

## GaMnAsNING SOLISHTIRMA QARSHILIGINING TEMPERATURAVIY BOG‘LANISHINI VAN-DER-PO USULI YORDAMIDA ANIQLASH

**Sh.K.Niyozov**

Guliston davlat universiteti

**Sh.A.Ashirov**

Guliston davlat universiteti

**R.Sh.Daminov**

Guliston davlat universiteti

**M.X.Xudayberdiyev**

Guliston davlat universiteti

**R.U. Abidova**

Guliston davlat universiteti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7352553>

**Annotatsiya.** Ushbu ishda past haroratli molekulyar nurlanish epitaksiyasi yordamida olingan GaMnAs qatlamlarining elektrofizik xususiyatlarini o‘rganish natijalari keltirilgan. GaMnAs epitaksil qatlamning solishtirma qarshiligini temperaturaga bog‘lanishi hamda  $\rho(T)$  ning  $1/T$  va  $\ln p$  koordinatalar qayta chizilga temperaturaviy bog‘liqligi o‘rganilgan.

**Kalit so‘zlar :** Ferromagnit, Hall effekti, GaMnAs epitaksial, Spintronika, magnitotransport, konsentratsiya

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ GaMnAs ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО МЕТОДУ ВАН-ДЕР-ПО

**Аннотация.** В данной работе представлены результаты исследования электрофизических свойств слоев GaMnAs, полученных методом низкотемпературной молекулярно-лучевой эпитаксии. Исследованы зависимость удельного сопротивления эпитаксиального слоя GaMnAs от температуры и температурная зависимость  $\rho(T)$  на графике координат  $1/T$  и  $\ln p$ .

**Ключевые слова:** ферромагнетик, эффект Холла, эпитаксиальный GaMnAs, спинтроника, магнитотранспорт, концентрация.

## DETERMINATION OF THE DEPENDENCE OF GaMnAs RESISTANCE ON TEMPERATURE ACCORDING TO THE VAN DER PO METHOD

**Abstract.** The paper presents the results of investigations of the electrophysical characteristics of GaMnAs layers obtained by low-temperature molecular beam epitaxy. The temperature dependence of the specific resistance of the GaMnAs epitaxial layer and the temperature dependence of  $\rho(T)$  on the graph of coordinates  $1/T$  and  $\ln p$  are studied.

**Keywords:** Ferromagnet, Hall effect, GaMnAs epitaxial, Spintronics, magnetotransport, concentration.

Hozirgi vaqtda funktsiyalanishi spinning qo‘llanilishi bilan bog‘liq bo‘lgan xotiraning novoltaik elementlari, spin qutblangan detektorlar kabi asboblarni yaratilib bo‘lingan va muvaffaqiyatli qo‘llanilmoqda. Biroq, bu strukturalar ishchi elementi zaryad tashuvchilarning yuqori konsentratsiyalari bilan belgilangan ferromagnit metallar bo‘lib, bular spin toklar kuchayish jarayonini ishlab chiqarishga imkon bermaydi. Ushbu jarayonni yo‘lga qo‘yish uchun spintronika asboblarining ishchi elementi sifatida ferromagnit yarimo‘tkazgichlar

qo'llanilganida mumkin bo'lib, bunda tashqi ta'sir vositasida ham zaryad tashuvchi konsentratsiyasini, ham ularning spin orientatsiyasini boshqarish mumkin bo'ladi.

Hozirgi vaqtda GaMnAs yarimo'tkazgichli spintronika asboblari va strukturalarini yaratish uchun istiqbolli materiallardan biri sifatida qaralib, bu uni magnittransport xarakteristikalarini tekshirish zarurligini asoslaydi

