

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И
ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ФЕРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.АУЭЗОВА

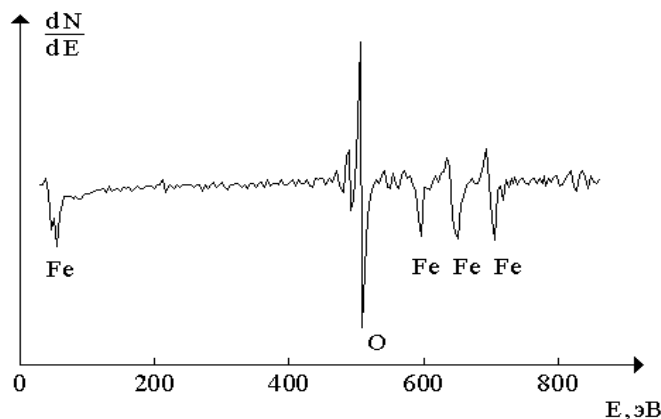
ФЕРГАНСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ ОБЩЕСТВЕННОГО
ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

МАТЕРИАЛЫ

Международной научной конференции

**“ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ
СРЕД”**

Фергана, 24-май, 2024 год.



2-rasm. Kremniyning sirt oldi qatlamida joylashgan bir qator kimyoviy elementlarni taqsimoti profili.

Ajratib ko'rsatilgan atomlarning Oje-chiziqlari intensivligi: 1-kislorod (510 eV), 2-kremniy (90 eV), 3-fosfor (120 eV), 4- Si-SiO₂ (75 eV).

Xulosa o'rnida, Oje-spektroskopiya usuli 0,5-2,0 nm qalinlikdagi yupqa sirt oldi qatlamidagi elementlar tarkibini tahlil qilish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. А.И.Кульментьев, О.П.Кульментьева. Методы анализа поверхности твердых тел. Сумы. СумДУ. 2008. С.158.
2. К.Оура, В.Г.Лифшиц, А.А.Саранин, А.В.Зотов, М.Катаяма. Введение в физику поверхности. Москва. «Наука». 2006. С.492.
3. М.А.Ergasheva. Sirt fizikasi. O'quv qo'llanma. Namangan 2020.124 b.

AYNIGAN YARIMO'TKAZGICHLARDA ELEKTRON VA KOVAKLAR KONSENTRATSIYASI

**Rasulov Voxob Rustamovich¹, Muminov Islomjon Arabboyevich², Nasirov
Mardonbek Xaldarbekovich³**

Farg'ona davlat universiteti, fizika kafedrasida dotsenti¹

Farg'ona davlat universiteti, fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)²

Fizika kafedrasida tayanch doktoranti³

ima220790@mail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada aynigan yarimo'tkazgichlarda elektron va teshiklarning konsentratsiyalarini hisoblash usullari ko'rib chiqilgan. Fermi energetik satxi o'tkazuvchanlik yoki valentlik zonalariga juda yaqin bo'lganda,

yarimo‘tkazgichlar aynigan xolatga keladi. Aynigan yarimo‘tkazgichlarda zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi turli parametrlar yordamida aniqlanadi. Integrallarni analitik yechishning imkonsizligi sababli, ular α va β parametrlariga qarab taxminiy yechimlar bilan topiladi. Maqolada α , $\beta=0$ bo‘lganda elektronlar va teshiklar konsentratsiyasini aniqlash hamda Fermi energetik satxini topish usullari keltirilgan. Aynigan yarimo‘tkazgichlarda donor yoki akseptor aralashmalarning konsentratsiyasi katta bo‘lishi kerakligi va bu holatlar uchun hisoblash usullari batafsil tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: Fermi energetik satxi, elektron va kovak konsentratsiyasi, α va β parametrlar, o‘tkazuvchanlik va valent zonasi.

KIRISH Agar Fermi energetik satxi o‘tkazuvchanlik zonasiga juda xam yaqin, yoki uning ichida yotsa, elektronlar aynigan xolatda bo‘ladi. Xuddi shuningdek, Fermi energetik satxi valentlik zonasiga juda yaqin yoki uning ichida yotsa teshiklar xam aynigan xolatda bo‘ladi. Bunday xollarda aynigan yarimo‘tkazgichlar haqida gapiriladi. Aynigan yarim o‘tkazgichlarda zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi quyidagi ifodalar orqali aniqlanadi, ya’ni

$$n = 4\pi \left(\frac{2m_n^* kT}{h^2} \right)^{3/2} \int_0^\infty \frac{x^{1/2}}{e^{x-\alpha} + 1} dx \quad (1)$$

bunda

$$\alpha = \frac{\mu - E_c}{kT}$$

arap $E_v - C = ykT$ va $\beta = \frac{E_v - \mu}{kT}$ munosabatni e’tiborga olsak,

$$p = 4\pi \left(\frac{2m_p^* kT}{\hbar^2} \right)^{3/2} \int_0^\infty \frac{y^{1/2}}{e^{y-\beta} + 1} dy \quad (2)$$

ifodalarni olamiz. (1) va (2) tenglamalardagi integrallarni analitik ko‘rinishda yechib bo‘lmaydi. Bu integrallar parametrغا bog‘liq bo‘lgan integrallar bo‘lib, ularni α va β larning qiymatlariga qarab turib taxminiy yechish mumkin.

