УДК 538.955-405 + 004.3

Омурбекова Гулзат Кочкорбаевна
т.и.к., доцент, Кыргыз-Өзбек университети,
Ажимуратов Пиримкул Нурмаматович
Кыргыз-Өзбек университетинин окутуучусу
E-mail: gulzat_omurbkova @mail.ru

СПИНТРОНИКАНЫН КОМПЬЮТЕРДИК ТЕХНИКАДАГЫ РОЛУ

Макалада илимдин жаңы областы болгон “спинтрониканын” абалы каралган, ошондой эле спинтроника түшүнүгү анализденип, анын компьютердик техникада колоднулушу көрсөтүлгөн. Негизги көңүл эксперименттин жыйынтыгына бөлүнүп, микросхемаларды түзүүдө электрондун спинин жана электромагнетизмдин колдонулушу түшүндүрүлгөн. Ошондой эле бул макалада спинтрониканын келечекте маалыматтык технологиянын аймагы катары карала тургандыгы айтылган.

Ачкыч сөздөр: электрондун спини, спинтроника, спиндик транзистор, электромагнетизм, кремний спиндик чип, спиндик ток, поляризация, магнетик, ферромагнетик.

Омурбекова Гулзат Кочкорбаевна
к.т.н., доцент, Кыргызско-Узбекский университет
Ажимуратов Пиримкул Нурмаматович
преподаватель, Кыргызско-Узбекский университет

СПИНТРОНИКА И ЕЕ РОЛЬ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКЕ

В статье рассмотрено современное состояние новой области науки «спинтроника», а также, анализируется понятие спинтроника и рассматривается ее использование в компьютерной технике. Основное внимание уделено результатам эксперимента на практике достижений спинтроники, а также объяснению спин электроники и электромагнетизма при создании микросхем. Рассмотрены перспективы развития спинторники как области информационной технологии.

Ключевые слова: электрон, спин электрона, спинтроника, спинный транзистор, электромагнетизм, кремниевый спинный чип, спинный ток, поляризация, магнетик, ферромагнетик.

Omurbekova Gulzat Kochkorbaevna
candidate of technical sciences, associate professor, Kyrgyz-Uzbek University
Ajimuratov Pirimkul Nurmamatovich
teacher, Kyrgyz-Uzbek University

SPINTRONIKA AND ITS ROLE IN COMPUTER ENGINEERING

The article considers the modern state of the new field of science "spintronics", and also analyzes the concept of spintronics and considers its use in computer technology. The main attention is paid to the results of the experiment in practice of the achievements of spintronics, as well as to the explanation of the spin of electronics and electromagnetism in the creation of microchips. And also, prospects of development of spinnaker as a field of information technology are considered.

Key words: *electron, electron spin, spintronics, spin transistor, electromagnetism, silicon spin chip, spin current, polarization, magnet, ferromagnet.*

2014 жылы Supercomputing Frontiers and Innovations басмасында интернеттеги маалыматтардын көлөмү болжолдуу түрдө 10^{24} байтка, же 1 млн эксабайтка барабар экендигин изилдеп чыгышкан.

Хилберт жана анын кесиптештери планета боюнча аналгодук жана сан ариптик маалымат алып жүрүүчүлөрдө маалыматтардын көлөмү ал маалыматтарды опитмалдуу кыскан учурда 295 эксабайтка барабар боло тургандыгын айтышууда. Эгерде муну километрге айландырса анда мындай дисктердин жыйыны 480590 км болот. *Булагы: "Агентство инноваций и развития экономических и социальных проектов"*. Ал эми Seagate жана IDC компанияларынын изилдөөлөрүнө таянсак тогуз жылдын ичинде дүйнөлүк маалыматтардын саны он эсеге өсө тургандыгы айтылууда. 2016-жылы маалыматтардын көлөмү 16 Збайт менен өлчөнсө, 2025-жылга бул көрсөткүч 163 Збайтка чейин чоңоет. [1]

Ошондуктан мындай маалыматтар менен иштөө үчүн өзгөчө технологиялар керек болот. Ошондой технологиялардын бири болуп спинторниканы колдонуу эсептелинет.

