**1.Микроэлектроника және оның артықшылығы**

***Микроэлектроника***-интегралды схемаларды (ИС) және олардың негізінде радиоэлектрондық аппаратураны зерттеуді, құрастыруды және өндіруді қамтитын электрониканың заманауи бағыты. *Микроэлектрониканың негізгі міндеті*-жоғары сенімділік пен репродуктивтілігі (өнімділігі), төмен қуат тұтынуы және жоғары функционалдық күрделілігі бар микро-миниатюралық аппаратураны құру.

Микроэлектрониканың маңызды технологиялық әдістерінің бірі *интегралды технология* болып табылады, ол бір пластинада бір-бірімен схемалық байланысқан элементтер тобын құруға мүмкіндік береді. Интегралды технологияны қолдана отырып, параметрлері бойынша бірдей функционалды түйіндердің едәуір санын шығара отырып, жоғары өнімді автоматтандырылған қондырғыларда схемалар жасауға болады.

Дискретті компоненттердегі ұқсас схемалармен салыстырғанда интегралды микросхемалардың негізгі артықшылықтары-***шағын өлшемдер, төмен масса және механикалық беріктіктің жоғарылауы.***Оларды өндіруде жоғары өнімді автоматтандырылған жабдықты қолдану арқылы ***аз шығындар*** қажет, қол еңбегін едәуір қысқартуға және компоненттер параметрлерінің сәйкестігіне байланысты схемалардың жақсы сипаттамаларын алуға болады. *Дәнекерленген қосылыстардың санын азайту*, технологиялық операцияларды автоматтандыру және бірыңғай технологиялық циклде жасалған жекелеген элементтердің істен шығу ықтималдығын азайту арқылы ***сенімділікті*** арттыру.

Элементтердің топологиялық өлшемдерінің азаюымикросхемалардың электрлік параметрлерінің жақсаруына әкеледі. Бұл жағдайда негізгі шектеуші фактор, дискретті элементтердегі әдеттегі схемалар сияқты, ішіндегі тізбекті қосылыстар болып табылады, онда сигналдың кешігуі элементтердің қол жеткізілген жоғары жылдамдығын толық пайдалануға мүмкіндік бермейді (яғни, ішкі тізбек арасындағы сигналдың кешігуі жойылса, жоғары жылдамдыққа қол жеткіземіз).

**2. Интегралды схеманың интеграция дәрежесі және тығыздығы**

***Интегралды схема*** (Чип/ микросхема) - белгілі бір түрлендіру, сигналды өңдеу, ақпаратты жинақтау функциясын орындайтын және сынау, қабылдау, жеткізу және пайдалану талаптары тұрғысынан біртұтас тұтастық ретінде қарастырылатын электрлік қосылған элементтердің (немесе элементтер мен компоненттердің) жоғары тығыздығына ие микроэлектрондық өнім.

ИС күрделілігінің критерийі, яғни ондағы элементтер мен қарапайым компоненттердің N Саны k=lgN коэффициентімен анықталатын интеграция дәрежесі болып табылады, оның мәні ең жақын бүтін санға дейін дөңгелектенеді. Мысалы, интеграцияның бірінші дәрежелі ИС (k = 1) құрамында 10 элемент пен қарапайым компоненттер бар, интеграцияның екінші дәрежесі (k = 2) - 10 - нан 100-ге дейін, интеграцияның үшінші дәрежесі (k = 3) - 1000-нан 10000-ға дейін және т. б. Биполярлық технология бойынша жасалған 500 немесе одан да көп элементтері бар немесе МДПтехнологиясы бойынша жасалған 1000 немесе одан да көп элементтері бар интегралды схема үлкен интегралды схема (БИС- Большая интегральная схема) деп аталады. Егер n саны 10 000-нан асса, онда ИС өте үлкен (СБИС - сверхбольшой) деп аталады. СБИС-ті бір кристалда бірнеше жүз мыңнан бірнеше миллион элементтерге дейін болатын ультра үлкен интегралды схемалар (УБИС - ультра үлкен интегралды схемалар) алмастырады.

Интеграцияның технологиялық (ТСИ – Технологическая степень интеграции) және функционалдық (ФСИ – Функциональная степень интеграции) дәрежелерін ажыратыңыз. ТСИ-кристалдағы компоненттердің санын көрсетеді; ФСИ-кристалдағы функционалды ұяшықтардың санын көрсетеді.

