

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

“AZƏRBAYCAN HAVA YOLLARI” QSC

MİLLİ AVİASİYA AKADEMİYASI

“TƏSDİQ EDİRƏM”

MAA-nın rektoru, akademik

_____ **Arif Paşayev**

“ ____ ” _____ 2020-ci il

**3361.01 - BƏRK CİSM ELEKTRONİKASI, RADİOELEKTRON
KOMPONENTLƏRİ, MİKRO VƏ NANOELEKTRONİKA**

ixtisası üzrə doktoranturaya qəbul imtahanının

PROQRAMI

MAA Elmi Şurasının 14 sentyabr 2020-ci il tarixli 155 sayılı iclasında
baxılmış və bəyənilmişdir.

BAKI - 2020

Yarımkəçirici cihazlar və yarımkəçiricilər fizikası.

Yarımkəçiricilərdə kimyəvi əlaqənin təbiəti. Kristalların quruluşu (strukturu). İdeal və real kristallar. Kristallardakı qüsurlar (defektlər). Mikroelektronikanın əsas monokristallik materiallarının – silisiumun, qallium arsenidin xassələri.

Bərk cismin zona nəzəriyyəsi. Polikristal və amorf yarımkəçiricilər. Metallarda, yarımkəçiricilərdə, dielektriklərdə elektronların energetik spektrləri. Keçiricilik və valent zonası. Elektron və deşiklər. Elektronun effektiv kütləsi. Məxsusi (təmiz) və aşqarlı yarımkəçiricilər. Donor və akseptor aşqarlarının rolu.

Statistik fizikanın əsasları. Fermi - Dirak paylanma funksiyası. Zonalarda elektron və deşiklərin konsentrasiyası. Temperatur asılılıqları. Maksvel - Bolsman paylanması. Elektron qazının cırlaşması (degenerasiya) kriteriyası. Cırlaşmış və cırlaşmamış yarımkəçiricilər.

Yükdaşıyıcıların rekombinasiyası. "Zona - zona" rekombinasiyası və aşqarlı mərkəzlərdən və defektlərdən keçməklə rekombinasiya. Şokli - Rid rekombinasiya nəzəriyyəsi. Yükdaşıyıcıların diffuzion uzunluğu və yaşama müddəti. Səthi rekombinasiya.

Yarımkəçiricilərin elektrik keçiriciliyi. Zəif elektrik sahəsində yükdaşıyıcılar. Elektron və deşiklərin yürüklüyü. Diffuziya və yükdaşıyıcıların dreyfi. Eynşteyn nisbəti. Güclü elektrik sahəsində yükdaşıyıcılar. Elektrik neytrallığı şərti. Hann effekti. İfrat keçiricilik hadisəsi.

Elektron - deşik p-n keçidi. Qeyri-əsas yükdaşıyıcıların injeksiyası və ekstraksiyası. P-n keçidinin volt-ampere xarakteristikası. P-n keçidində potensialın paylanması. P-n keçidində yükdaşıyıcılarının cərəyanı, Fermi kvazisəviyyələri. P-n keçidində yükdaşıyıcıların generasiyası və rekombinasiyası. Diffuziya və baryer tutumu. P-n keçidinin istilik, selvari və tunel deşilməsi.

Tranzistor effekti. İki yaxın yerləşdirilmiş p-n keçidli məsafəli strukturun zona diaqramı. İnjeksiya əmsalı. Yükdaşıyıcıların bazadan keçmə əmsalı. Tranzistorun güclənmə əmsalı.

Metal-yarımkəçirici kontaktı. Şotki nəzəriyyəsi. Omik kontaktın volt-ampere xarakteristikası.

Metal-dielektrik-yarımkəçirici strukturu. Gərginlik tətbiq edildikdə zona diaqramı. Dielektrikdə səthi hallar, hərəkətli və hərəkətsiz yüklərin vəziyyəti.

Heterokeçidlər. İzotip, anizotip heterokeçidlər. Hetero p-n keçidin zona diaqramı. İnyeksiya əmsalı. Superinjeksiya.

Yarımkəçiricilərdə fotoelektrik hadisələri. Şüalanmanın udulması. Fotokeçiricilik. Spektral xarakteristika. p-n keçidində fotovoltaike effekti.

Termoelektrik hadisələri. Termo- və qalvanomaqnit effektləri. Holl effekti. Elektrooptik, maqnitooptik, akustooptik effektlər.

Bərk cisim elektronikasısı və mikroelektronika qurğuları.

Yarımkəçirici diodlar. Quruluşu və əsas parametrləri. Düzləndirici və impuls diodları. Tunel diodları. Şotki diodları, p-i-n diodları, Hann diodları.