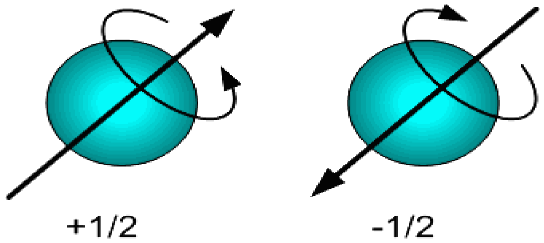
Заманбап физиканын эң жаш областы болуп спиндик электроника, же **спинтроника** эсептелинет. Спинтроника – бул, электроникага жакын болгон илим, айырмасы, маалыматты берүүдө электр заряды колдонулбастан электрондордун спиндеринин айлануусу менен шартталган толкундар колдонулат. Тилекке каршы, электрондордун спиндери стабилдүү абалда өтө кыска убакытка ган тура алат, ошондуктан спинтрондук эффекттерди үйрөнүү жана аны колдонуу бир топ татаалдыктарды жаратат. Голландиянын Делфта техникалык университетинин нанотехнологияны үйрөнүү институтунда (Kavli Institute of Nanoscience) комнаталык температурада спин электрониканын жардамында маалыматты өзгөрүп түзүүнүн ыкмасын табышты. [1].

Салттуу электроникада кадимки электр тогу (заряддардын ирээттелген кыймылы) эсептелинсе, жаңы муундагы электроникада электрондордун спиндери которулушат.

Электрондун спини (кыймыл санынын өздүк моменти) – бул электрондун кыймылынан көз каранды болбогон кванттык жаратылышка ээ болгон электрондун ички мүнөздөмөсү болуп эсептелинет. Кванттык механиканын закондору боюнча сырткы магнит талаасында электрондордун спини болгону эки базалык ориентацияга ээ болушат: магнит талаасынын багыты боюнча, же ага карама-каршы. Ал базалык ориентацияларды «жогору караган спин, «↑»» жана «төмөн караган спин «↓»» деп белгилөө кабыл алынган. Жогору караган спинде электрондук өздүк магниттик моменти магнит талаасынын багытын бойлой багытталат, ал эми төмөн караган спинде ага карама – каршы багытталат. [2]

Кадимки абалда заттагы электрондор поляризацияланышпаган болушат, б.а. «жогору караган спиндүү» электрондордун саны менен «төмөн караган спиндүү» электрондордун саны барабар болушат.

spin – англисчеден которгондо айлануу, тегеренүү



1-сүрөт. Электрониканын спинин модели

Спинтроникага кызыгуунун себептери. Биринчиден, спиндик приборлор көп функционалдуу болушат - алар маалыматты сактоочунун, аларды эсептөөчү детектордун, аларды обработкалоочу логикалык анализатордун жана ал маатыматтарды чиптин башка элементтерине берүүчү коммутатордун бир чипке биригүүсүнө мүмкүнчүлүк берет.

Экинчиден, мындай түзүлүштөр башкаруучу сигналдарга чоң ылдамдыкта реакция беришет жана салттуу электрондук түзүлүштөргө караганда анча эле аз энергия талап кылышат. Бул спиндин багытынын өзгөрүшү заряддардын которулушуна караганда энергияны дээрлик талап кылбашы менен жана операциялардын аткарылыштарынын арасындагы убакытта спинтрондук түзүлүштөр азыктануу булактарынан үзүлүп турушу менен түшүндүрүлөт. Спининин багыты өзгөрүлүп жаткан учурда электрондун кинетикалык энергиясы өзгөрүлбөйт, бул деген жылуулук бөлүнүп чыкпайт дегенди түшүндүрөт. Спиндин абалынын өзгөрүү ылдамдыгы өтө чоң болот. Тажрыйбалар көрсөткөндөй спиндин алмашуусу бир нече пикосекунданын, б.а. секунданын тириллиондук үлүшүндө жүрөт.

Спиндик микросхемалардын элементтери. Спинтрондук түзүлүштөрдүн бул артыкчылыктары алардын жаңы муундагы ЭЭМдин, б. а. кванттык компьютерлердин негизи болушуна мүмкүнчүлүк жаратат. Ошондуктан мындай болушу үчүн «спиндик микросхемалардын» ачкычтык элементтерин – спиндик транзисторлорду, б. а. спиндик токту күчөтүүчү, начарлатуучу жана өчүрүүчү түзүлүштү түзүү керек. Ал эми спиндик транзисторлордун жардамында жаңы компьютердик процессорлор, сенсордук, кайрадан программалоочу логикалык түзүлүштөр жана жогорку тыгыздыктагы энергиядан көз каранды болбогон, өтө тез иштөөчү Эс түзүлөт.