ИС технологиясы мен конструкциясының сапасының маңызды көрсеткіші-кристалдағы элементтердің қаптамасының тығыздығы. Тығыздығы дегеніміз аудан бірлігіне келетін элементтер саны. Элементтердің мөлшерін азайтудан басқа, кристалдағы элементтердің тығыздығын арттыру үшін жартылай өткізгіш кристалдың кейбір аймақтарында бірнеше (әдетте екі) функциялардың үйлесуі, сондай-ақ диэлектрлік қабаттармен бөлінген үш өлшемді құрылымдар қолданылады.

*Жартылай өткізгіш микросхемалардың дамуының негізгі тенденциялары интеграция мен өнімділіктің жоғарылауы болып табылады.*

*Элементтердің топологиялық өлшемдерінің азаюы микросхемалардың электрлік параметрлерінің жақсаруына әкеледі. Бұл жағдайда негізгі шектеуші фактор, дискретті элементтердегі әдеттегі схемалар сияқты, ішіндегі тізбекті қосылыстар болып табылады, онда сигналдың кешігуі элементтердің қол жеткізілген жоғары жылдамдығын толық пайдалануға мүмкіндік бермейді (яғни, ішкі тізбек арасындағы сигналдың кешігуі жойылса, жоғары жылдамдыққа қол жеткіземіз).*

**3. Интегралды микросхемалардың күрделілігінің критерийі – интеграция дәрежесі**

Интегралды схема (Чип/ микросхема) - белгілі бір түрлендіру, сигналды өңдеу, ақпаратты жинақтау функциясын орындайтын және сынау, қабылдау, жеткізу және пайдалану талаптары тұрғысынан біртұтас тұтастық ретінде қарастырылатын электрлік қосылған элементтердің (немесе элементтер мен компоненттердің) жоғары тығыздығына ие микроэлектрондық өнім.

ИС күрделілігінің критерийі, яғни ондағы элементтер мен қарапайым компоненттердің N Саны k=lgN коэффициентімен анықталатын интеграция дәрежесі болып табылады, оның мәні ең жақын бүтін санға дейін дөңгелектенеді. Сонымен, интеграцияның бірінші дәрежелі ИС (k = 1) құрамында 10 элемент пен қарапайым компоненттер бар, интеграцияның екінші дәрежесі (k = 2) - 10 - нан 100-ге дейін, интеграцияның үшінші дәрежесі (k = 3) - 1000-нан 10000-ға дейін және т. б. Биполярлық технология бойынша жасалған 500 немесе одан да көп элементтері бар немесе МДПтехнологиясы бойынша жасалған 1000 немесе одан да көп элементтері бар интегралды схема үлкен интегралды схема (БИС- Большая интегральная схема) деп аталады. Егер n саны 10 000-нан асса, онда ИС өте үлкен (СБИС - сверхбольшой) деп аталады. СБИС-ті бір кристалда бірнеше жүз мыңнан бірнеше миллион элементтерге дейін болатын ультра үлкен интегралды схемалар (УБИС - ультра үлкен интегралды схемалар) алмастырады.

Интеграцияның технологиялық (ТСИ – Технологическая степень интеграции) және функционалдық (ФСИ – Функциональная степень интеграции) дәрежелерін ажыратыңыз. ТСИ-кристалдағы компоненттердің санын көрсетеді; ФСИ-кристалдағы функционалды ұяшықтардың санын көрсетеді.

**4.Микроэлектроника және оның артықшылығы**

***Микроэлектроника***-интегралды схемаларды (ИС) және олардың негізінде радиоэлектрондық аппаратураны зерттеуді, құрастыруды және өндіруді қамтитын электрониканың заманауи бағыты. *Микроэлектрониканың негізгі міндеті*-жоғары сенімділік пен репродуктивтілігі (өнімділігі), төмен қуат тұтынуы және жоғары функционалдық күрделілігі бар микро-миниатюралық аппаратураны құру.

