzialnego i podczerwonego. Na podstawie tak zebranych danych wyznaczono ich dobroć na podstawie wzoru:

$$d(h\nu) = \frac{I_{\parallel}(h\nu) - I_{\perp}(h\nu)}{I_{\parallel}(h\nu) + I_{\perp}(h\nu)} \quad (2)$$

Zależność $d(h\nu)$ dla polaryzatorów światła widzialnego przedstawiono na wykresie 4 a dla światła podczerwonego na wykresie 5.



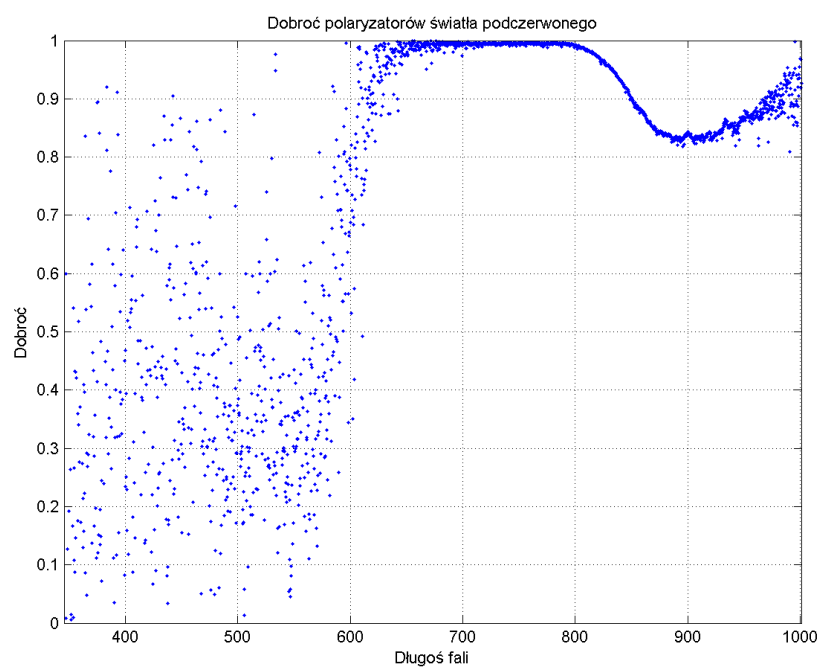
Rysunek 4: Dobroć polaryzatorów światła widzialnego w funkcji długości fali

Z wykresów można odczytać, że polaryzatory światła widzialnego pracują dobrze w zakresie od 500 nm do 700 nm, a polaryzatory światła podczerwonego w zakresie od 650 nm do 900 nm.

2.3 Próbki

W doświadczeniu badano trzy próbki oznaczone numerami 1, 2 i 3. Szybko dało się zaobserwować, że próbka numer 3 była czystym kryształem CdTe, gdyż nie obserwowano w niej skrócenia polaryzacji światła. Skrócenie dało się zaobserwować w pozostałych dwóch próbkach, jednak z faktu, że próbka numer jeden przepuszczała więcej światła, a efekt Faraday'a był w niej dużo mocniejszy można szybko wnioskować, że miała ona największą zawartość manganu.

W dalszej części opisu dokonano oszacowania zawartości manganu w próbkach 1 i 2.



Rysunek 5: Dobroć polaryzatorów światła podczerwonego w funkcji długości fali

3 Pomiar y i wyniki

3.1 Uzyskane pomiary

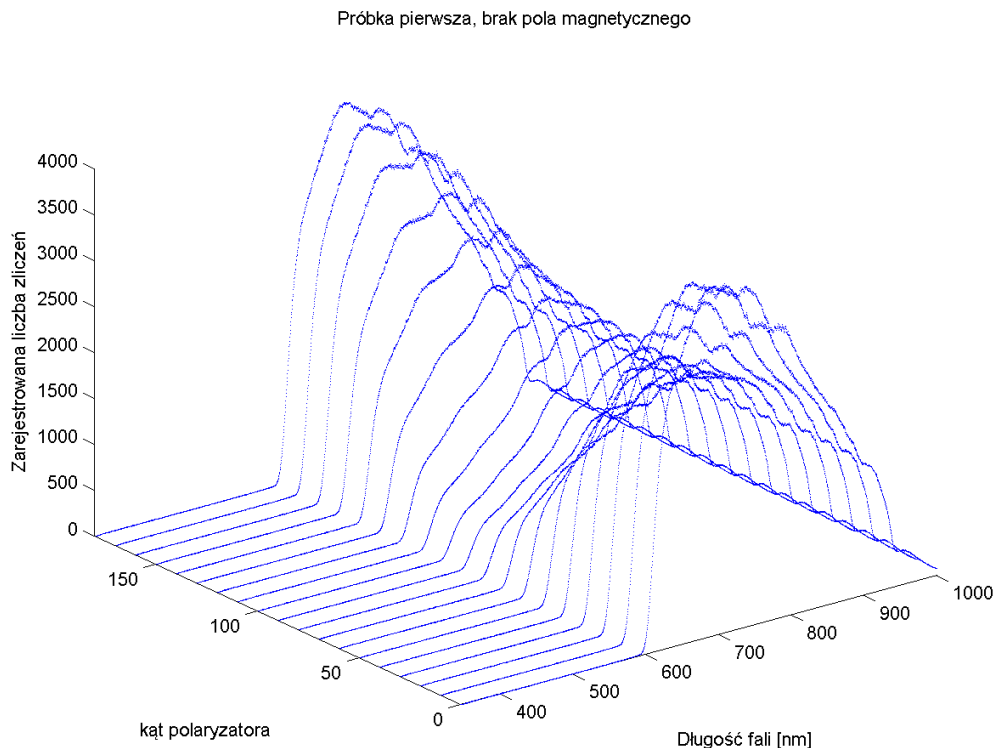
3.1.1 Próbka pierwsza

Ponieważ podczas badania pierwszej próbki obserwowano najsilniejszy efekt Faraday'a (spośród trzech próbek), dokonano pomiaru natężenia fali w funkcji jej długości dla 18 kątów pomiędzy polaryzatorami (od 0 do 180 co 10 stopni), dla 5 wartości pola magnetycznego: $B_1 = 0$ T, $B_2 = 0.5$ T, $B_3 = 0.75$ T, $B_4 = 0.93$ T, $B_5 = 1.02$ T.

Pomiary dla próbki pierwszej zbierano korzystając z polaryzatorów światła widzialnego. Czas akwizycji wynosił $t = 200$ ms. Jeden pomiar stanowi uśrednienie 10 kolejnych akwizycji. Zbierano dane po odjęciu pomiarów tła.