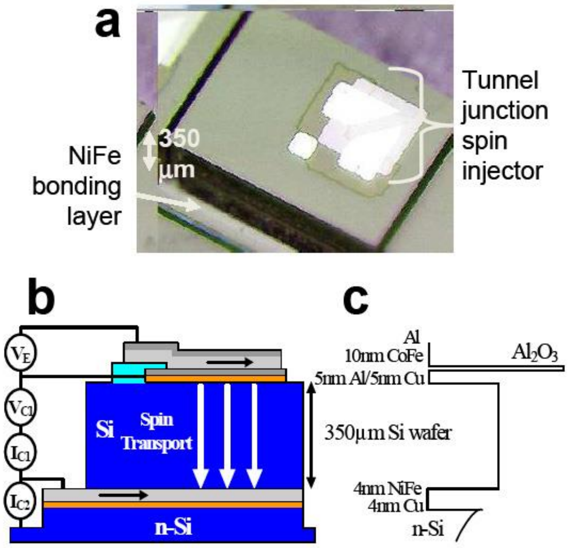
Каалагандай эле спин – электрондук түзүлүш, анын ичинде спиндик транзистор төмөндөгү үч негизги элементти өз ичине камтышы керек:

1. Жарым өткөргүчтөрдө спиндик – поляризацияланган электрондордун электрдик инжектирленүү механизми;
2. Жарым өткөргүчтөрдөгү спиндик токту башкаруу каражаты;
3. Жыйынтыктоочу спиндик электрондук токту өлчөөчү электрдик схема («детектор» деп атап койсок дагы болот).

Эң акыркы колдонууга керек болгон түзүлүштү куруу үчүн булардан сырткары дагы жарым өткөргүчтөрдөгү спиндердин электрдик инжекцияланыш эффектисин жогорулатуу жана спиндердин диффузияларынын (которулуштарынын) жетишээрлик даражада болушун камсыз кылуу керек.

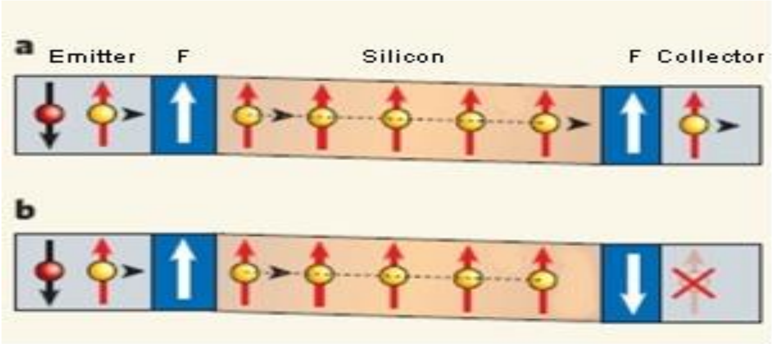
Ал эми спин бул аралыктарды жоюп, детекторго жетиши үчүн анын жашоо мөөнөтү узагыраак болушу шарт. Мындан сырткары дагы булардын бардыгы комнаталык температурада ишке ашуучу болушу максатка ылайыктуу.

Бицин Хуан жана Доу Монмой менен бирге кремний спиндик транзисторун түзгөн окумуштуу Иан Аппельбаум жана ондогон спиндик транзисторлордн турган кремний спиндик чип [3]:



Сүрөт 2. Кремний спиндик чип, а- кремний спиндик транзистор, b- схемасы, с-компоненттеринин зоналдык диаграммасы

Эксперименттин аткарылуу усулу. Авторлор алгач ферромагнетиктин катмарынан – таза кремнийдин катмарынан – ферромагнетиктин экинчи катмарынан – аралашмалуу кремнийдин катмарынан турган катмарлуу түзүлүштү жасашкан. Мында катмарларга электрондордун агымын башкаруучу атайын тандалган чыналуулар берилген. Электрондун агымы кирүүдө поляризацияланбаган болот, ал эми ферромагниттик катмардан өткөндөн кийин ал поляризацияланып калат, б. а. спиндик ток болуп калат. Бул электрондор таза кремнийден турган катмарга келип тийишет дагы жетишерлик чоӊ аралыкты басып өтүшөт, андан кийин экинчи ферромагниттик катмарга өтүп, андан сыртка чыгат.