Микроэлектрониканың маңызды технологиялық әдістерінің бірі *интегралды технология* болып табылады, ол бір пластинада бір-бірімен схемалық байланысқан элементтер тобын құруға мүмкіндік береді. Интегралды технологияны қолдана отырып, параметрлері бойынша бірдей функционалды түйіндердің едәуір санын шығара отырып, жоғары өнімді автоматтандырылған қондырғыларда схемалар жасауға болады.

Дискретті компоненттердегі ұқсас схемалармен салыстырғанда интегралды микросхемалардың негізгі артықшылықтары-***шағын өлшемдер, төмен масса және механикалық беріктіктің жоғарылауы.***Оларды өндіруде жоғары өнімді автоматтандырылған жабдықты қолдану арқылы ***аз шығындар*** қажет, қол еңбегін едәуір қысқартуға және компоненттер параметрлерінің сәйкестігіне байланысты схемалардың жақсы сипаттамаларын алуға болады. *Дәнекерленген қосылыстардың санын азайту*, технологиялық операцияларды автоматтандыру және бірыңғай технологиялық циклде жасалған жекелеген элементтердің істен шығу ықтималдығын азайту арқылы ***сенімділікті*** арттыру.

Элементтердің топологиялық өлшемдерінің азаюымикросхемалардың электрлік параметрлерінің жақсаруына әкеледі. Бұл жағдайда негізгі шектеуші фактор, дискретті элементтердегі әдеттегі схемалар сияқты, ішіндегі тізбекті қосылыстар болып табылады, онда сигналдың кешігуі элементтердің қол жеткізілген жоғары жылдамдығын толық пайдалануға мүмкіндік бермейді (яғни, ішкі тізбек арасындағы сигналдың кешігуі жойылса, жоғары жылдамдыққа қол жеткіземіз).

**5. Интегралды схеманың интеграция дәрежесі және тығыздығы**

***Интегралды схема*** (Чип/ микросхема) - белгілі бір түрлендіру, сигналды өңдеу, ақпаратты жинақтау функциясын орындайтын және сынау, қабылдау, жеткізу және пайдалану талаптары тұрғысынан біртұтас тұтастық ретінде қарастырылатын электрлік қосылған элементтердің (немесе элементтер мен компоненттердің) жоғары тығыздығына ие микроэлектрондық өнім.

ИС күрделілігінің критерийі, яғни ондағы элементтер мен қарапайым компоненттердің N Саны k=lgN коэффициентімен анықталатын интеграция дәрежесі болып табылады, оның мәні ең жақын бүтін санға дейін дөңгелектенеді. Мысалы, интеграцияның бірінші дәрежелі ИС (k = 1) құрамында 10 элемент пен қарапайым компоненттер бар, интеграцияның екінші дәрежесі (k = 2) - 10 - нан 100-ге дейін, интеграцияның үшінші дәрежесі (k = 3) - 1000-нан 10000-ға дейін және т. б. Биполярлық технология бойынша жасалған 500 немесе одан да көп элементтері бар немесе МДПтехнологиясы бойынша жасалған 1000 немесе одан да көп элементтері бар интегралды схема үлкен интегралды схема (БИС- Большая интегральная схема) деп аталады. Егер n саны 10 000-нан асса, онда ИС өте үлкен (СБИС - сверхбольшой) деп аталады. СБИС-ті бір кристалда бірнеше жүз мыңнан бірнеше миллион элементтерге дейін болатын ультра үлкен интегралды схемалар (УБИС - ультра үлкен интегралды схемалар) алмастырады.

Интеграцияның технологиялық (ТСИ – Технологическая степень интеграции) және функционалдық (ФСИ – Функциональная степень интеграции) дәрежелерін ажыратыңыз. ТСИ-кристалдағы компоненттердің санын көрсетеді; ФСИ-кристалдағы функционалды ұяшықтардың санын көрсетеді.

ИС технологиясы мен конструкциясының сапасының маңызды көрсеткіші-кристалдағы элементтердің қаптамасының тығыздығы. Тығыздығы дегеніміз аудан бірлігіне келетін элементтер саны. Элементтердің мөлшерін азайтудан басқа, кристалдағы элементтердің тығыздығын арттыру үшін жартылай өткізгіш кристалдың кейбір аймақтарында бірнеше (әдетте екі) функциялардың үйлесуі, сондай-ақ диэлектрлік қабаттармен бөлінген үш өлшемді құрылымдар қолданылады.