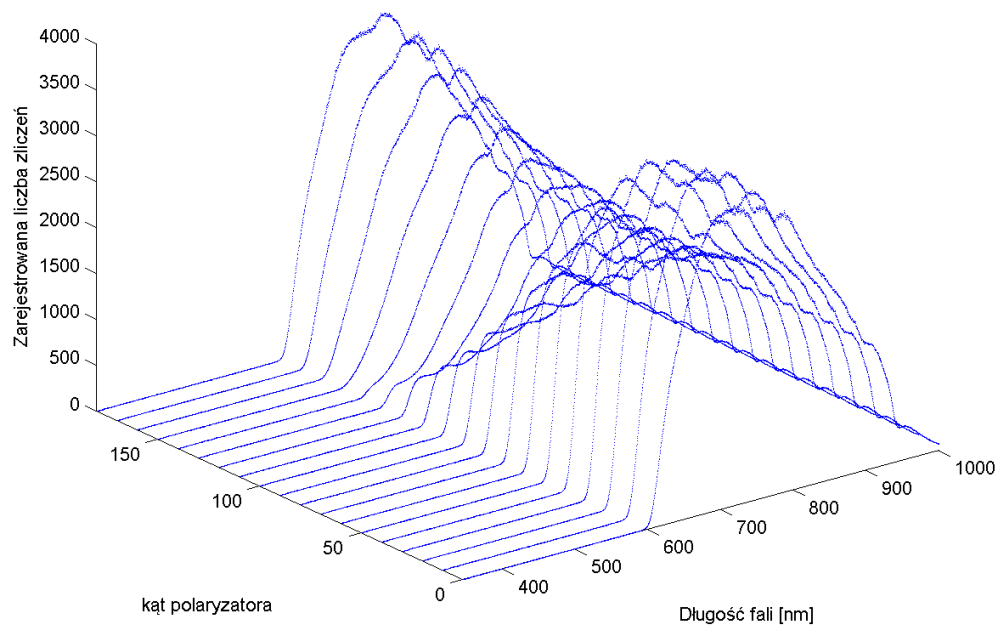
Uzyskane w ten sposób pomiary zostały zobrazowane na wykresach:

1. wykres 6 przedstawia pomiary uzyskane dla pola o natężeniu $B_1 = 0$ T
2. wykres 7 przedstawia pomiary uzyskane dla pola o natężeniu $B_2 = 0.5$ T
3. wykres 8 przedstawia pomiary uzyskane dla pola o natężeniu $B_3 = 0.75$ T
4. wykres 9 przedstawia pomiary uzyskane dla pola o natężeniu $B_4 = 0.93$ T
5. wykres 10 przedstawia pomiary uzyskane dla pola o natężeniu $B_5 = 1.02$ T



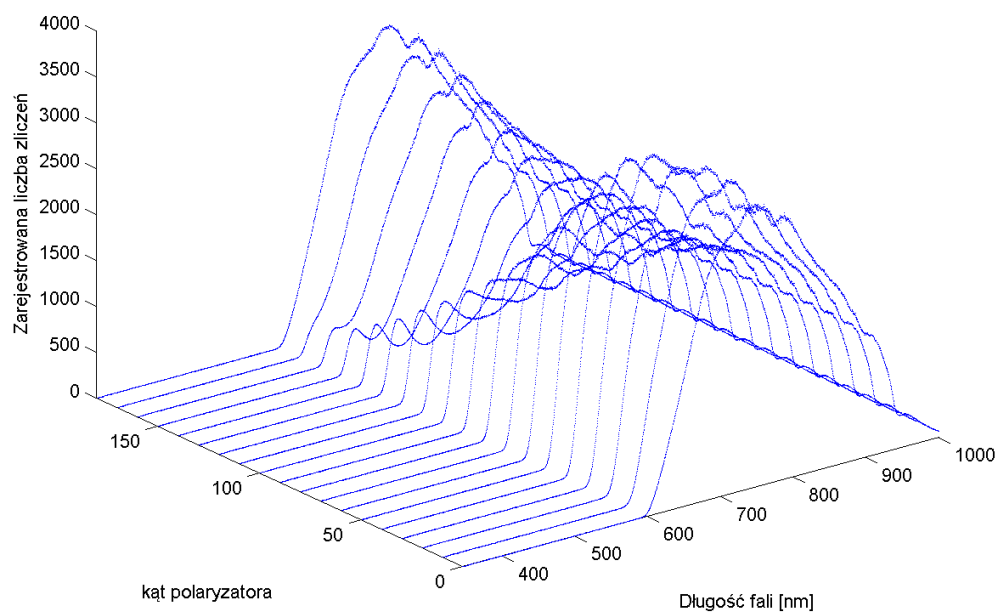
Rysunek 6: Pomiary próbki pierwszej przy natężeniu pola $B_1 = 0$ T

Próbka pierwsza, pole magnetyczne $B=0.50$ T



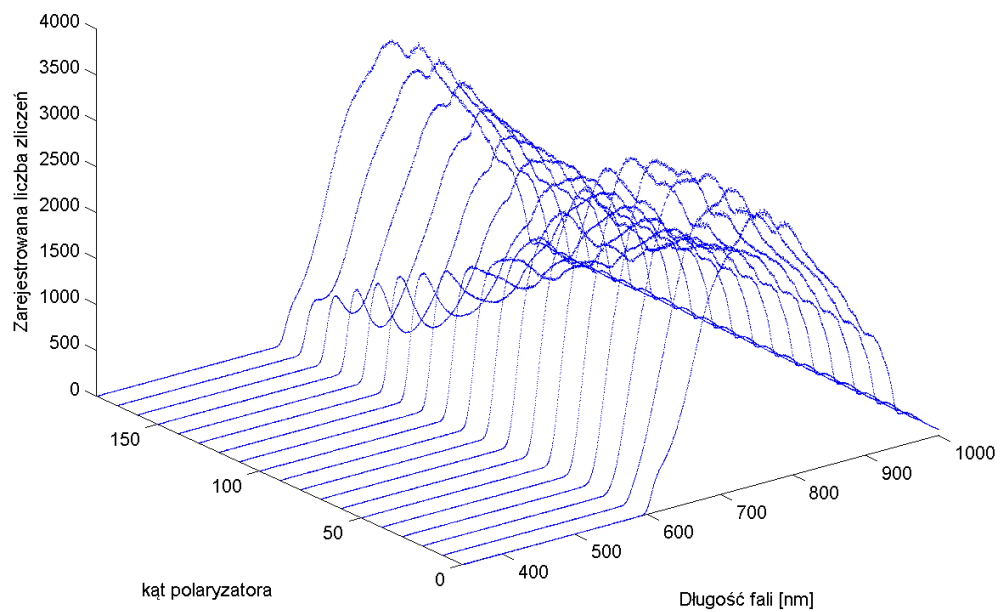
Rysunek 7: Pomiary próbki pierwszej przy natężeniu pola $B_2 = 0.5$ T