Сүрөт 3. Магнетиктерден электрондордун агымынын өтүшү: a —Co84Fe16 жана Ni80Fe20 катмарлары параллель магниттелишкен, b — антипараллелдүү (emmiter — ток булагы, F — 1-жана 2- ферромагниттик катмарлар, silicon — кремний катмары, collector — спиндик токту кабыл алгыч).

Логикалык амалдардын өтө тез аткарылыш себеби: Эксперименттер көрсөткөндөй, кремний аркылуу өткөндө электрондордун поляризациясы кайсы бир деңгээлде сакталып калат. Ошол себептен эки ферромагниттик катмарлардагы магнит талааларынын өз ара ориентацияларын өзгөртүү менен чыгуудагы спиндик токту өчүрүүгө жана жандырууга болот. Бул болсо прибордун эки абалын (ток бар (логикалык «1») жана ток жок (логикалык «0») пайдалануу менен маалыматтардын үстүнөн жүргүзүлүүчү логикалык амалдардын өтө тездик менен аткарылышына мүмкүнчүлүк берет.

Жыйынтык:

1. Компьютердин ичинде, чөнтөк телефондордо же фотоаппараттарда секунданын ичинде эле бир нече миллиарддаган операциялар аткарылса дагы энергия аз сарпталат, натыйжада батарейкалар көп убакытка чейин разряддалбайт;
2. Энергиянын аз сарпталышы - демек, жылуулуктун аз бөлүнүп чыгышы болуп эсептелинет, натыйжада техниканын габаритин кичирейтүү максатында деталдарын өтө тыгыз кылып жасоого мүмкүнчүлүк түзөт;
3. Спиндерди башкаруу менен түрдүү ийкемдүү түзүлүштөрдү - ийкемдүү дисплейлерден (трубка катары ороп алууга жана чөнтөккө салып алууга мүмкүн болгон) тартып, кийимдерге тигип алынуучу процессорлорду түзүүгө мүмкүнчүлүк берет. Мисалы, сүрөттөрдү кабыл алуучу курткалар. Бул курткаларды кийген адам жону, ийиндери, о. э. денесинин башка бөлүктөрү менен көрүү мүмкүнчүлүктөрүнө ээ болушат. Мындай кийимдер милицияларга, өрт өчүргүчтөргө жана аскер кызматкерлерине эң керектүү болот. Бөбөктөрдүн кийимдерине мындай датчиктерди орнотуп койсо анын ысыганын же үшүгөнүн билгизген сигнал берет, ал эми алыскы келечекте ал кийим ошого жараша өзүнүн структурасын дагы өзгөртүшү мүмкүн.
4. Спиндерди башкаруу менен пико байт маалыматты сактоого мүмкүнчүлүк түзүлөт.
5. Физиканын кванттык механика, электромагнетизм бөлүмдөрүнүн чыныгы компьютердик техникада колдонулушун ушундай жол менен көрсөтүп сабак өтсөк анда бул темалар адистикке ориентрленип өткөрүлүү менен студенттерде дагы жакшы практикалык түшүнүктөрдү калыптанат.
6. Магниттик абалдардын жогорку абалдагы алмашууларынын өтө тез болушу спин-электрондук түзүлүштөрдүн негизги касиети болуп эсептелген уруксат берүү жөндөмдүүлүктөрүнө жараша болот.

Адабияттар:

1. **Войтович, И. Д**. Спинтроника и ее вклад в элементную базу информатики. Ч.1 [Текст] /В. М. Корсунский - Математичні машини і системи, 2014.-21с.
2. **Огнев, А.В**. Спинтроника: физические принципы, устройства, перспективы. [Текст] /А. С. Самардак. – Вестник ДВО РАН.2006.-С.70-80.https://www.dailytechinfo.org
3. http://elementy.ru