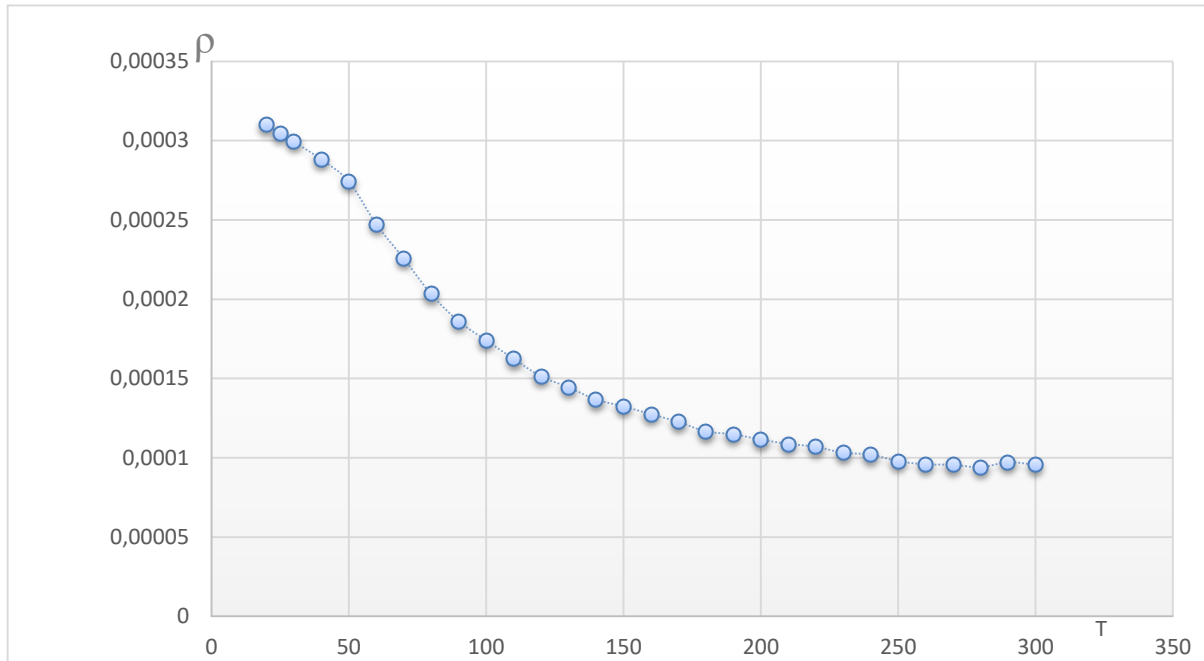
GaMnAs epitaksial qatlamining magnit xossalari anizotropiyasini Holl effekti turli kristal o'qlar bo'yicha o'lchash yordamida tekshirishlar imkoniyati, hamda tashqi magnit maydon orientatsiyasi magnit Holl effektining bog'liqligi ko'rsatilgan.[1]

Yarimo'tkazgichli materiallar solishtirma qarshiligini aniqlashning to'rt zonli usuli keng qo'llaniladi. Bu to'rt zondli usul yordamida turli shaklli va o'lchamli yarimo'tkazgichli material namunalari solishtirma qarshiligini material namunalari solishtirma qarshiligini aniqlash mumkinligiga asoslangan[2]. Bu usulni qo'llashning yagona sharti yarimo'tkazgich namunasining sirti yassi bo'lishidir

Van-der-Pau usuli elektr-o'tkazuvchanlikni va izolyatsiyalangan qatlamda yoki izolyatsiyalangan taglikda joylashgan yarimo'tkazgichning yupqa qatlamlari Holl effektini o'lchash uchun qo'llaniladi. Solishtirma qarshilik va Holl effektini o'lchashlarni bir vaqtda olib borish Van-der-Pau usulining boshqa klassik to'rt zondli usuliga nisbatan afzalligini bildiradi. O'tkazuvchan taglikning o'lchash jarayoniga ta'sirini yo'qotish uchun izolyatsiyalangan muhit zarurdir. Ko'pincha qatlam sifatida taglik qarama-qarshi tur o'tkazuvchanlikka ega bo'lganida avtomatik tarzda yuzaga keluvchi yarimo'tkazgichning zaiflashgan sohasi qo'llaniladi

Shu ishda ishlatilgan GaMnAs qatlamlar yarim ajratilgan GaAs substrak past haroratli molekulyar nurli epitaksiya usuli yordamida ishlab chiqarilgan namunalardagi  $M_N$  konsentratsiyasi  $M_N$  yacheykasi harorati bilan berilgan. O'zgarish jarayonida solishtirma qarshiligini va Holl effektining o'lchash uchun namunaning chetlariga indiylik kontakt surtilgan. Epitaksial qavatni qalinligi 250-300 nm. Epitaksial qatlamda  $M_N$  borligi elektron mikrotahlil yordamida aniqlangan. Epitaksial qatlamning bir hilligi tez elektronlarning aks ettirilgan difraksiya va roentgen tizimli taxlil yordamida nazorat qilingan. Ikki usul ham qavatlarining bir hilligini ko'rsatdi.