Próbka pierwsza, pole magnetyczne $B=0.75$ T



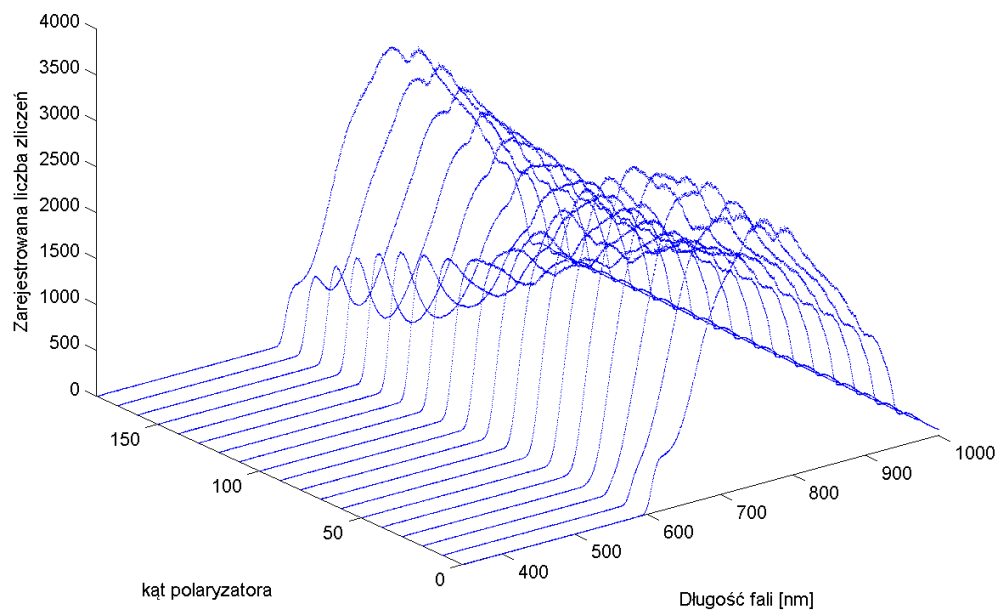
Rysunek 8: Pomiary próbki pierwszej przy natężeniu pola $B_3 = 0.75$ T

Próbka pierwsza, pole magnetyczne $B=0.93$ T



Rysunek 9: Pomiary próbki pierwszej przy natężeniu pola $B_4 = 0.93$ T

Próbka pierwsza, pole magnetyczne $B=1.02$ T



Rysunek 10: Pomiary próbki pierwszej przy natężeniu pola $B_5 = 1.02$ T

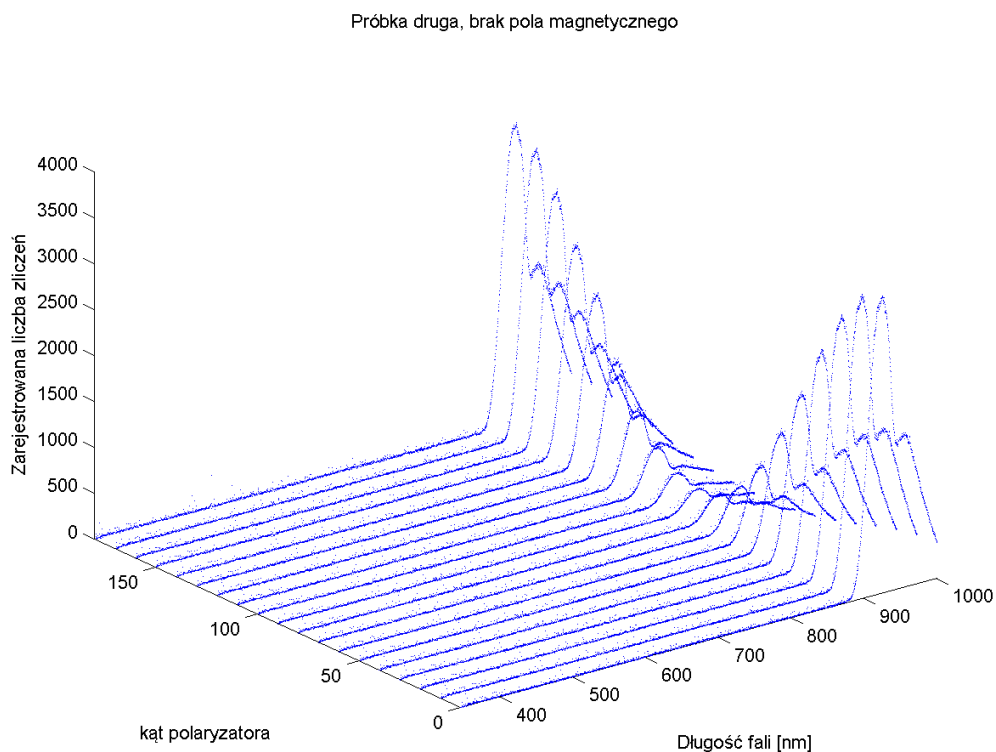
3.1.2 Próbka druga

Efekt Faraday'a w próbce drugiej był dużo słabszy niż w próbce pierwszej. Dokonano pomiarów analogicznie jak dla próbki pierwszej, lecz tylko dla dwóch wartości pola $B_1 = 0$ T, $B_5 = 1.02$ T.

Pomiary dla próbki drugiej zbierano korzystając z polaryzatorów światła podczerwonego. Czas akwizycji wynosił $t = 8000$ ms. Jeden pomiar stanowi uśrednienie 2 kolejnych akwizycji. Zbierano dane po odjęciu pomiarów tła.

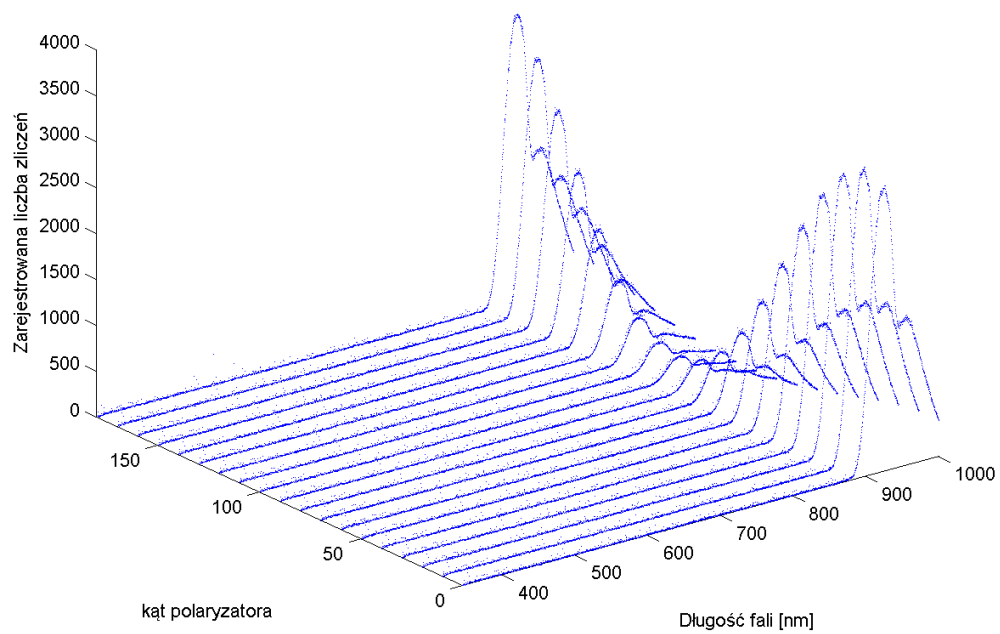
Uzyskane w ten sposób pomiary zostały zobrazowane na wykresach:

1. wykres 11 przedstawia pomiary uzyskane dla pola o natężeniu $B_1 = 0$ T
2. wykres 12 przedstawia pomiary uzyskane dla pola o natężeniu $B_5 = 1.02$ T



Rysunek 11: Pomiary próbki drugiej przy natężeniu pola $B_1 = 0$ T

Próbka druga, pole magnetyczne $B=1.02$ T



Rysunek 12: Pomiary próbki drugiej przy natężeniu pola $B_5 = 1.02$ T

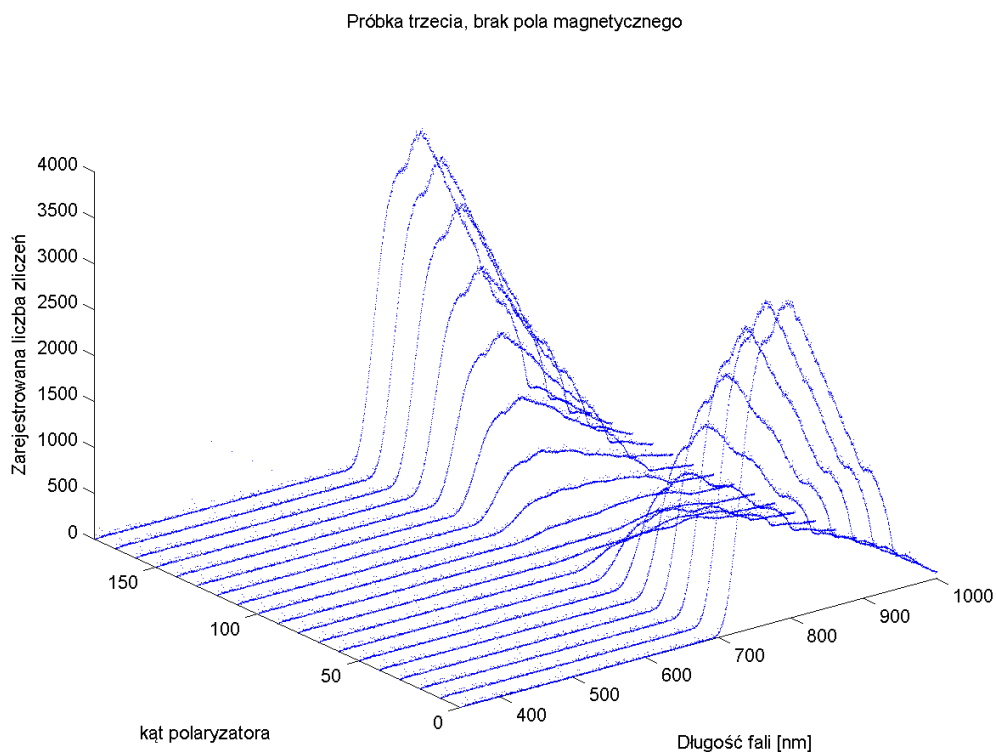
3.1.3 Próbka trzecia

Efekt Faraday'a w próbce trzeciej był również dużo słabszy niż w próbce pierwszej. Dokonano pomiarów analogicznie jak dla próbki drugiej, dla dwóch wartości pola $B_1 = 0$ T, $B_5 = 1.02$ T.

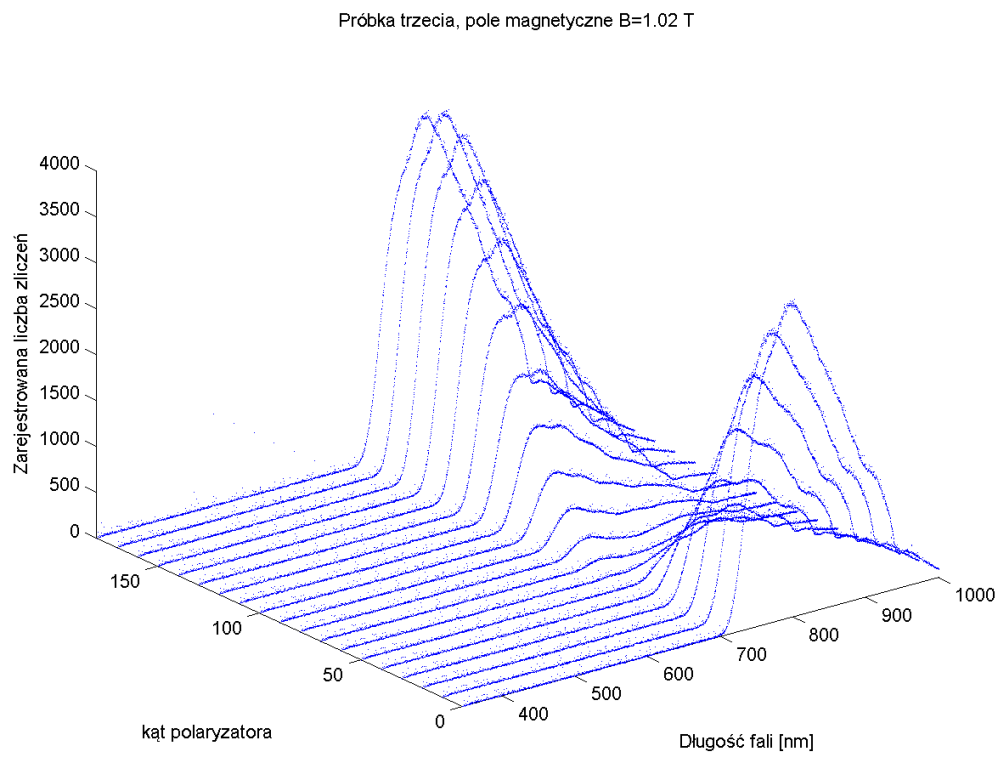
Pomiary dla próbki trzeciej zbierano korzystając z polaryzatorów światła podczerwonego. Czas akwizycji wynosił $t = 8000$ ms. Jeden pomiar stanowi uśrednienie 5 kolejnych akwizycji. Zbierano dane po odjęciu pomiarów tła.