*Жартылай өткізгіш микросхемалардың дамуының негізгі тенденциялары интеграция мен өнімділіктің жоғарылауы болып табылады.*

*Элементтердің топологиялық өлшемдерінің азаюы микросхемалардың электрлік параметрлерінің жақсаруына әкеледі. Бұл жағдайда негізгі шектеуші фактор, дискретті элементтердегі әдеттегі схемалар сияқты, ішіндегі тізбекті қосылыстар болып табылады, онда сигналдың кешігуі элементтердің қол жеткізілген жоғары жылдамдығын толық пайдалануға мүмкіндік бермейді (яғни, ішкі тізбек арасындағы сигналдың кешігуі жойылса, жоғары жылдамдыққа қол жеткіземіз).*

**6.Интегралды микросхемалардың күрделілігінің критерийі – интеграция дәрежесі**

Интегралды схема (Чип/ микросхема) - белгілі бір түрлендіру, сигналды өңдеу, ақпаратты жинақтау функциясын орындайтын және сынау, қабылдау, жеткізу және пайдалану талаптары тұрғысынан біртұтас тұтастық ретінде қарастырылатын электрлік қосылған элементтердің (немесе элементтер мен компоненттердің) жоғары тығыздығына ие микроэлектрондық өнім.

ИС күрделілігінің критерийі, яғни ондағы элементтер мен қарапайым компоненттердің N Саны k=lgN коэффициентімен анықталатын интеграция дәрежесі болып табылады, оның мәні ең жақын бүтін санға дейін дөңгелектенеді. Сонымен, интеграцияның бірінші дәрежелі ИС (k = 1) құрамында 10 элемент пен қарапайым компоненттер бар, интеграцияның екінші дәрежесі (k = 2) - 10 - нан 100-ге дейін, интеграцияның үшінші дәрежесі (k = 3) - 1000-нан 10000-ға дейін және т. б. Биполярлық технология бойынша жасалған 500 немесе одан да көп элементтері бар немесе МДПтехнологиясы бойынша жасалған 1000 немесе одан да көп элементтері бар интегралды схема үлкен интегралды схема (БИС- Большая интегральная схема) деп аталады. Егер n саны 10 000-нан асса, онда ИС өте үлкен (СБИС - сверхбольшой) деп аталады. СБИС-ті бір кристалда бірнеше жүз мыңнан бірнеше миллион элементтерге дейін болатын ультра үлкен интегралды схемалар (УБИС - ультра үлкен интегралды схемалар) алмастырады.

Интеграцияның технологиялық (ТСИ – Технологическая степень интеграции) және функционалдық (ФСИ – Функциональная степень интеграции) дәрежелерін ажыратыңыз. ТСИ-кристалдағы компоненттердің санын көрсетеді; ФСИ-кристалдағы функционалды ұяшықтардың санын көрсетеді.

**7.Микроэлектроника және оның артықшылығы**

***Микроэлектроника***-интегралды схемаларды (ИС) және олардың негізінде радиоэлектрондық аппаратураны зерттеуді, құрастыруды және өндіруді қамтитын электрониканың заманауи бағыты. *Микроэлектрониканың негізгі міндеті*-жоғары сенімділік пен репродуктивтілігі (өнімділігі), төмен қуат тұтынуы және жоғары функционалдық күрделілігі бар микро-миниатюралық аппаратураны құру.

Микроэлектрониканың маңызды технологиялық әдістерінің бірі *интегралды технология* болып табылады, ол бір пластинада бір-бірімен схемалық байланысқан элементтер тобын құруға мүмкіндік береді. Интегралды технологияны қолдана отырып, параметрлері бойынша бірдей функционалды түйіндердің едәуір санын шығара отырып, жоғары өнімді автоматтандырылған қондырғыларда схемалар жасауға болады.