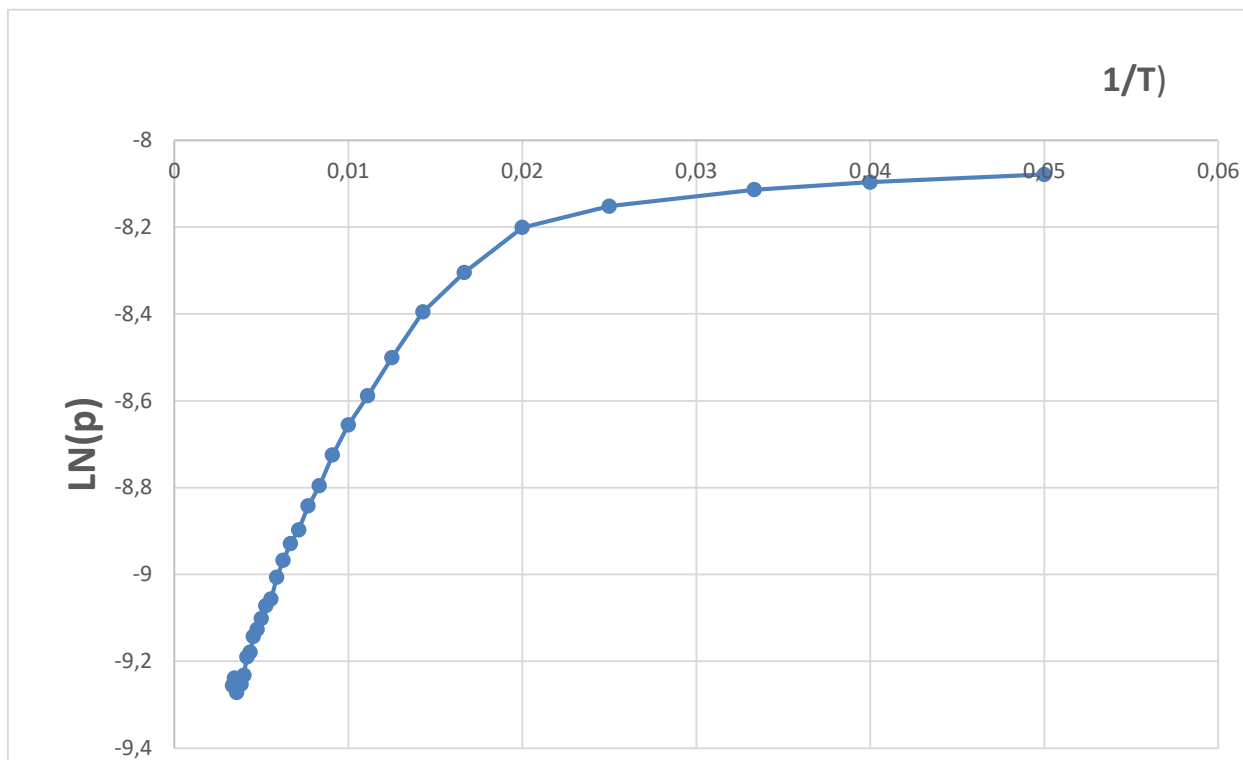
GaMnAs da ferromagnit tartiblilikni o'rnatish imkoni zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi bilan aniqlanadi. Shuning uchun epitaksial qatlam xajmida zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi qiymatini bilish qanday muxim bo'lsa, uning temperaturaviy bog'lanishini ham bilish shunday muxim hisoblanadi. Zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini aniqlash uchun Van-Der-Pou usulini qo'lladik.