Bipolyar tranzistorlar. İşləmə prinsipi, əsas parametrləri, temperaturdan asılılıqları. Tezlik və impuls xarakteristikaları.

Tiristorlar. Əsas parametrləri.

Sahə tranzistorları, iş prinsipləri, əsas parametrləri. P-n keçidli və Şotki baryerli sahə tranzistorları. İnduksiya və qurama kanallı MDY tranzistorlar.

İnteqral mikrosxəmlər (İS). İS-lərtin konstruktiv-texnoloji və funksional əlamətlərinə görə təsnifatı. Nazik- və qalıntəbəqəli hibrid İS-lərin element və komponentləri. Təbəqə

rezistorlarının və kondensatorlarının layihələndirilməsi. Yarımkəçirici mikrosxemlərin bipolyar tranzistor əsasında elementləri: diodlar, tranzistorun müxtəlif növləri, rezistorlar, kondensatorlar; tranzistorların, rezistorların, kondensatorların layihələndirilməsi.

MOY (Metal-oksid-yarımkəçirici) əsasında İS-lərin elementləri. MOY İS-lərinin elementlərinin topologiyasının layihələndirilməsi.

Unifikasiya olunmuş və xüsusişdirilmiş İfrat Böyük İnteqral Mikrosxemlərin (İBİS) layihələndirilməsinin xüsusiyyətləri. Kataloqlaşdırılmış elementlər əsasında sifariş olunmuş İBİS-lərin layihələndirilməsi.

Baza matrisa kristalları əsasında yarımşifarişli Böyük İnteqral Mikrosxemlərin (BİS) layihələndirilməsi. Təbəqəli İS-lər əsasında İBİS-lərin layihələndirilməsi. Layihələrin təsvir olunma dilləri. İS-lərin layihələndirilməsinin avtomatlaşdırılması.

İBİS-lərin element bazası.

Optoelektron cihazlar. Təyinatı və tətbiq sahəsi. Fotoqəbuledicilər: fotorezistorlar, fotodiodlar, fototranzistorlar, selvari fotodiodlar. Yarımkəçirici şüalandırıcılar: işıq diodlar, elektrolüminesent cihazlar, lazerlər. Optronlar və optoelektron inteqral mikrosxemlər.

Mikrosxemotexnika.

İnteqral sxemlərin funksional əlamətlərinə görə təsnifatı.

Analoq inteqral sxemləri.

Cərəyan, gərginlik mənbələri. Diferensial kaskad. Əməliyyat gücləndiriciləri (ƏG).

Rəqəm inteqral sxemləri və onların təsnifatı.

Elektron açarları. Diod açarları. Bipolyar tranzistor əsaslı açarlar. MDY-tranzistor əsaslı açarlar.

Rəqəm İS-lərinin nomenklaturası. Rəqəm İS-lərinin əsas parametrləri və xarakteristikaları.

Bipolyar tranzistor əsaslı məntiq elementlərinin əsas tipləri. Tranzistor-tranzistor məntiq elementləri (TTM). Emitter-əlaqəli məntiq elementləri (EƏM). İnjeksiya qidalı məntiq elementləri (İZL).

İnteqral triggerlər, qurulma prinsipi və əsas xarakteristikaları. Triggerlərin təsnifatı və quruluşu. MDY-tranzistor əsaslı triggerlər. Kombinasion rəqəm İS-ləri. Deşifratorlar. Kod çeviriciləri. Cəmləyicilər. Ardıcıl rəqəm inteqral sxemləri. Registrlər. Sayğaclar.

Yarımkəçirici yaddaş qurğuları (YQ). Bipolyar və sahə tranzistorları əsasında operativ YQ. Yaddaş elementlərinin (YE) əsas tipləri. Dinamik YQ-ları, onların təşkil olunması və quruluşu. Sabit yaddaş qurğuları (YQ). Proqramlaşdırılan YQ-ları. Proqramlaşdırılan məntiq matrisası və Yarımkəçirici xətti inteqral sxemlər (YXİS). Mikroprosessorlar.

Fotoqəbuledicilər. Foto - müqavimətlər, - diodlar, - tranzistorlar, - matrisalar. Əsas parametrləri və xarakteristikaları. Fotohəssas qurğular. Günəş batareyaları. Monokristallıq və amorf silisiumlu, polikristallıq qatlı və heterostrukturlu günəş batareyaları.

İşıq diodları, parametrləri və xarakteristikaları. Super şəffaf işıq diodları. İşıq diodlu displeylər. Polimer işıq diodları (ümumi). Yarımkəçirici lazerlər (ümumi).

