ЛАБОРАТОРИЯ ШАРОИТИДА ОЛИНГАН ЯНГИ ЯРИМЎТКАЗГИЧ НАМУНАЛАРНИНГ СОЛИШТИРМА ҚАРШИЛИГИНИ ТЎРТ ЗОНДЛИ УСУЛ ЁРДАМИДА ҲИСОБЛАШ ВА УНИНГ АФЗАЛЛИКЛАРИ

К.Адамбаев., С.Алиев

Янги технология билан олинган марганец силицид қатламларининг солиштирма қаршилигини ўлчаш учун тўрт зондли методни қўллаш натижалари баён қилинган.

***Калит сўзлар**: марганец силицид, солиштирма қаршилик, тўрт зондли метод*

Описаны результаты применения четырехзондового метода для определения удельного сопротивления нового материала – силицида марганца.

***Ключеые слова:** силицид марганца, четырехзондовый метод, удельное сопротивление.*

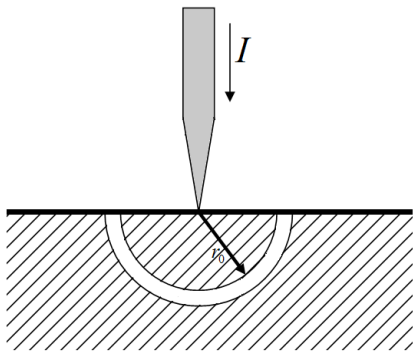
The authors of this article try to describe the results of application of four zond method for definition of specific resistance of a new material - manganese silicide.

***Key words:** silicide manganese, the four zond method, comparative resistance.*

Замонавий оптоэлектрон ва фотоэлектрон асбобларни яратишда турли металл ва металл силицидларининг юпқа қатламлари кенг қўлланмоқда. Ўтказилган қатор тадқиқотлар натижасида марганец (Mn) ва кремний (Si) қаттиқ фазадаги реакция оқибатида марганец силицидининг турли фазалари ва кремний асосидаги гетерофазали системалар яратиш мумкинлиги кўрсатилди. Лаборатория шароитида фотовольтаика учун зарур бўлган мис (Cu), цинк (Zn), қалай (Sn) ва олтингугурт (S) аралашмаларини ўз ичига олган қотишма қатламларини олиш тажрибалари ўтказилди. Бундай қатламларнинг фазавий биржинслилигини таъминлаш биринчи галдаги вазифа бўлса, уларнинг солиштирма қаршилиги ва ўтказувчанлик типининг муқимлигини таъминлаш иккинчи долзарб вазифадир.

Олинган намуналарнинг солиштирма қаршилигини ўлчаш мақсадида тўрт зондли анъанавий усул қўлланди. Бу ишда Si пластинаси сиртида олинган юпқа марганец силициди қатламининг солиштирма қаршилигини тўрт зондли метод ёрдамида ўлчаш натижалари ва афзалликлари ёритилган. Маълумки, юпқа қатламларда тўрт зондли ўлчаш қулай ҳисобланади, чунки унинг ёрдамида турли шаклли намуналар солиштирма қаршилигини ўлчаш мумкин. Бу усулнинг афзаллиги шундаки, намуна сиртига контактлар тушириш талаб қилинмайди, ўлчаш ва ҳисоблаш анча содда.

Қуйида бу усулда ўлчаш ва ҳисоблаш жараёнини кўриб чиқамиз. Бунинг учун энг қулай ҳисобланган, яъни зондлар бир чизиқда жойлашган ҳол учун анъанавий тенгламаларни кўриб чиқамиз. Даставвал яримўтказгич ясси сирти билан контактдаги бир зондда ток ўтишидан электр майдонда ток ва потенциал боғланишини келтириб чиқарамиз (1-расм).



1-расм. Зонд модели

***К.Адамбаев** – ЎзМУ қошидаги Амалий физика ИТИ катта илмий ходими, физика-математика фанлари номзоди;*
***С.Алиев** – Андижон машинасозлик институти физика кафедраси ассистенти.*

Майдоннинг сферик симметриклигидан бу ҳол учун Лаплас тенгламасини ечиш кифоя [1].

$$\Delta U=0 \qquad (1)$$

Масалани соддалаштириш учун сферик координаталарга ўтамиз. $\Delta U(r)=\frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}\left(r^2\frac{dU}{dr}\right)=0$, бунда потенциал $r=0$ нуқтада мусбат ва у чексиз катталашганда нолга интилиши олинади. Бу интегралларни кўрсатилган шартларда амалга оширсак, $U(p)=-C/r$ ечимга келамиз. Интегралаш доимийсини бирор $r=r_0$ нуқтада электр майдон кучланганлиги ε учун ифодадан топишимиз мумкин:

$$U(r_0)=-\frac{dU(r)}{dr} \qquad (2)$$

r_0 ярим сфера орқали ўтаётган ток зичлиги $j=I/2\pi r_0^2$ бўлиб Ом қонунидан $j=\frac{\varepsilon}{\rho}$ ёки $\varepsilon(r_0)=I\cdot\rho/2\pi r_0$ эканлиги маълум. Натижада

$$U(r)=I\cdot\rho/2\pi r \qquad (3)$$

ифодани оламиз.