Дискретті компоненттердегі ұқсас схемалармен салыстырғанда интегралды микросхемалардың негізгі артықшылықтары-***шағын өлшемдер, төмен масса және механикалық беріктіктің жоғарылауы.***Оларды өндіруде жоғары өнімді автоматтандырылған жабдықты қолдану арқылы ***аз шығындар*** қажет, қол еңбегін едәуір қысқартуға және компоненттер параметрлерінің сәйкестігіне байланысты схемалардың жақсы сипаттамаларын алуға болады. *Дәнекерленген қосылыстардың санын азайту*, технологиялық операцияларды автоматтандыру және бірыңғай технологиялық циклде жасалған жекелеген элементтердің істен шығу ықтималдығын азайту арқылы ***сенімділікті*** арттыру.

Элементтердің топологиялық өлшемдерінің азаюымикросхемалардың электрлік параметрлерінің жақсаруына әкеледі. Бұл жағдайда негізгі шектеуші фактор, дискретті элементтердегі әдеттегі схемалар сияқты, ішіндегі тізбекті қосылыстар болып табылады, онда сигналдың кешігуі элементтердің қол жеткізілген жоғары жылдамдығын толық пайдалануға мүмкіндік бермейді (яғни, ішкі тізбек арасындағы сигналдың кешігуі жойылса, жоғары жылдамдыққа қол жеткіземіз).

**8. Интегралды схеманың интеграция дәрежесі және тығыздығы**

***Интегралды схема*** (Чип/ микросхема) - белгілі бір түрлендіру, сигналды өңдеу, ақпаратты жинақтау функциясын орындайтын және сынау, қабылдау, жеткізу және пайдалану талаптары тұрғысынан біртұтас тұтастық ретінде қарастырылатын электрлік қосылған элементтердің (немесе элементтер мен компоненттердің) жоғары тығыздығына ие микроэлектрондық өнім.

ИС күрделілігінің критерийі, яғни ондағы элементтер мен қарапайым компоненттердің N Саны k=lgN коэффициентімен анықталатын интеграция дәрежесі болып табылады, оның мәні ең жақын бүтін санға дейін дөңгелектенеді. Мысалы, интеграцияның бірінші дәрежелі ИС (k = 1) құрамында 10 элемент пен қарапайым компоненттер бар, интеграцияның екінші дәрежесі (k = 2) - 10 - нан 100-ге дейін, интеграцияның үшінші дәрежесі (k = 3) - 1000-нан 10000-ға дейін және т. б. Биполярлық технология бойынша жасалған 500 немесе одан да көп элементтері бар немесе МДПтехнологиясы бойынша жасалған 1000 немесе одан да көп элементтері бар интегралды схема үлкен интегралды схема (БИС- Большая интегральная схема) деп аталады. Егер n саны 10 000-нан асса, онда ИС өте үлкен (СБИС - сверхбольшой) деп аталады. СБИС-ті бір кристалда бірнеше жүз мыңнан бірнеше миллион элементтерге дейін болатын ультра үлкен интегралды схемалар (УБИС - ультра үлкен интегралды схемалар) алмастырады.

Интеграцияның технологиялық (ТСИ – Технологическая степень интеграции) және функционалдық (ФСИ – Функциональная степень интеграции) дәрежелерін ажыратыңыз. ТСИ-кристалдағы компоненттердің санын көрсетеді; ФСИ-кристалдағы функционалды ұяшықтардың санын көрсетеді.

ИС технологиясы мен конструкциясының сапасының маңызды көрсеткіші-кристалдағы элементтердің қаптамасының тығыздығы. Тығыздығы дегеніміз аудан бірлігіне келетін элементтер саны. Элементтердің мөлшерін азайтудан басқа, кристалдағы элементтердің тығыздығын арттыру үшін жартылай өткізгіш кристалдың кейбір аймақтарында бірнеше (әдетте екі) функциялардың үйлесуі, сондай-ақ диэлектрлік қабаттармен бөлінген үш өлшемді құрылымдар қолданылады.