$$n = 4\pi \left(\frac{2m_n^* kT}{h^2} \right)^{\pi/2} \cdot F_{1/2}(\alpha); \quad (3)$$

$$p = 4\pi \left(\frac{2m_p^* kT}{h^2} \right)^{3/2} F_{1/2}(\beta). \quad (4)$$

Xususiy yarim o'tkazgichlarda $n = p = n_i$ bo'lgani uchun

$$m_n^{*/2} F_{1/2}(\alpha) = m_p^{*/2} F_{1/2}(\beta) \quad (5)$$

ifodani olamiz. Bu ifoda aynigan yarimo'tkazgichda Fermi energetik satxini aniqlashga imkon beradi. Shuni aytib o'tish kerakki yarimo'tkazgichlarda amalda hech qachon elektronlar va teshiklar bir vaqtda aynigan xolatda bo'lmaydi. Berilgan yarim o'tkazgichda yo elektronlar, yo teshiklar aynigan xolatda bo'ladi xolos. Buning uchun donorlar yoki akseptorlarning konsentratsiyasi ancha katta bo'lishi (aralashmalar yarimo'tkazgichning asosiy tarkibini tashkil qiluvchi atomlarning kamida 10^{-8} qismini tashkil qilishi) kerak.

Yarim o'tkazgichlarda yuqori aynigan xolat ($\alpha, \beta > 5$) juda kam uchraydi, lekin $\alpha, \beta \sim 0$ atrofidagi xolatni ko'p uchratish mumkin. Bunday xolda Erenburg yaqinlashishini qo'llash qulaydir. Xususiy xolda, $\alpha = 0$ bo'lganda, Fermi energetik satxi, elektronli yarim o'tkazgich uchun o'tkazuvchanlik zonasining eng pastki energetik satxi bilan ustma-ust tuishib, elektronlarning konsentratsiyasi

$$n = \frac{8}{5} \left(\frac{2\pi m_n^* kT}{h^3} \right)^{1/3} \quad (6)$$

ga teng bo'ladi.

Agar yarimo'tkazgichlar p -tip yarimo'tkazgich bo'lib, Fermi energetik satxi valentlik zonasining eng yuqori energetik sathi bilan ustma-ust tushsa, ya'ni $\beta = 0$ bo'lsa, kovaklarning konsentratsiyasi

$$p = \frac{8}{5} \left(\frac{2\pi m_p^* kT}{h^3} \right)^{1/3} \quad (7)$$

Biz endi $\alpha, \beta = 0$ bo'lmagan holni ko'rib chiqaylik. Buning uchun oldin n -tip yarimo'tkazgichni ko'rib chiqamiz. Arap valent zonasidan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tgan elektronlarni hisobga olmasak,

$$n = N_d - n_d \quad (8)$$

bo'ladi. (4) va (8) dan

$$F_{1/2}(\alpha) = \frac{N_d h^3}{4\pi(2m_n^*kT)^{3/2}} \cdot \frac{1}{e^{\alpha + \frac{\Delta E_d}{kT}} + 1}$$

Erenburg yaqinlashishiga asosan

$$\frac{2\sqrt{\pi} \cdot e^x}{4 + e^x} = \frac{N_d h^3}{4\pi(2m_n^*kT)^{3/2}} \cdot \frac{1}{e^{\alpha + \frac{\Delta E_d}{kT}} + 1} \quad (9)$$

bo'ladi. Bu ifoda bizga Fermi energetik sathini topishga imkon beradi. Elektronlar konsentratsiyasi esa

$$n = 4\pi \left(\frac{2m_n^*kT}{h^2} \right)^{3/2} F_{1/2} = \frac{8e^\alpha}{4 + e^\alpha} \left(\frac{2\pi m_n^*kT}{h^2} \right)^{3/2} \quad (10)$$

Agar (9) dan e^α ning qiymatini topib (10) ga qo'ysak, aynigan yarimo'tkazgichdagi elektronlar konsentratsiyaning son qiymatini topamiz.

