UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI W KRAKOWIE

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej

II Pracownia Fizyczna

XXIII Studencka Sesja Plakatowa

31.05-04.06.2021

plakat nr

1

autor:
Marcin Pietruczuk

opiekun:
prof. dr hab.
Jacek Kołodziej

Badanie modeli powierzchni krystalicznych metodami dyfrakcyjnymi

Warunki Lauego

Maksima wiążące się z czynnikiem geometrii zadają warunki Lauego wyrażone poprzez równania:

$$(k_x, k_y) \cdot \vec{a_1} = 2\pi n, \quad (2)$$
$$(k_x, k_y) \cdot \vec{a_2} = 2\pi m, \quad (3)$$

gdzie n i m są liczbami całkowitymi. Zbiór punktów wyznaczonych poprzez wektory (k_x, k_y) spełniające warunki Lauego nazywany jest siecią odwrotną.
W celu sprawdzenia tych warunków wykonano pomiary długości [2] odpowiednich wektorów a_i rozpinających sieci rzeczywiste oraz b_i rozpinających sieci odwrotne. Zbadanych zostało dziesięć różnych masek, modelujących sieci proste oraz heksagonalne. Przy wyznaczaniu iloczynów skalarnych zostały uwzględnione kąty pomiędzy odpowiednimi wektorami sieci rzeczywistej oraz sieci odwrotnej. Uzyskana z pomiarów stała nie wynosi 2π, lecz sprowadza się do innej wartości wynikającej z geometrii układu. Dla zbadanych modeli powierzchni, uzyskano średnie odchylenie od wartości wyznaczonej stałej wynoszące $2,45\%$.

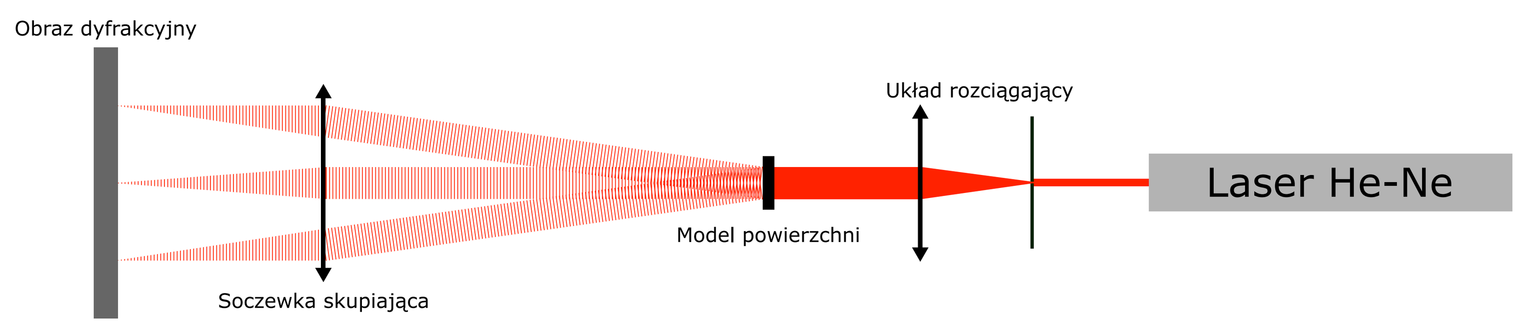
Bibliografia

[1] Z.Postawa J.J. Kołodziej. *Badanie modeli powierzchni krystalicznych metodami dyfrakcyjnymi.* 2008. URL: http://www.2pf.if.uj.edu.pl/web/ii-pracownia-fizyczna/z17.

[2] The GIMP Development Team. *GIMP.* 2019.

Układ pomiarowy

Obrazy dyfrakcyjne zostały otrzymane wedle schematu przedstawionego poniżej. Obrazy rzeczywiste uzyskano poprzez oświetlenie modeli powierzchni światłem projektora. Wytworzone w obu przypadkach obrazy zostały następnie zarejestrowane przy pomocy kamery.