Akustoelektronika, maqnitoelektronika, krioelektronika.

Mikroelektronika texnologiyası və bərk cisim qurğuları.

Planar texnologiya – texniki prosesin ümumi sxemi. Qrup halında işlənməsi. Texnologiyanın səviyyəsinin əsas göstəricisi – minimal topoloji ölçüsü (MTÖ). İnteqral sxemlərin inteqrasiya dərəcəsi. MTÖ dinamikası və inteqrasiya dərəcəsi, Mur qanunu.

Yarımkəçirici qatların hazırlanması. Yarımkəçiricinin kristalloqrafik oriyentasiyasının təyini. Lövhələrin oriyentasiyalı kəsilməsi (doğranması), paradaqlanması və cilalanması. Elektrokimyəvi kəsmə.

Germanium, silisium, qallium arsenidin kimyəvi aşılınması və kimyəvi cilalanması. Təbəqələrin yekun təmizlənməsi. Təmizlənmə keyfiyyətinin yoxlanılması metodları.

Epitaksiya. Silisiumun epitaksial aşılınması. Epitaksial qatların keyfiyyətinə nəzarət metodları.

Silisiumda dielektrik təbəqənin yaradılması. Silisiumun oksidləşmə prosesinin fiziki modeli. Yarımkəçiricilərin aktiv və passiv oksidləşmə kinetikasi. Silisiumda oksidləşmə strukturu. Silisiumun termik oksidləşməsi zamanı aşqarların paylanması.

Yarımkəçiricilərdə diffuziya. Diffuziya prosesinin fiziki əsasları.

İon aşqarlaması. Elektron və ion dəstələrinin alınma metodları. Yarımkəçirici, dielektrik və metal təbəqələrin plazmokimyəvi və ion-plazma emalı metodları. Elektron-ion emalının yaratdığı defektlər və onların aradan qaldırılması. Sürətli termiki emal metodu.

Litoqrafiya. Fotolitoqrafiya. Fotolitoqrafiya üçün lazım olan qurğuların əsas növləri. Proyeksiyalı fotolitoqrafiya, elektron şüa litoqrafiya və rentgen litoqrafiya. Fotoşablonlar və onların hazırlanması.

Yarımkəçirici İS-lərin elementlərinin strukturu. Elementlərin yaradılma metodu. "İzolyatorada silisium" strukturunun texnologiyası. İS-lərin elementlərinin xüsusiyyətləri və strukturu.

Yarımkəçirici cihazlar və inteqral sxemlərin yığılması və montajı. Yarımkəçirici cihazlar və inteqral sxemlərin korpusları. Hermetizasiya metodları. Korpusuz cihazlar. Yarımkəçirici cihazlarda və İS-də istilik ötürmə metodları.

Nanoelektronika.

Nanotexnologiya. Nanoelektronika.

Qeyri-müəyyənlik prinsipi. Potensial oyuğunda elektronların enerjisinin kvantlanması. Şredinger tənliyi. Tunel effekti. Zərrəciklərin tunelləşdirilməsi zamanı keçmə və əks olunma əmsalı.

Zərrəciklərin potensial baryerdən tunelləşdirilməsi. Skanedic tunel mikroskopunun (STM) iş prinsipi. STM-lərin təsnifatı, STM-lərin iş rejimləri.

Tunel-zondlama nanotexnologiyasının əsas prinsipləri.

İfrat qəfəslər. İfrat qəfəslərin enerji diaqramları.

Elektronların nanoölçülü quruluşlardan keçməsinin xüsusiyyətləri. Kvant oyuları, potensial baryerlər, kvant məftilləri və nöqtələri haqqında anlayışlar. Tunel tranzistorları. GaAs əsaslı yüksək yük yürüklüyünə malik heteroqəçid strukturlar. Qaynar elektronlar əsasında olan tranzistorlar. Rezonans-tunel diodu. Rezonans tunelləyici tranzistorlar.

Bioelektronika.

Kvant hesablamaları. İnformasiyanın işlənməsinin və ötürülməsinin kvant prinsipləri. Kubit.

