

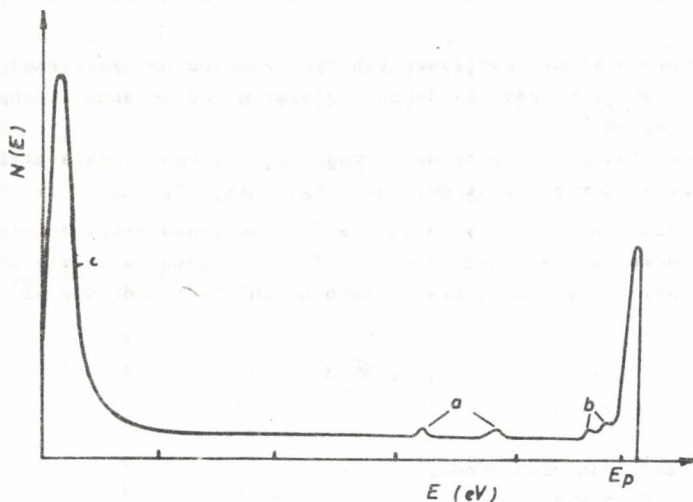
Krzysztof WÓJTOWICZ

O MOŻLIWOŚCI STOSOWANIA KAMERY LEED - AES
DO SPEKTROSKOPII STRAT ENERGII POWOLNYCH
ELEKTRONÓW (ELS)

Streszczenie. Sprawdzono możliwość wykorzystania analizatora typu hamującego pola na bazie optyki LEED, do spektroskopii strat energii elektronów. Określono optymalne parametry analizy ELS.

1. Wstęp

Do badań powierzchni ciała stałego w ostatnich latach szeroko rozwijane są metody oparte na analizie emisji wtórnej elektronów [1].



Rys. 1. Widmo elektronów wtórnych

Widmo elektronów wtórnych przedstawione jest na rys. 1. Pík o energii E_p (E_p - energia elektronów pierwotnych) utworzony jest z elektronów odbitych elastoycznie; jest on wykorzystany do dyfrakcji powolnych elektronów LEED [2]. Dzięki LEED-owi określić można strukturę sieci krystalicznej na powierzchni. Między innymi LEED wykorzystany może być do określe-

nia czynnika Debye'a - Wallera [3]. Piki oznaczone na rysunku jako "a" są pikami elektronów Augera, dzięki którym można zanalizować skład chemiczny powierzchni [4, 5]. Analiza tych pików bywa [6] wykorzystywana do określenia struktury pasmowej. Podobnymi do Augera są piki charakterystycznych strat energii [7] - na rysunku "b". W odróżnieniu od pików Augera nie mają one dla różnych E_p stałej energii E , a stałą różnicę $E - E = E_s$.

2. Podstawy ELS

Źródłem charakterystycznych strat energii mogą być następujące procesy:

- 1) wzbudzenie elektronów na orbitach atomowych,
- 2) wzbudzenie pojedynczych elektronów w paśmie walencyjnym, zarówno wewnątrz pasma jak i z pasma wyżej,
- 3) wzbudzenie kolektywne elektronów walencyjnych, tzw. plazmony objętościowe lub powierzchniowe,
- 4) wzbudzenie powierzchniowych fononów.

Ad 1. Energia tych strat jest tego samego rzędu co elektronów Augera i określenie tych energii może służyć do analizy chemicznej i identyfikacji wiązań.

Ad 2. Energia strat towarzyszących tym wzbudzeniom jest rzędu kilka - kilkanaście eV i zależy dla danej powierzchni od obecności chemisorbowanych cząsteczek [8].

Wzbudzone elektrony często opuszczają powierzchnię ciała stałego - są to "prawdziwie wtórne" elektrony; na rys. 1 pik "c".