Uzyskane w ten sposób pomiary zostały zobrazowane na wykresach:

1. wykres 13 przedstawia pomiary uzyskane dla pola o natężeniu $B_1 = 0$ T
2. wykres 14 przedstawia pomiary uzyskane dla pola o natężeniu $B_5 = 1.02$ T



Rysunek 13: Pomiary próbki trzeciej przy natężeniu pola $B_1 = 0$ T



Rysunek 14: Pomiary próbki trzeciej przy natężeniu pola $B_5 = 1.02$ T

3.2 Analiza pomiarów

Do wszystkich operacji na danych użyto oprogramowania Mathworks MATLAB 7.9.

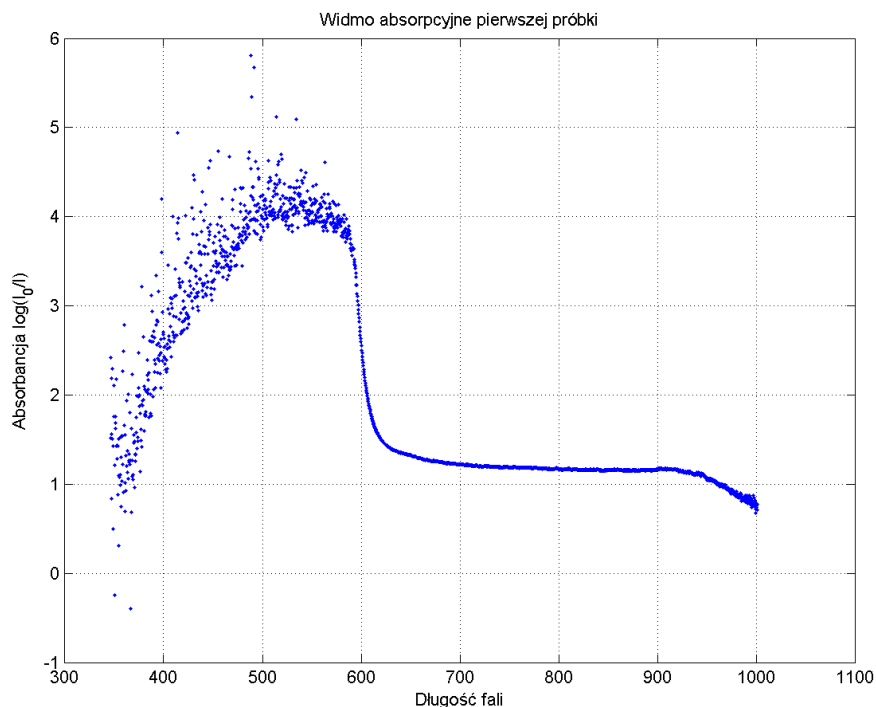
Dla wszystkich 9 pomiarów pokazanych w sekcji 3.1 przeprowadzono procedurę numerycznego wyznaczenia przesunięcia fazowego funkcji okresowej (cosinus), której argumentami były kąty pomiędzy polaryzatorami a wartościami pomiaru natężenia fali dla danej długości fali, danej próbki i danego natężenia pola magnetycznego. Wielkość przesunięcia fazowego obliczano ze wzoru

$$\varphi = \arctg \left(\frac{\sum \cos N_i}{\sum \sin N_i} \right) \quad (3)$$

W wyniku przeprowadzenia powyższej operacji dla wszystkich 9 zbiorów danych otrzymano 9 wektorów wartości $\varphi(h\nu)$.

Ze względu na ograniczone zakresy pracy polaryzatorów, oraz przepuszczalność próbek do dalszej analizy nadawały się tylko fragmenty wspomnianych wektorów odpowiadające tym długościom fali, które były dobrze przepuszczane zarówno przez próbkę jak i polaryzatory.

3.2.1 próbka pierwsza



Rysunek 15: Absorbancja próbki pierwszej $\log \frac{I_0}{I}$ w funkcji długości fali

Na wykresie 15 przedstawiono zależność absorbancji próbki pierwszej od długości fali. Z wykresu tego można odczytać, że pierwsza próbka przepuszczała światło o długości fali większej niż 600 nm. Długość fali przeliczono na energię w elektronovoltach za pomocą wzoru

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (4)$$

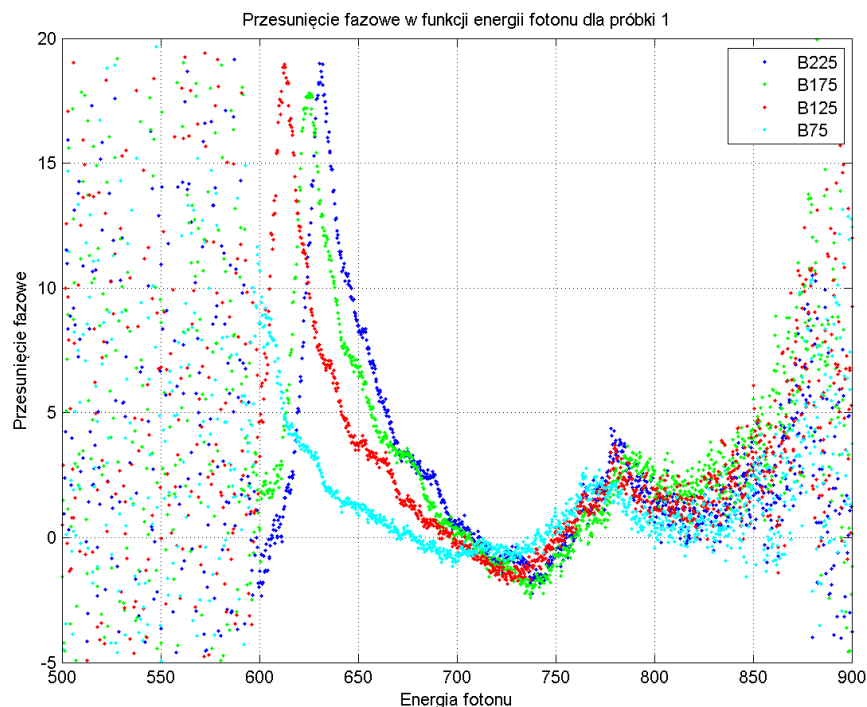
Otrzymano w ten sposób wartość przerwy energetycznej E_g , która dla pierwszej próbki wyniosła $2,07 \pm 0,04$ eV. Znając wzór na zależność między przerwą energetyczną i zawartością manganu w próbce

$$E_g(x) = (1,59 + 1,39x) \text{ eV} \quad (5)$$

obliczono zawartość manganu w pierwszej próbce:

$$x = \frac{\frac{hc}{\lambda} - 1,59}{1,39} = 0,35 \pm 0,04 \quad (6)$$

Na wykresie 16 przedstawiono wartości przesunięcia fazowego dla pierwszej próbki dla 4 wartości pola względem pomiaru bez pola.