Маълумки, зонд контакт шакли шундай чекли ярим сфера ҳолида ва потенциал тақсимоти ҳам шу каби бўлади. Контакт радиуси r_1 бўлса, намунадаги электр кучланиш зонддаги электр потенциалига тенг бўлади:

$$U(r_1)=I\cdot\rho/2\pi r_1 \quad (4)$$

r_2-r_1 қалинликдаги контакт олди соҳасидаги кучланишни таққослашдан

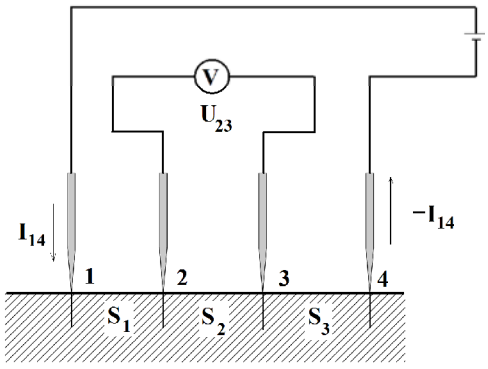
$$U(r_2)-U(r_1)=\frac{I\cdot\rho}{2\pi}\frac{r_2-r_1}{r_1\cdot r_2} \qquad (5)$$

ва намунада кучланиш ифодасидан потенциалнинг асосий ўзгариши зонд яқинида бўлиши кўринади. Масалан, $r_2=10r_1$ намунада кучланиш r_2-r_1 қалинликдаги қатламдан бор-йўғи 10% фарқ қилади. Демак, зонд орқали ўтаётган ток қиймати, асосан, контакт олди соҳаси қаршилиги билан белгиланади, бу соҳа кенглиги контакт радиусига тўғри пропорционал бўлади [2].

Кенг қўлланиладиган ҳоллардан бири зондларнинг чизиқли жойлашишидир. Солиштирма қаршиликни аниқловчи тўрт зондли метод учун қуйидагича шартларни киритамиз:

- зондлар бир жинсли ярим чексиз намуна ясси сиртида чизиқли жойлашган;
- намуна ҳажмига ток ташувчилар инжекцияси йўқ.

Электр потенциал суперпозиция принципига асосан, намунанинг ҳар бир нуқтасида унинг қиймати шу нуқтада ҳар бир зонд ҳосил қилган потенциаллар йиғиндисига тенгдир (2-расм).



2-расм. Тўрт зондли усулнинг схематик тасвири.

Бу ҳолда намунага кираётган ток учун мусбат (+) (1 зонд), намунадан чиқаётган ток учун эса манфий (-) (4 зонд) йўналиш қабул қилинган. Оралиқлари S_1, S_2 ва S_3 бўлган 2 ва 3 зондлар системаси учун потенциаллар:

$$U_2=\frac{I_{14}\cdot\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{S_1}-\frac{1}{S_1+S_3}\right); \qquad (6)$$

$$U_3 = \frac{I_{14} \cdot \rho}{2\pi}\left(\frac{1}{S_1 + S_2} - \frac{1}{S_3}\right); \quad (7)$$

ва потенциаллар фарқи

$$U_{23} = U_2 - U_3 = \frac{I_{14} \cdot \rho}{2\pi}\left(\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_1 + S_3} - \frac{1}{S_1 + S_2} + \frac{1}{S_3}\right) \quad (8)$$

га кўра намунанинг солиштирма қаршилиги қуйидагича ифодаланади:

$$\rho = \frac{2\pi}{\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_2 + S_3} - \frac{1}{S_1 + S_2} + \frac{1}{S_3}} \cdot \frac{U_{23}}{I_{14}} \quad (9)$$

Агарда зондлар орасидаги масофалар бир хил, яъни $S_1=S_2=S_3=S$ бўлса, у ҳолда солиштирма қаршилик

$$\rho = 2\pi S \frac{U_{23}}{I_{14}} \quad (10)$$

ифода ёрдамида ҳисобланади.

Агарда намуна четигача бўлган масофа L бўлса, L/S нисбатнинг қийматига қараб тегишли тузатма киритилади.

Ушбу усул ёрдамида *n*-типдаги (намуна типи ОТП-2 асбоби ёрдамида аниқланди) Si пластинаси сиртида олинган янги намунанинг солиштирма қаршилиги аниқланди. Натижалар қуйидаги жадвалда келтирилган (1-жадвал):

1-жадвал

T/p	+U, (В)	I, (мА)	-U, (В)	$U_{ўрт}$, (В)	ρ, (Ом·см)	$\rho_{ўрт}$, (Ом·см)
1	0,005	0,14	0,005	0,005	$0,30 \cdot 10^3$	$0,29 \cdot 10^3$
2	0,10	0,27	0,10	0,10	$0,30 \cdot 10^3$	
3	0,11	0,33	0,12	0,115	$0,28 \cdot 10^3$	
4	0,14	0,38	0,14	0,14	$0,30 \cdot 10^3$	

Тажрибаларда 0,2 % аниқликда ўлчовчи асбоблар қўлланди.

Экспериментал тадқиқотлар шуни кўрсатдики, биринчидан, қўлланган технологияда марганец силициди қатламининг солиштирма қаршилиги, асосан, технологик режимлар билан аниқланади. Бошқача айтганда, асос(таглик)нинг солиштирма қаршилиги муҳим ролга эга эмас. Марганец силицидларини олиш учун солиштирма қаршилиги анчагина кичик бўлган (камтаннархли) Si намуналарини қўллаш мумкин.

Иккинчидан, Cu-Zn-Sn-S негизли қотишма гетерофазали қатламларининг солиштирма қаршилигини ўлчаш учун анъанавий тўрт зондли усулдан фойдаланиш мумкин.

Адабиётлар:

1. Милнс А., Фойхт Д. Гетеропереходы и переходы металл – полупроводник.- М.: Мир, 1975.

2. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов.- М.: Высшая школа, 1986.

3. Адамбаев К., Камилов Т.С. О роли силицидных пленок в формировании фотоэлектрических свойств кремния, легированного марганцем. // Всесоюзная конференция по фотоэлектрическим явлениям в полупроводниках. Сборник тезисов докладов.- Т., 1989.

2014 йил 26 августда қабул қилинган
(Тақризчи: проф. Р.Алиев)