ƏDƏBİYYAT

1. Abdullayev X.İ., İbrahimov R.Ə., Zeynalova Ş.H. Mikroelektronika / Dərs vəsaiti. – Bakı, MAA-nın Poliqrafiya Mərkəzi. 2018, – 150 səh.
2. Bədəlov A.Z., Axundov M.R. Bərk cisim fizikası. Mingəçevir, 2003.
3. İsgəndərzadə Z.Ə., Axundov M.R., Bədəlov A.Z. Bərk cisim elektronikasası (dərs vəsaiti), Bakı, 1992.
4. Paşayev A.M., Abdullayev X.İ., İbrahimov R.Ə., Səfərzadə Ə.Ə. Zond mikroskopiyası / Dərs vəsaiti. – Bakı, MAA-nın Poliqrafiya mərkəzi, 2011. – 185 səh.
5. Paşayev A.M., Ağayeva S.X. Kristallarda defektlər. Çəşioğlu, 2005, 108s.
6. Paşayev A.M., Ağayeva S.X., Nano materiallar, tədqiqat üsulları, cihazlar. Bakı, 2012.
7. Paşayev A.M., Əliyeva M.X. Bərk cisimlər fizikası, Çəşioğlu, 2008.
8. Paşayev A.M., Nəsiyev N.C., Nəbiyev R.N. Elektronikanın əsasları, Bakı, 2003.
9. R.T.Hümbətov. Elektronika. I və II hissələr, Elektron cihazlar. Maarif nəşriyyatı, Bakı, 2002.
10. Абрамов И.И., Новик Е.Г. Численное моделирование металлических одноэлектронных транзисторов. Минск: Беспринг, 2000.
11. Бауместер Д., Экерт А., Цайлингер А. Физика квантовой информации. - М.: Постмаркет, 2002.
12. Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники. - М.: Физматлит, 2002.
13. Быстров Ю.А., Гамкрелидзе С.А., Иссерлин Е.Б., Черепанов В.П. Электронные приборы и устройства на их основе: Справочная книга.- М.: ИП РадиоСофт, 2002.
14. Быстродействующие матричные БИС и СБИС. / Под ред. В.Н. Файзулаева и И.И. Шагурина. - М.: Радио и связь, 1989.
15. Бродуай И., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии. - М.: Мир, 1985.
16. Булычев А.Л. и др. Электронные приборы. - М.: Лайт Лтд., 2000.
17. Драгунов В.Г., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники. Новосибирск: Издательство НГТУ, 2000.
18. Епифанов Г.И., Мома Ю.А. Твердотельная электроника. - М.: Высшая шк., 1986.
19. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х кн. - М.: Мир, 1984.
20. Малышев В.А. Бортовые активные устройства СВЧ. - Л.: Судостроение, 1990.
21. Муруга С. Системное проектирование сверхбольших интегральных схем. В 2-х кн. - М.: Мир, 1985.
22. Мухин Ю.А. Приборы и устройства полупроводниковой оптоэлектроники: Учеб. пособие под ред. В.Н.Бодрова, Г.И.Обидина. - М.: Изд-во МЭИ, 1996.
23. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника. - М.: Сов. радио, 1980.
24. Пашаев А.М., Гаджиев Н.Д., Набиев Р.Н. Основы электроники. – Баку, 2003.
25. Пожела Ю.К. Физика быстродействующих транзисторов. Вильнюс: Можлас, 1989.
26. Полупроводниковые приборы в схемах СВЧ. Под ред. М.Хауэса и Д.Моргана. - М.: Мир, 1979.
27. Пономарев М.Ф. Конструкции и расчет микросхем и микроэлементов ЭВА. - М.: Радио и связь, 1982.
28. Прянишников В.А. Электроника. С-Пб.: КОРОНА принт, 2000.
29. Сеченов Д.А., Светличный А.М., Поляков. В.В. Фотостимулированные технологические процессы в кремниевых структурах. Таганрог: Издательство ТРТУ, 2002.
30. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. - М.: Лаборатория базовых знаний, 2000.
31. Талиби М.А., Гарибов М.А., Гаджиев Н.Д. Микроэлектроника. – Баку, 1978.
32. Таруи Я. Основы технологии СБИС. - М.: Радио и связь, 1985.

33. Технология СБИС. В 2-х кн. Под ред. С. Зи. - М.: Мир, 1986.
34. Уайтсайлмс Дж, Эйглер Д. и др. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Амевисатоса. - М.: Мир, 2002.
35. Шалимова К.В. Физика полупроводников. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
36. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем / под ред. А.Я. Шика. – С-ПБ: Наука, 2001.
37. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника: Уч.пособие для вузов / Ю.Л.Бобровский, С.А.Корнилов, И.А.Кратиров и др.; Под ред. Н.Д.Федорова. - М.: Радио и связь, 1998.

PROQRAMI TƏRTİB EDƏNLƏR:

“Aerokosmik cihazlar” kafedrasının
professoru, f.-r.e.d.

Arif Bədəlov

“Radioelektronika” kafedrasının
professoru, t.e.d.

Xəqani Abdullayev

“Aerokosmik cihazlar” kafedrasının
Baş müəllimi, t.f.d.

Şəhla Zeynalova