Yuqoridagiga o'xshash hisoblash yo'li bilan aynigan p - yarim o'tkazgichlarda Fermi energetik sathi va teshiklar konsentratsiyasi uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$4\pi \left(\frac{2m_p^*kT}{h^2} \right)^{3/2} F_{1/2}(\beta) = \frac{N_a}{e^{\frac{\Delta E_a}{kT} + \beta} + 1} \quad (11)$$

yoki

$$\frac{2N\pi e^\beta}{4 + e^\beta} = \frac{N_a h^3}{4\pi(2m_p^*kT)^{3/2}} \cdot \frac{1}{e^{\frac{\Delta E_a}{kT} + \beta} + 1}$$

$$p_p = \frac{8e^\alpha}{4 + e^\beta} \left(\frac{2\pi m_p^*kT}{h^2} \right)^{3/2} \quad (12)$$

Xususiy holda, хамма aralashmalar to‘liq ionlashgan, ya’ni n -tipli yarimo‘tkazgichda $n_n = N_d$, p -tipli yarimo‘tkazgichlarda esa $p_p = N_a$ deb olsak, aynigan n -tipli yarimo‘tkazgichda Fermi energetik satxi (1 – rasm):

<p>1-rasm. Aynigan n-yarimo‘tkazgichning energetik sxemasi; $\mu - E_c$ - o‘tkazuvchanlik zonasining elektronlar bilan to‘lgan qismi.</p>	<p>2-rasm. Aynigan p-yarimo‘tkazgichning energetik sxemasi; $E_v - \mu$ - valentlik zonaning teshiklar - bilan to‘lgan qismi.</p>

$$\mu = E_c + kT \ln \frac{4N_a h^3}{8(2\pi m_n^* kT)^{3/2} - N_d h^3} \quad (13)$$

aynigan p –tip yarimo‘tkazgichda esa (2- rasm):

$$\mu = E_v - kT \ln \frac{4N_a h^3}{8(2\pi m_p^* kT)^{3/2} - N_a h^3} \quad (14)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

ADABIYOTLAR

1. Jons, S., Brown, P. (2023). Principles of Semiconductor Physics. Springer, Berlin.
2. Smith, A., Gupta, R. (2022). Advanced Semiconductor Devices. Wiley, New York.
3. Ivanov, D., Petrov, I. (2021). Fundamentals of Solid-State Physics. Moscow University Press, Moscow. (In Russian)
4. Lee, C., Kim, H. (2020). Electronic Properties of Materials. Cambridge University Press, Cambridge.
5. Baker, M., Zhao, Y. (2019). Introduction to Nanotechnology. Oxford University Press, Oxford.

6. Rustamovich, R. V., Yavkachovich, R. R., Forruх, K., & Arabboyevich, M. I. (2021). THEORETICAL ANALYSIS OF MULTIPHOTON INTERBAND ABSORPTION OF POLARIZED LIGHT IN CRYSTALS WITH A COMPLEX ZONE (PART 1). *European science review*, (3-4), 48-51.
7. Muminov, I. A., & Muminova, M. (2023). QATTIQ JISMLARNING KRISTALL PANJARALARI. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 3(3), 1314-1317.
8. Arabboyevich, M. I., & Nabijon o'g, S. U. B. (2022). QATTIQ JISM KRISTALLARINI O'STIRISH NAZARIYASI. *Scientific Impulse*, 1(3), 696-698.
9. Расулов, Р. Я., Расулов, В. Р., Ахмедов, Б. Б., & Муминов, И. А. (2022). Межзонный двухфотонный линейно-циркулярный дихроизм в узкозонных полупроводниках. «Узбекский физический журнал», 24(1), 19-26.
10. Arabboyevich, M. I., & Alijon o'g'li, M. A. (2023). IDEAL GAZLARDA KVANT STATISTIKASI TAHLILI. *PEDAGOGICAL SCIENCES AND TEACHING METHODS*, 2(20), 235-237.
11. Rasulov, V. R., Mo'minov, I. M., & Maqsudova, G. N. (2023). Phenomenological Analysis of the Current of the Single-Photon Polarization Photovoltaic Effect. *Best Journal of Innovation in Science, Research and Development*, 2(5), 40-44.
12. Arabboyevich, M. I., Nasiriddinova, M. G., & Muxlisaxon, T. L. (2023, November). CAPACITANCE VOLTAGE CHARACTERISTICS. In *Fergana state university conference* (pp. 105-108).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СОСТОЯНИЙ В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Юсупова Дилфуза Аминовна

Ферганский государственный университет, г.Фергана, к.ф.-м.н., доцент

Аннотация. Данная статья представляет обзор современного состояния проблемы изучения эффективной плотности электронных поверхностных состояний (ПС) в поликристаллических пленках полупроводников. Введение в тему включает обсуждение идеальной поверхности кристалла, дефектов структуры и их связи с локальными поверхностными состояниями. Показывается, что реальные поверхности полупроводников имеют существенно меньшую плотность поверхностных состояний, а их заряд может изменяться под воздействием внешних факторов. Статья также обсуждает роль поверхностных состояний в электронных процессах и их влияние на свойства полупроводниковых материалов. В частности, рассматривается эффект захвата