*Жартылай өткізгіш микросхемалардың дамуының негізгі тенденциялары интеграция мен өнімділіктің жоғарылауы болып табылады.*

*Элементтердің топологиялық өлшемдерінің азаюы микросхемалардың электрлік параметрлерінің жақсаруына әкеледі. Бұл жағдайда негізгі шектеуші фактор, дискретті элементтердегі әдеттегі схемалар сияқты, ішіндегі тізбекті қосылыстар болып табылады, онда сигналдың кешігуі элементтердің қол жеткізілген жоғары жылдамдығын толық пайдалануға мүмкіндік бермейді (яғни, ішкі тізбек арасындағы сигналдың кешігуі жойылса, жоғары жылдамдыққа қол жеткіземіз).*

**9. Интегралды микросхемалардың күрделілігінің критерийі – интеграция дәрежесі**

Интегралды схема (Чип/ микросхема) - белгілі бір түрлендіру, сигналды өңдеу, ақпаратты жинақтау функциясын орындайтын және сынау, қабылдау, жеткізу және пайдалану талаптары тұрғысынан біртұтас тұтастық ретінде қарастырылатын электрлік қосылған элементтердің (немесе элементтер мен компоненттердің) жоғары тығыздығына ие микроэлектрондық өнім.

ИС күрделілігінің критерийі, яғни ондағы элементтер мен қарапайым компоненттердің N Саны k=lgN коэффициентімен анықталатын интеграция дәрежесі болып табылады, оның мәні ең жақын бүтін санға дейін дөңгелектенеді. Сонымен, интеграцияның бірінші дәрежелі ИС (k = 1) құрамында 10 элемент пен қарапайым компоненттер бар, интеграцияның екінші дәрежесі (k = 2) - 10 - нан 100-ге дейін, интеграцияның үшінші дәрежесі (k = 3) - 1000-нан 10000-ға дейін және т. б. Биполярлық технология бойынша жасалған 500 немесе одан да көп элементтері бар немесе МДПтехнологиясы бойынша жасалған 1000 немесе одан да көп элементтері бар интегралды схема үлкен интегралды схема (БИС- Большая интегральная схема) деп аталады. Егер n саны 10 000-нан асса, онда ИС өте үлкен (СБИС - сверхбольшой) деп аталады. СБИС-ті бір кристалда бірнеше жүз мыңнан бірнеше миллион элементтерге дейін болатын ультра үлкен интегралды схемалар (УБИС - ультра үлкен интегралды схемалар) алмастырады.

Интеграцияның технологиялық (ТСИ – Технологическая степень интеграции) және функционалдық (ФСИ – Функциональная степень интеграции) дәрежелерін ажыратыңыз. ТСИ-кристалдағы компоненттердің санын көрсетеді; ФСИ-кристалдағы функционалды ұяшықтардың санын көрсетеді.

**10.. Интегралды микросхема (чиптер) сериясы**

**Интегралды чиптер сериясы** - бұл әр түрлі функцияларды орындайтын, бірыңғай құрылымдық және технологиялық орындалуы бар және бірлесіп қолдануға арналған ИМС түрлерінің жиынтығы. Бір сериялы интегралды схемалар қуат кернеуі, кіріс және шығыс кедергілері, сигнал деңгейлері және жұмыс жағдайлары бойынша сәйкес келеді. ИСәдетте белгілі бір функционалды мақсаттағы толық электронды түйін болып табылады, оның тиісті белсенді және пассивті элементтері мен компоненттері белгілі бір технологиялық әдістерді қолдана отырып топтық әдіспен орындалады.

Чип түрі құрылымдық - технологиялық және схемалық шешімнің нақты функционалдық мақсаты мен анықтамасын көрсетеді. Чиптің әр түрінің өзіндік конвенциясы бар.

Интеграция дәрежесінің мәніне байланысты келесі ИМС топтары бөлінеді:

- 10-ға дейінгі элементтер санымен интеграцияның бірінші дәрежесі;

- екіншісі-10-нан 100-ге дейін;

- үшінші-100-ден 1000-ға дейін;

- төртінші-1000-нан 10000-ға дейін және т. б.

Айта кету керек, элементтер саны 105 - ке дейінгі чиптер әдетте үлкен деп аталады; 106 - ға дейін - өтеүлкен; 106-дан астам - ультра үлкен.

1 бір кристалдағы элементтер санына байланысты чиптер қарапайым интегралды схемаларға, элементтердің орташа интеграциясына, үлкен интегралды схемаларға және ультра үлкен ИС-ға бөлінеді: МИС -100-ге дейінгі элементтер саны, ОИС -1000-ға дейін, ҮИС - 10000-ға дейін, және ӨҮИС-кристалдағы 1 миллион элементке дейін, ультра үлкен интегралды схема (УҮИС) - кристалда 1 миллиардқа дейін элемент, гигаүлкен интегралды схема (ГҮИС) - кристалда 1 миллиардтан астам элемент.