Ad 3. Chodzi tu o kolektywne oscylacje elektronów przewodnictwa. Energia ich wzbudzenia jest rzędu 5-60 eV. Teorię plazmonów podali Bohm i Pines [9]. Częstość oscylacji plazmy swobodnych elektronów wynosi:

$$\omega_p = \frac{4\pi n e^2}{m}, \quad (1)$$

gdzie:

- n - koncentracja elektronów,
- m - masa efektywna.

Plazmony powierzchniowe, których pęd nie ma składowej normalnej do powierzchni [10] mają częstość oscylacji:

$$\omega_s = \frac{\omega_p}{\sqrt{1 + \epsilon}} \quad (2)$$

gdzie:

ξ - stała dielektryczna ośrodka na zewnątrz ciała stałego.

Jeżeli nie ma warstwy zaadsorbowanej, to

$$\omega_s = \frac{\omega_p}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

Absorpcja powoduje zmianę ω_s , a co za tym idzie i zmienia straty energii [11].

Ad 4. Krecacje fononów przy nieelastycznych rozproszeniach elektronów, dają straty energii rzędu ułamka eV [12]. Tak małej straty nie można zarejestrować przy użyciu kamery LEED - AES.

3. Warunki pomiarów

W badaniach wykorzystano szklaną kamerę LEED - AES opisaną w pracy [5]. W kamerze utrzymywano, dzięki pompie jonowo-sorpcyjnej, próżnię rzędu 5×10^{-6} Pa.

Ze względu na stosowanie wiązki pierwotnej o znacznie niższej, w stosunku do spektroskopii Augera [13], energii, koniecznym było użycie innego układu zasilania działła elektronowego. System rejestracji był taki sam jak w AES-ie [5].

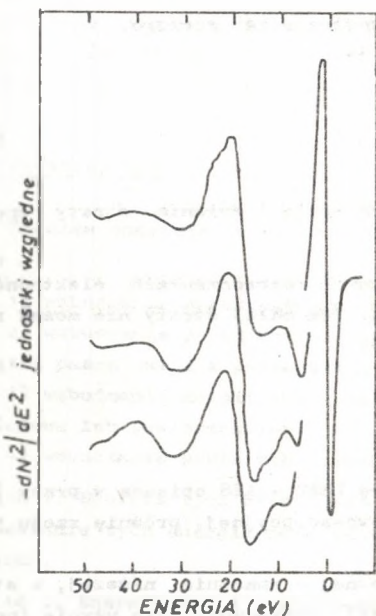
Widma ELS otrzymywano dla powierzchni (111) Si. Preparowanie powierzchni i wyniki badań tą metodą będą opisane w pracy [14].

4. Wyniki pomiarów i dyskusja

Celem pracy była ocena przydatności kamery LEED - AES do spektroskopii ELS oraz określenie optymalnych warunków pracy. Otrzymano, więc i porównano widma ELS dla różnych energii i prądów wiązki pierwotnej oraz różnych amplitud i częstotliwości sygnału modulacji. Widma ELS dla różnych energii przedstawia rysunek 2. Charakteryzuje te widma porównywalna czułość i rozdzielczość. Obserwuje się nieznaczne przesunięcie widm względem siebie, spowodowane prawdopodobnie ładowaniem powierzchni próbki przez wiązkę elektronową.

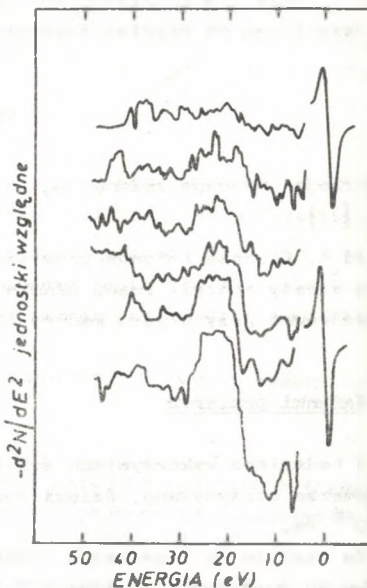
Widma ELS dla różnych prądów wiązki pierwotnej pokazuje rysunek 3. Dla zbyt małych natężeń - do $0,1 \mu\text{A}$, widma ze względu na szумы są nieczytelne.