Rysunek 16: Wartości przesunięcia fazowego dla pierwszej próbki dla 4 wartości pola względem pomiaru bez pola

W zakresie długości fal od 630 do 700 nm dopasowano krzywe zależności kąta przesunięcia fazowego (w radianach) od długości fali (w nanometrach) postaci

$$\theta(h\nu) = a + \exp(b \cdot h\nu) \quad (7)$$

Otrzymano wartości parametrów:

1. $a = 1,15 \times 10^{10}$ i $b = -0,0395$ dla pola $B_5 = 1,02$ T
2. $a = 2,84 \times 10^9$ i $b = -0,03685$ dla pola $B_4 = 0,93$ T
3. $a = 3,40 \times 10^9$ i $b = -0,0379$ dla pola $B_3 = 0,75$ T
4. $a = 1,44 \times 10^{14}$ i $b = -0,05653$ dla pola $B_2 = 0,5$ T

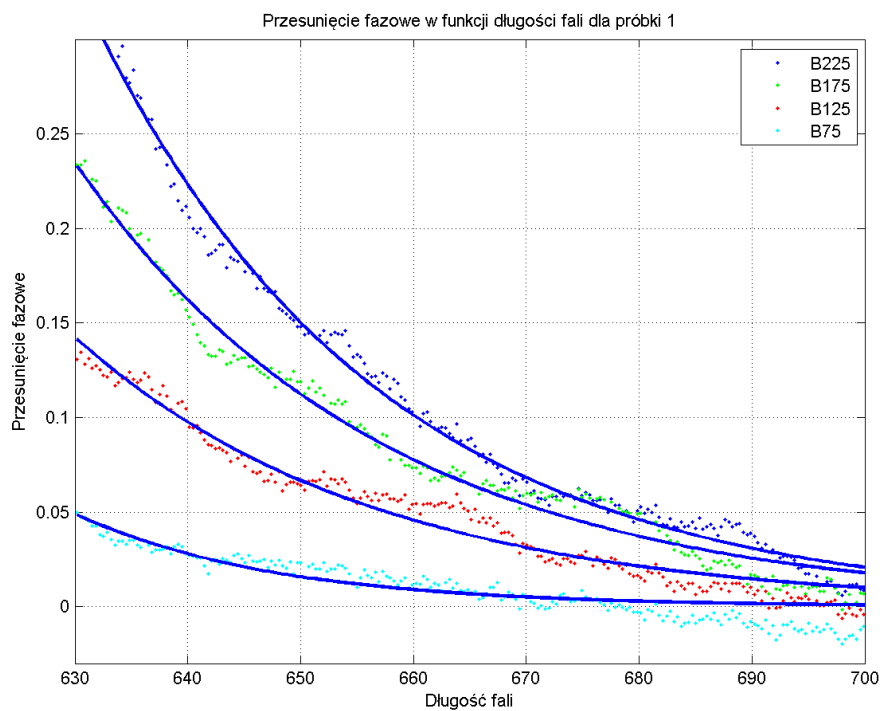
Dopasowane krzywe wraz z punktami pomiarowymi przedstawiono na wykresie 17. Stałą Verdetą dla tego zakresu długości fal można wyliczyć ze wzoru

$$V(h\nu) = \frac{\theta(h\nu)}{lB} \quad (8)$$

gdzie $l = 0,0014$ m jest długością próbki a B wartością natężenia pola magnetycznego. Ostatecznie zależność stałej Verdetą od długości fali w nanometrach dla pomiaru w polu $B_5 = 1,02$ T można zapisać jako:

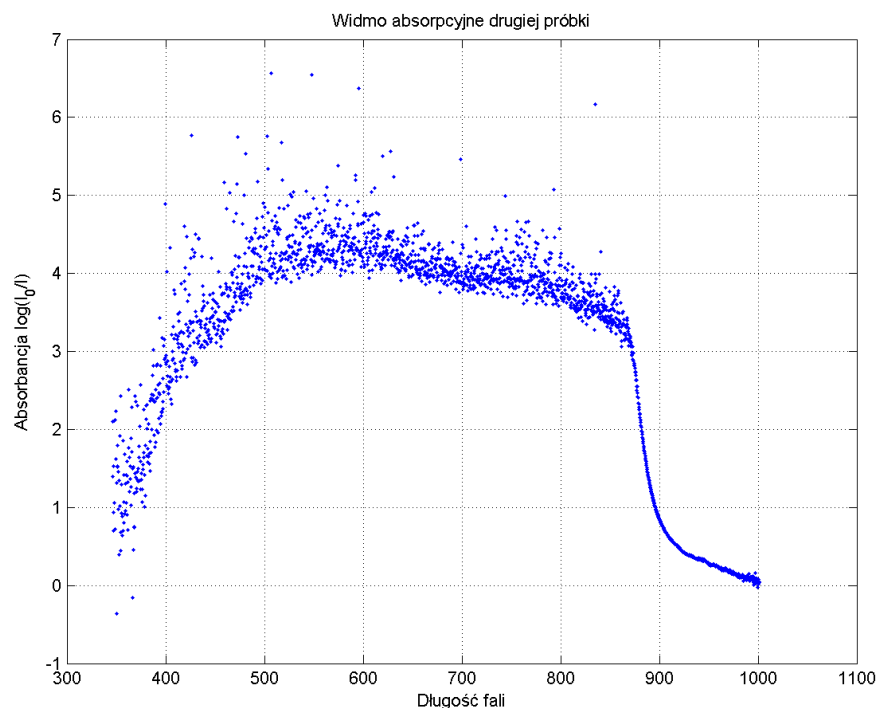
$$V(h\nu) = 1,51 \times 10^{13} \exp(-0,0395 \cdot h\nu) \quad (9)$$

Przykładowo: dla fali o długości 640 nm stała Verdetą wynosi dla próbki trzeciej $156 \pm 12 \frac{\text{rad}}{\text{Tm}}$.