Dyfrakcja

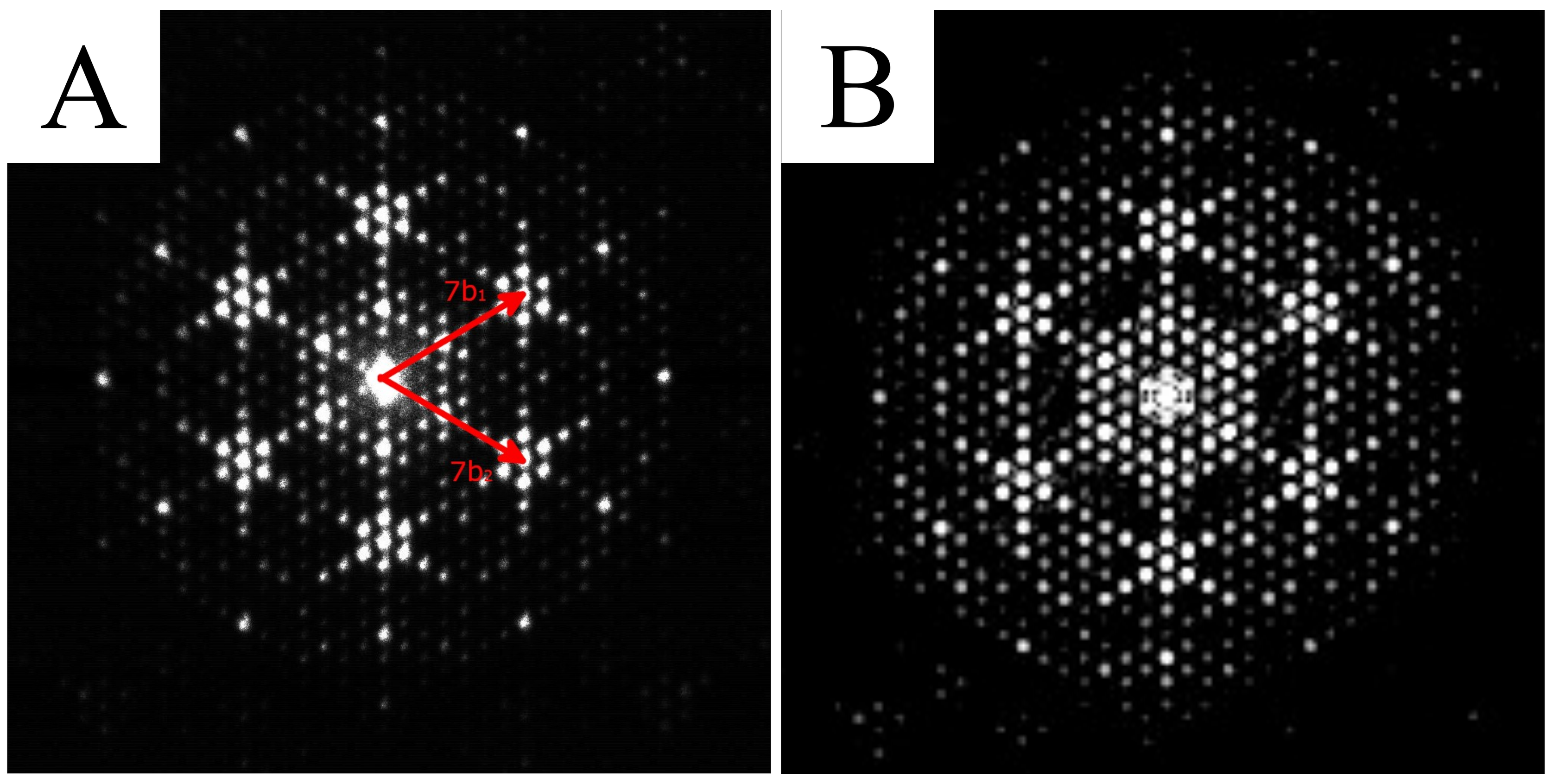
Natężenie światła rejestrowanego przy pomocy kamery jest kwadratem z modułu jego amplitudy. Stosując przybliżenie dalekiego pola oraz korzystając z okresowości funkcji transmisji maski $f(x,y) = f(x+a_1, y+a_2)$, jego wartość można wyrazić przy pomocy równania [1]:

$$I(x,y) = \frac{1}{R^2}\left|\iint_s f(x,y)e^{-i(k_x x+k_y y)}dxdy\right|^2 \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{N}{2}(k_x,k_y)\cdot\vec{a_1}\right)}{\sin^2\left(\frac{1}{2}(k_x,k_y)\cdot\vec{a_1}\right)}\frac{\sin^2\left(\frac{M}{2}(k_x,k_y)\cdot\vec{a_2}\right)}{\sin^2\left(\frac{1}{2}(k_x,k_y)\cdot\vec{a_2}\right)}, \quad (1)$$

gdzie N, M są liczbami komórek elementarnych objętych światłem lasera, natomiast całkowanie przebiega po całym obszarze maski. Pierwszy człon równania (1) nazywa się **czynnikiem strukturalnym**, natomiast drugi **czynnikiem geometrii sieci**.

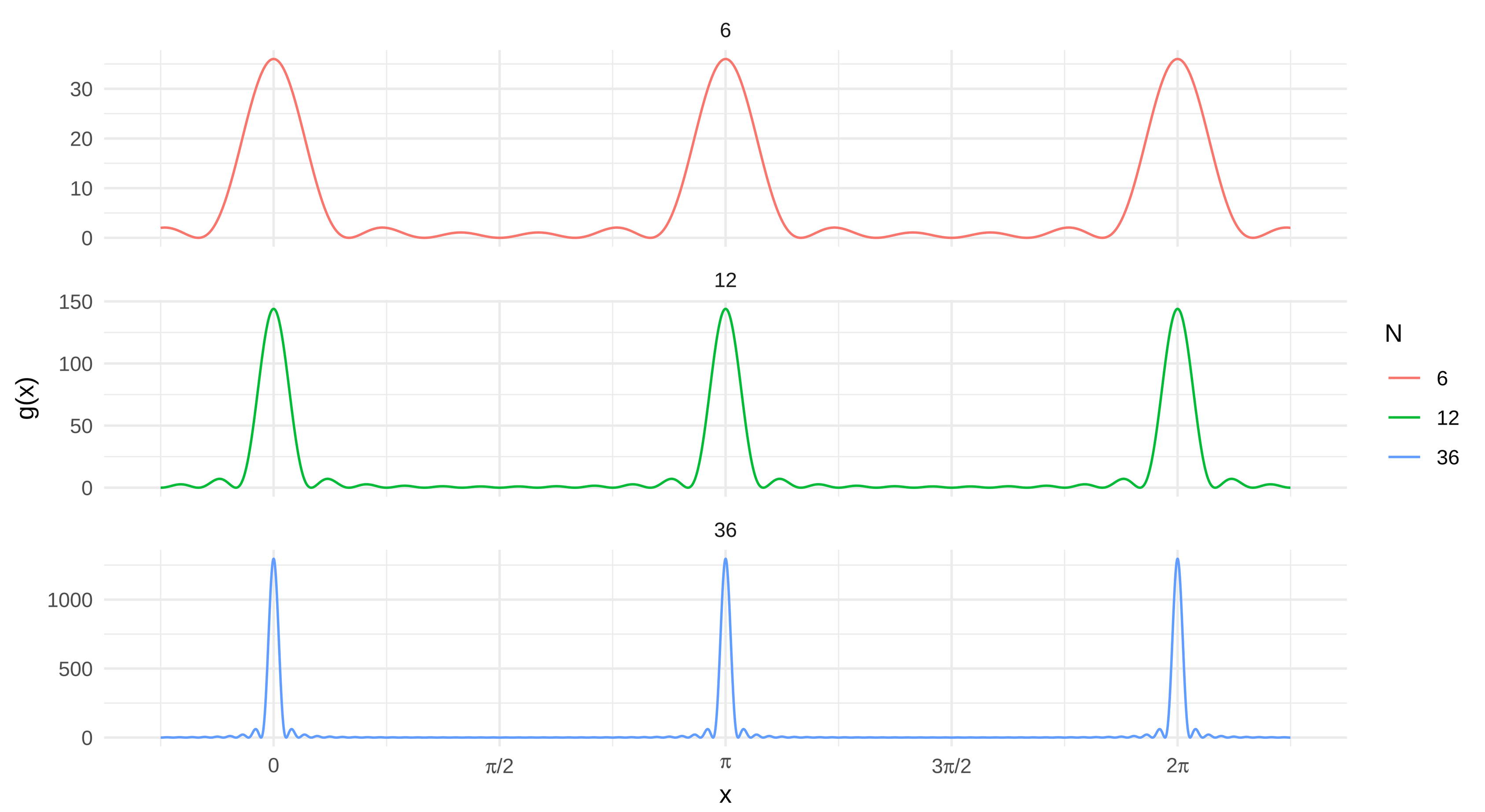
Czynnik strukturalny

Czynnik ten decyduje o względnym natężeniu refleksów. Jego działanie jest podobne do wykonania transformaty Fouriera funkcji transmisji $f(x,y)$, jednak różni się od niej obszarem całkowania. Na poniższych rysunkach zostały przestawione obraz dyfrakcyjny (A) oraz transformata Fouriera obrazu rzeczywistego (B) sieci heksagonalnej Si(111)7x7. Podobieństwo obu tych obrazów ukazuje zgodność z przewidywanym sposobem działania tego czynnika.