Niestety, wraz ze wzrostem natężenia pogarsza się monoenergetyczność wiązki, czego objawem jest rozszerzenie piku elastycznego. Gorsza monoenergetyczność jest przyczyną małej rozdzielczości. Na rys. 4 przedstawione są widma ELS dla różnych amplitud użytego sygnału modulacji, wraz ze zmniejszaniem amplitudy obserwuje się wzrost rozdzielczości, ale dla zbyt małych (0,4 V), szумы czynią sygnał mało czytelny.



Rys. 2. Widma ELS dla różnych energii

Kolejno od góry $E_p = 200$ eV, 120 eV, 80 eV, $I_p = 0,15 \mu\text{A}$, $V_{p-p} = 0,8$ V, $f = 870$ Hz



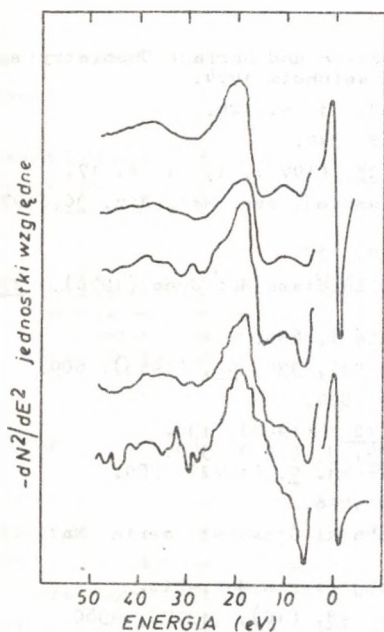
Rys. 3. Widma ELS dla różnych natężeń wiązki pierwotnej

Od góry $I_p = 0,05$, 0,08, 0,10, 0,2, 0,15, 0,20 μA , $E_p = 100$ eV, $V_{p-p} = 0,8$ V, $f = 870$ Hz

Rys. 5 przedstawia widma strat energii dla różnych częstotliwości sygnału modulacji. Otrzymane widma nie różnią się zbyt wiele pod względem szumów. Wyjątek stanowi widmo dla częstotliwości ≈ 1200 Hz, dla którego obserwuje się mniejszą czułość, co prawdopodobnie jest spowodowane właściwościami konwertera I-U (jest to konwerter indukcyjny o nieprzystosowanej do zmieniającej się częstotliwości, indukcyjności wzajemnej).

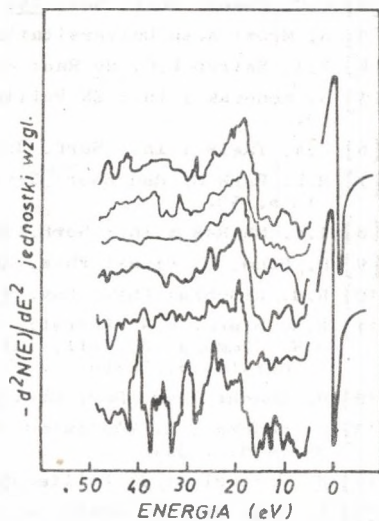
Dla mniejszych częstotliwości (570 Hz i 370 Hz) obserwuje się duży wpływ szumów i z tego powodu nie można stosować w naszych warunkach niskich częstotliwości, często wykorzystywanych [15].

Interpretacja samych widm jest w pracy [14].



Rys. 4. Widma ELS dla różnych amplitud sygnału modulującego

Od góry $V = 5 \text{ V}, 4 \text{ V}, 2 \text{ V}, 1.0 \text{ V}, 0.4 \text{ V}$, $E_p = 100 \text{ eV}$, $I_p = 0.15 \mu\text{A}$,
 $F = 870 \text{ Hz}$



Rys. 5. Widma ELS dla częstotliwości sygnału modulującego

Od góry $f = 2170 \text{ Hz}, 1220 \text{ Hz}, 1020 \text{ Hz}, 870 \text{ Hz}, 570 \text{ Hz}, 370 \text{ Hz}$

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazują, że kamera LEED może służyć jako spektroskop ELS. Maksymalnie osiągnięta rozdzielczość ok. 0,5 eV nie jest rewelacyjna, ale do przysięcia.