Rysunek 17: Wartości przesunięcia fazowego dla pierwszej próbki dla 4 wartości pola względem pomiaru bez pola wraz z dopasowanymi krzywymi zależności przesunięcia w radianach od długości fali w nanometrach

3.2.2 próbka druga



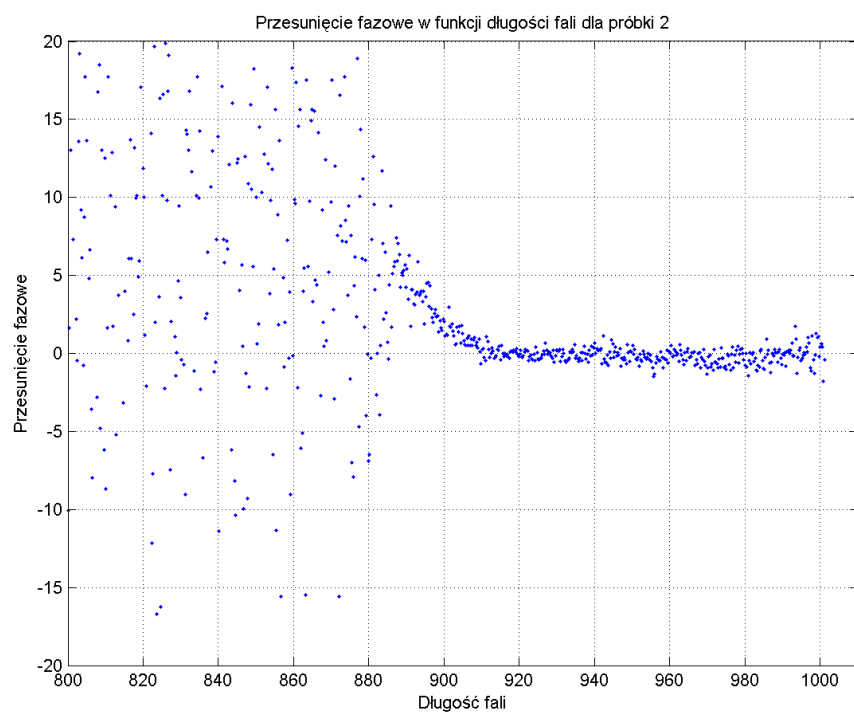
Rysunek 18: Absorbancja próbki drugiejj $\log \frac{I_0}{I}$ w funkcji długości fali

Na wykresie 18 przedstawiono zależność absorbancji próbki pierwszej od długości fali. Z wykresu tego można odczytać, że druga próbka przepuszczała światło o długości fali większej niż 880 nm. Długość fali przeliczono na energię w elektronovoltach za pomocą wzoru (4). Otrzymano w ten sposób wartość przerwy energetycznej E_g , która dla próbki drugiej wyniosła $1,41 \pm 0,03$ eV. Ze wzoru (5) obliczono zawartość manganu w pierwszej próbce:

$$x = \frac{\frac{hc}{\lambda} - 1,59}{1,39} \approx -0,13 \pm 0,03 \quad (10)$$

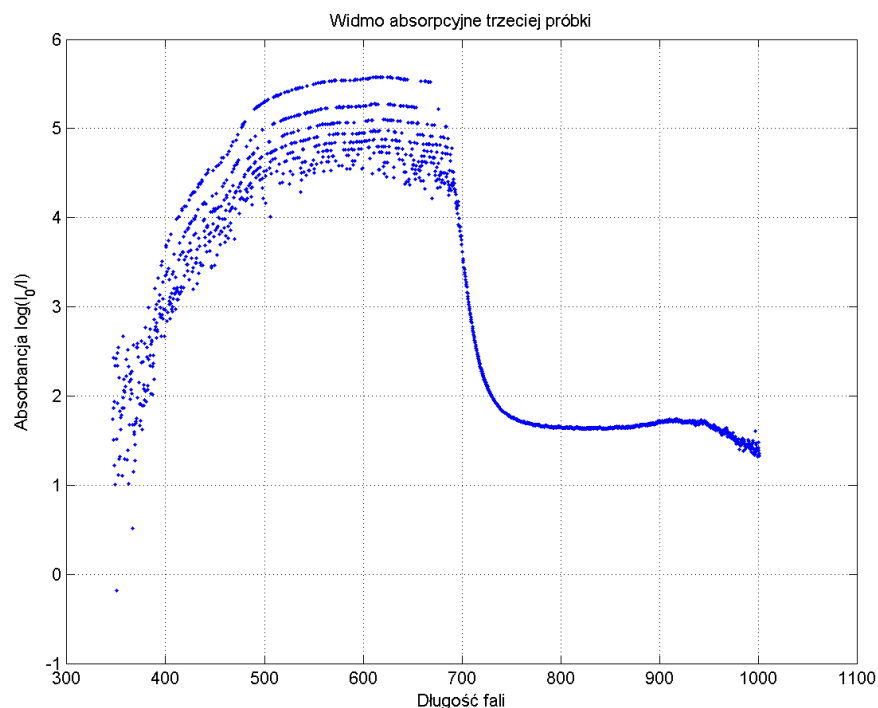
Jak widać otrzymano wartość fizycznie błędną. Jest to prawdopodobnie spowodowane dużym zużyciem mechanicznym próbki. W tym miejscu należy się zastanowić, czy otrzymane wartości przerwy energetycznej (a co za tym idzie zawartości manganu) nie powinny być przeskalowane w taki sposób, by druga próbka miała zerową zawartość manganu. Obserwacja skreślenia polaryzacji w polu magnetycznym pokazana na wykresie 19 wyraźnie sugeruje, że próbka druga ma zerową zawartość manganu.

Na wykresie 19 przedstawiono wartości przesunięcia fazowego dla drugiej próbki dla maksymalnej wartości pola względem pomiaru bez pola.



Rysunek 19: Wartości przesunięcia fazowego dla drugiej próbki dla maksymalnej wartości pola względem pomiaru bez pola

3.2.3 próbka trzecia



Rysunek 20: Absorbancja próbki trzeciej $\log \frac{I_0}{I}$ w funkcji długości fali

Na wykresie 20 przedstawiono zależność absorpcji próbki pierwszej od długości fali. Z wykresu tego można odczytać, że trzecia próbka przepuszczała światło o długości fali większej niż 710 nm. Długość fali przeliczono na energię w elektronowoltach za pomocą wzoru (4). Otrzymano w ten sposób wartość przerwy energetycznej E_g , która dla próbki trzeciej wyniosła $1,75 \pm 0,03$ eV. Ze wzoru (5) obliczono zawartość manganu w pierwszej próbce:

$$x = \frac{\frac{hc}{\lambda} - 1,59}{1,39} \approx 0,12 \pm 0,03 \quad (11)$$

Na wykresie 21 przedstawiono wartości przesunięcia fazowego dla trzeciej próbki dla maksymalnej wartości pola względem pomiaru bez pola. W zakresie długości fal od 710 do 900 nm dopasowano krzywą zależności kąta przesunięcia fazowego (w radianach) od długości fali (w nanometrach) postaci