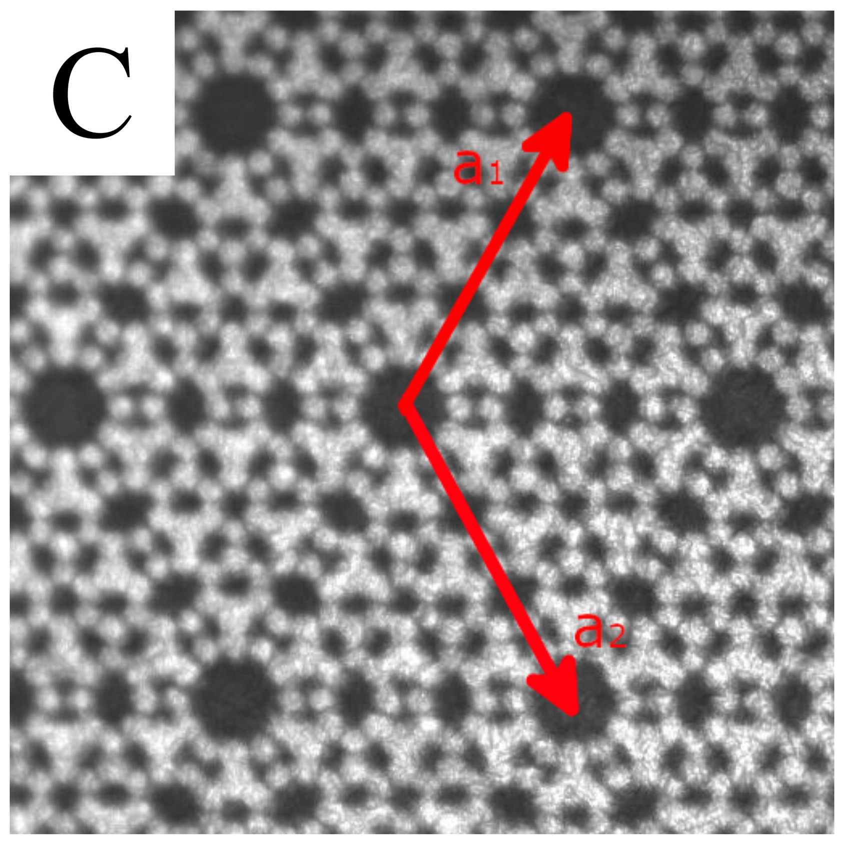
Czynnik geometrii sieci

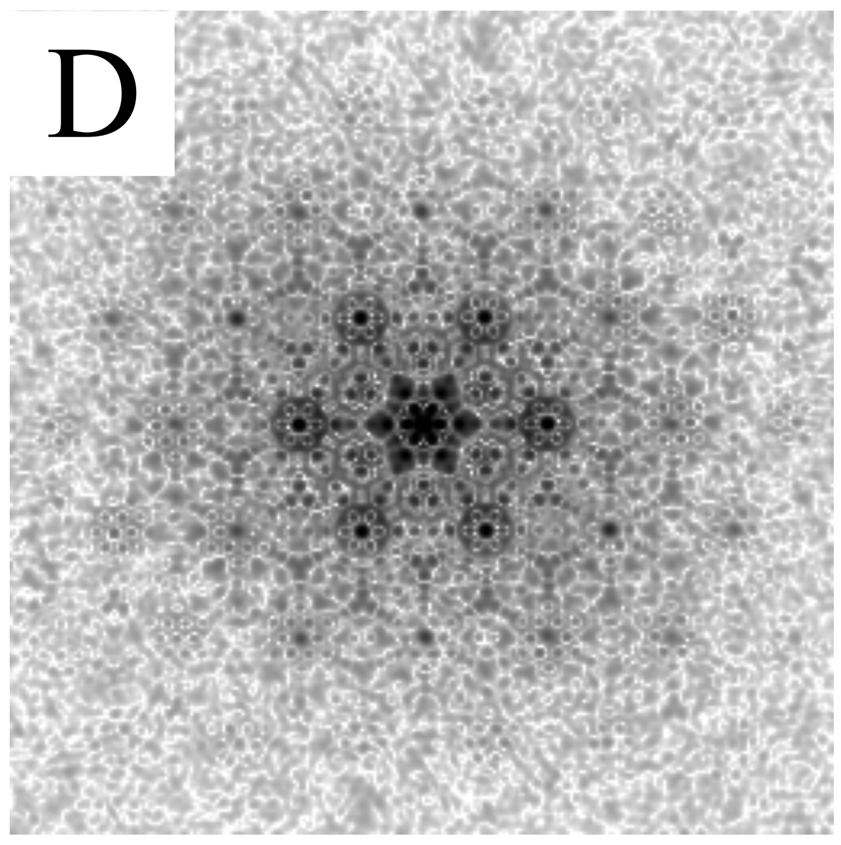
Ze względu na postać tego czynnika można zauważyć, że jego działanie sprowadza się do wyróżnienia położeń węzłów sieci odwrotnej oraz wygaszenia obszarów znajdujących się pomiędzy nimi. Ostrość uzyskanych obrazów jest tym większa, im większa jest liczba komórek elementarnych oświetlonych światłem lasera (liczby N i M). Efekt ten można zauważyć obserwując przebieg funkcji $g(x) = \sin^2(Nx)/\sin^2(x)$:



Problem fazowy

W wyniku dyfrakcji część informacji związanej ze strukturą powierzchni rozpraszającej jest tracona w wyniku problemu fazowego. Zjawisko to jest związane z pomiarem natężenia światła, który prowadzi do utraty informacji o jego fazie. Efekt ten można zaobserwować na poniższych rysunkach. Zostały przedstawione odpowiednio: obraz sieci rzeczywistej (C) oraz transformacja obrazu dyfrakcyjnego (D). Jak można zauważyć obrazy te mają podobną symetrię, jednak w wyniku problemu fazowego jest tracona informacja o strukturze komórki elementarnej.





W przypadku sieci o prostej budowie komórki elementarnej możliwe jest dokładne odtworzenie postaci sieci rzeczywistej. Przykładem takiej sieci jest sieć kwadratowa prosta. Obraz rzeczywisty tej sieci (E) wraz z transformatą Fouriera obrazu dyfrakcyjnego (F) zostały przedstawione poniżej.