W spektroskopach 127-stopniowych, fabrycznych rozdzielczość wynosi 0,1 eV [15].

Czułość szacunkowo jest o rząd mniejsza niż w spektroskopach fabrycznych.

Możliwość posługiwania się kamerą LEED jako spektroskopem ELS potwierdza praca [16].

Poprawę rozdzielczości można by osiągnąć przez użycie działła elektrownego dającego wiązkę pierwotną bardziej monochromatyczną. Osiągnąć to można przez zastosowanie w takim działle katody o niższej pracy wyjścia.

Idealnym rozwiązaniem byłoby użycie jako monochromatora, 127-stopniowego analizatora [15].

LITERATURA

- [1] G. Ertl., J. Koppers: Low Energy Electron and Surface Chemistry: ser: Monogr. Mod. Chem. 4 Ver. Chem. GmbH Weinheim 1974.
- [2] C.C. Chang: Surf. Sci. 25, (1971), 53, 1 s. 129.
- [3] S. Mróz: Acta Universitatis Wratisl No 344.
- [4] P.I. Estrup E.G. Mc Rae: Surf. Sci. 25, (1971), 1, 1 s. 17.
- [5] S. Kończak i in.: ZN Politechniki Śląskiej, ser. Mat.-Fiz. 30, (1979), 59.
- [6] J.A. Tagle i in.: Surf. Sci. 79 (1979), 77.
- [7] R.L. Park M. den Boer: Crit. Rev. Solid State Sci June (1976), 275, 1 s. 53.
- [8] A.V. Mc Rae i in.: Surf. Sci. 15, (1969), 483.
- [9] D. Bohm, D. Pines: Phys. Rev. 85, (1952), 338, 92, (1953), 609.
- [10] R.H. Ritchie: Phys. Rev. 106, (1957), 874.
- [11] E.A. Stern, R.A. Ferrel: Phys. Rev. 120, (1960), 130.
G.W. Simmons, J. Coll. Inter. Sci. 34, 3, (1970) 343.
Y. Murata, S. Ohtani, J. Vac. Sci. Techn. 9, (1972), 789.
- [12] H. Ibach: Phys. Rev. Lett 24, (1970) 1416.
- [13] S. Kończak, K. Wójtowicz: ZN Politechniki Śląskiej, seria Mat.-Fiz. 39 (1981), 31.
- [14] K. Wójtowicz: ZN Politechniki Śląskiej, seria Mat.-Fiz.
- [15] K. Fujiwara, H. Ogata: J. Appl. Phys. 48, (10), (1977), 4360.
- [16] Z. Sidorowski, S. Zuber: Surf. Sci. 83, (1979), 271.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАМЕР LEED-AES ДЛЯ СПЕКТРОСКОПИИ
ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ МЕДЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ [ELS]

Резюме

В настоящей работе были проверены возможности применения анализатора типа тормозящего поля на основе оптики LEED для спектроскопии потерь энергии электронов. Были определены оптимальные параметры анализа ELS.

ON THE POSSIBILITY OF APPLYING LEED-AES CAMERA IN THE SPECTROSCOPY
CONCERNING THE LOSS OF ENERGY OF SLOW ELECTRONS (ELS)

Summary

It is ascertained that there is a possibility of using the analyser of the type of retarding field on the basis of LEED optics, in the spectroscopy concerning the loss of energy of electrons. Optimum parameters of ELS analysis are determined.

Recenzent: Prof. dr hab. Jerzy Strojek

Wpłynęło: 08.07.1982 r.