1-rasm. GaMnAs epitaksil qatlamning solishtirma qarshiligini temperaturaga bog‘lanishi keltirilgan

1-rasm bu tekshirilgan GaMnAs epitaksil qatlam solishtirma qarshiligining temperaturaga bog‘lanishi keltirilgan bo‘lib, o‘qdan temperaturaning pasayishi solishtirma qarshilikning oshishi bilan borishi ko‘rinib turibdi. Bu uning o‘tkazuvchanligining yarimo‘tkazgichli harakteridan dalolat beradi. Shuning bilan birga 50 k temperatura sohasida  $\rho(T)$  bog‘liqlikda qarshilikning o‘zgarish tezligidan dalolat beruvchi Burilish seziladi. Bunday bukilishning mavjudligi shu temperaturada epitaksil qatlamda paramagnet xolatdan ferromagnit holarga o‘tishi kuzatilishdan dalolat beradi haqiqatda o‘tkazuvchanlikni Hollning anamal effekti kshirishlar tekshirilayotgan namunalarda paramagnet xolatdan ferromagnit olatga o‘tish 40 k tartibli temperaturalarda amalga oshishini isbotladi .

Yaxshi malumki, solishtirma qarshilikning temperaturaviy bog‘lanishini tekshrish kirishmali markaz aktivatsiya energiyasini aniqlash uchun qo‘llanilish mumkin. GaMnAs dagi Mn atomlari effektiv aksentorlarning temperaturaviy bog‘liqligi Mn kirishma aktivatsiya energiyasi bilan aniqlash kerak.



2-rasmda  $\rho(T)$  ning  $1/T$  va  $\ln\rho$  koordinatalar qayta chizilga temperaturaviy bog‘liqligi keltirilgan

2-rasmda  $\rho(T)$  ning  $1/T$  va  $\ln\rho$  koordinatalar qayta chizilga temperaturaviy bog‘liqligi keltirilgan. Korinib turibdiki, ushbu bog‘liqlik tog‘ri chiziqdan ancha farq qiladi. Bog‘liqlikning bunday xarakteri kirishmali markazlanish energiyasini aniqlash imkonini bermaydi va u bizningcha quyidagi sanab o‘tilgan sabablarga asoslangandir:

P ning temperaturaga bog‘liqligi zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi bilan aniqlanmay xarakatchanlikning temperaturaviy bog‘liqligi bilan ham aniqlanadi bunday hola, ferromagnit tartiblilik holatidagi xarakatchanlik yarimo‘tkazgich hajmidagi magnit maydon kuchlanganligiga bog‘liq funksiya bo‘lib qolayotganligi uchun ya‘na ham ehtimoliroq bo‘lib qoladi.

1) GaMnAs da Mn konsentratsiyasi katta bo‘lganida kirishmali quyi sohasosil bo‘ladi, bu holda o‘tkazuvchanligining aktivatsiya energiyasi elektronlarning quyi sohasi o‘tkazuvchanlik sohasiga o‘tish energiyasi kabi aniqlanganidek, quyi sohalar ichidagi o‘tishlar kabi ham shunday aniqlanadi va bu  $\rho$  ning temperaturaviy aniqlab bo‘lmaslikka olib keladi. Epitaksil qatlamda zaryad tashuvchilar konsentratsiyasidagi Mn ning aksentorlari bilangina emas, GaMnAs epitaksil qatlamdagi nuqsonlarning keng spektri bilan ham aniqlanadi. Bunday nuqsonlarning mavjudligi epitaksiya jarayonini past temperaturasi tufayli bo‘lib, ular identifikatsiyasi uchun quyidagicha tadqiqotlar o‘tkazish talab etiladi.

Shunday qilib, o‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida GaMnAs epitaksil qatlamlari o‘tkazuvchanligi yarimo‘tkazgichli xarakteriga energiyasi aniqlandi. Shuning bilan bir vaqtda  $\rho$  kattalikning temperaturaviy bog‘liqligi elektr o‘tkazuvchanligi jaraayonining aktivatsiya energiyasini aniqlash imkonini bermaydi. Bunday bir  $\rho(T)$  bog‘liqliklar tabiati turli sabablarga asoslangan bo‘lishi mumkin bo‘lib, ular identifikatsiyasi uchun keng tadqiqotlar o‘tkazish talab etiladi.

## REFERENCES

1. Основы спинтроники. Ю.А. Данилов, Е.С. Демидов, А.А. Ежевский., Нижний Новгород 2009., 173 с
2. Физика полупроводников К.В. Шалимова «Энергия» Масква 1971