$$\theta(h\nu) = a + \exp(b \cdot h\nu) \quad (12)$$

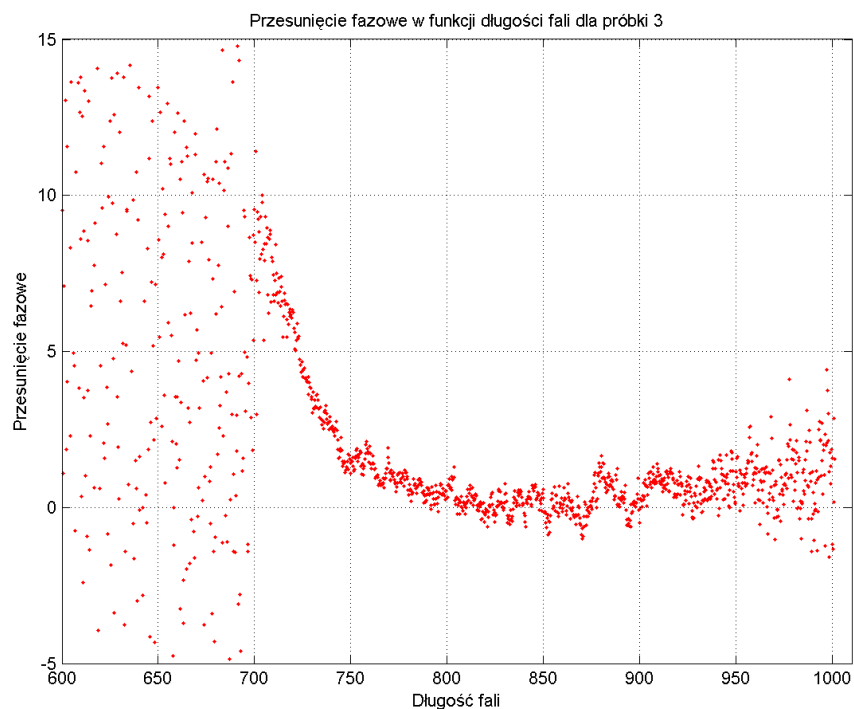
Otrzymano wartości parametrów $a = 2,44 \times 10^{10}$ oraz $b = -0,0365$. Dopasowaną krzywą wraz z punktami pomiarowymi przedstawiono na wykresie 22. Stałą Verdetą dla tego zakresu długości fal można wyliczyć ze wzoru

$$V(h\nu) = \frac{\theta(h\nu)}{lB} \quad (13)$$

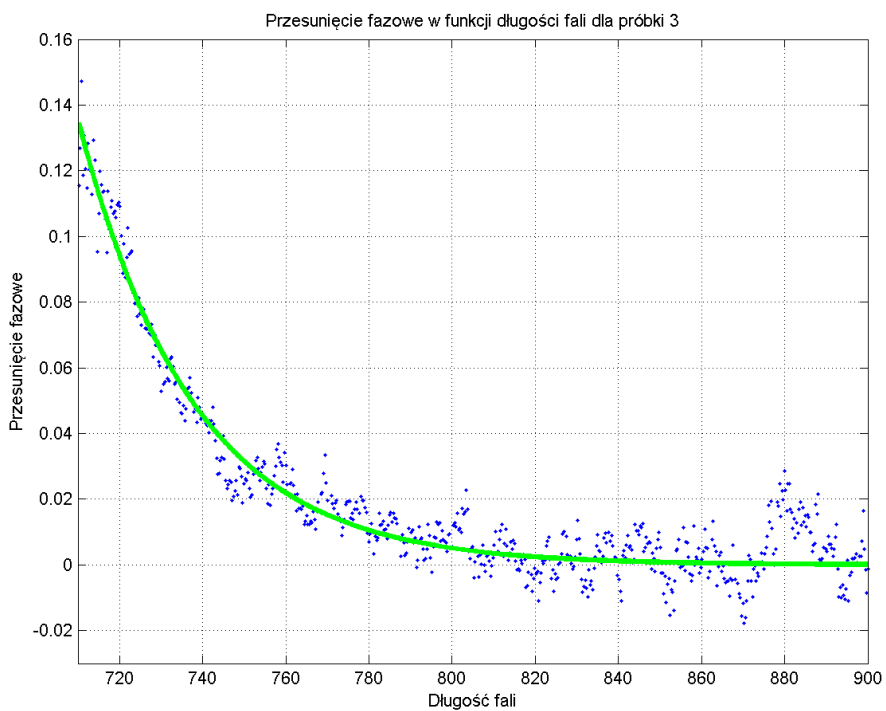
gdzie $l = 0,0005$ m jest długością próbki a $B = 1,02$ wartością natężenia pola magnetycznego. Ostatecznie zależność stałej Verdetą od długości fali w nanometrach można zapisać jako:

$$V(h\nu) = 4,78 \times 10^{12} \exp(-0.0365 \cdot h\nu) \quad (14)$$

Przykładowo: dla fali o długości 720 nm stała Verdetą wynosi dla próbki trzeciej $184 \pm 15 \frac{\text{rad}}{\text{Tm}}$.



Rysunek 21: Wartości przesunięcia fazowego dla trzeciej próbki dla maksymalnej wartości pola względem pomiaru bez pola



Rysunek 22: Wartości przesunięcia fazowego dla trzeciej próbki dla maksymalnej wartości pola względem pomiaru bez pola wraz z dopasowaną krzywą zależności przesunięcia w radianach od długości fali w nanometrach

4 Podsumowanie

Podczas doświadczenia zbadano trzy próbki. Jedną z nich była kryształem $\text{Cd}_{0,66}\text{Mn}_{0,34}\text{Te}$ (oznaczona numerem 1), druga CdTe (oznaczona numerem 2) a trzecia $\text{Cd}_{0,87}\text{Mn}_{0,13}\text{Te}$ (oznaczona numerem 3). Uzyskana ujemna zawartość manganu w próbce drugiej sugeruje, potrzebę przeskalowania uzyskanych wyników zawartości manganu o $0,13 \pm 0,03$. Po takiej operacji otrzymano następujące składy kryształów:

1. Próbka pierwsza: $\text{Cd}_{0,79}\text{Mn}_{0,21}\text{Te}$
2. Próbka druga: CdTe
3. Próbka trzecia: $\text{Cd}_{0,26}\text{Mn}_{0,74}\text{Te}$

Zgodnie z oczekiwaniami nie zauważono efektu Faraday'a w próbce nie zawierającej manganu.

Dla dwóch próbek zawierających mangan zaobserwowano wyraźny efekt Faraday'a, który powodował skrócenie polaryzacji światła spolaryzowanego liniowo gdy działano na próbkę polem magnetycznym. Dla obydwu próbek dopasowano krzywe do zależności skrócenia polaryzacji od długości fali i wyznaczono wzór na wielkość stałej Verdet'a od długości fali.

Dla próbki oznaczonej numerem 1 zależność Stałej Verdet'a od długości fali w zakresie długości fal od 630 do 700 nm miała postać

$$V(h\nu) = 1,51 \times 10^{13} \exp(-0.0395 \cdot h\nu) \quad (15)$$

Dla próbki oznaczonej numerem 3 zależność Stałej Verdet'a od długości fali w zakresie długości fal od 710 do 900 nm miała postać

$$V(h\nu) = 4,78 \times 10^{12} \exp(-0.0365 \cdot h\nu) \quad (16)$$