Қазіргі уақытта УҮИС және ГҮИС атауы іс жүзінде қолданылмайды (мысалы, Itanium 9300 Tukwila процессорларының соңғы нұсқаларында екі миллиард транзистор бар) және 10 000-нан асатын элементтер саны бар барлық тізбектер ӨҮИСкласына жатады, УҮИС -ті оның ішкі класы деп санайды.

**11. Интегралды микросхемалардың жіктелуі**

Қабылданған шартты белгілеу жүйесіне сәйкес шығарылатын интегралды схемалардың барлық әртүрлілігі құрылымдық - технологиялық орындалу бойынша үш топқа бөлінеді: **жартылай өткізгіш, гибридті және басқалар**, соңғы топқа пленка, вакуум және керамикалық IC кіреді.

Интегралды микросхемалардың жіктелуі

***Вакуумдық*** ИС - микротолқынды микротолқынды электр вакуумдық құрылғыларының негізінде құрылған микротолқынды интегралды схемалар.

***Пленкалық*** ИС - да барлық элементтер диэлектрлік негізге (пассивті субстратқа) қолданылатын пленкалар болып табылады. Бұл өнімдерде жеке элементтер мен элементтер аралық қосылыстар диэлектриктің бетінде жасалады, ол әдетте керамика ретінде алынады. Тиісті материалдардан пленкаларды қолдану технологиясы қолданылады.

Қолданылатын пленканың түріне байланысты жұқа пленкалы және қалың пленкалы ИС-ны ажырату әдеттегідей. Бірінші жағдайда пленкалардың қалыңдығы 1 мкм-ден аспайды. Пленкалар вакуумды булану, химиялық тұндыру, катодты бүрку және т. Б қолданады.

***Гибридті ИС*** - де (ГИС) диэлектрлік субстратта, мысалы, пленкалы пассивті элементтер (резисторлар, конденсаторлар) алюминий оксидінен (а12о3) жасалады және әр түрлі технологиялық әдістердің көмегімен бетіне белсенді және пассивтікомпоненттер орнатылады. Осы ИС класының көрсетілген ерекшелігі оның атауын анықтады.

Гибридті интегралды чиптің құрылымы және электр тізбегі

***Жартылай өткізгіш ИС*** - те барлық элементтер мен жасушааралық қосылыстар жартылай өткізгіштің көлемінде және бетінде жасалады (сурет. 1.7). Жартылай өткізгіш монолитті ИС-де тізбектің барлық элементтері (диодтар, транзисторлар, резисторлар және т.б.) белсенді субстрат деп аталатын жартылай өткізгіш материалдың бір кристалы негізінде жасалады (әдетте кремний монокристалы). Қолданылатын белсенді элементтердің түріне байланысты МДП транзисторларына негізделген жартылай өткізгіш ИСнемесе диодқа негізделген немесе Шоттки дмодына негізделген қақпалы транзисторлар ажыратылады шоттар (микроэлектроникада басқарылатын ауысуы бар өріс транзисторлары сирек қолданылады) және биполярлы жартылай өткізгіш ИС, кейінірек жай ИСдеп аталады.

Жартылай өткізгішті интегралды микросхеманың құрылымы

**12. Интегралды схеманың сипаттамалары мен функционалдық мақсаты**

Жоғары жиіліктегі ИС сипаттамалары паразиттік контейнерлердің болуына байланысты нашарлайды. Пассивті элементтер температура коэффициенттерінің үлкен мәндеріне ие. Резисторлардың кедергісі 10-50 кОм, конденсаторлардың сыйымдылығы 200 пФ - тан аз. Интегралды түрде индукторларды құру өте қиын. Дайын Чип қоршаған ортадан оқшаулануы керек. Сыртқы әсерлерден қорғау үшін тығыздау әдісіне сәйкес келесі ИМС топтары бөлінеді:

***- арнайы корпусқа орналастырылған***, оларды дәнекерлеу немесе арнайы байланыс коннекторларының көмегімен орнатуға мүмкіндік беретін корпустық ИМС;

***- корпуссыз ИМС*** - арнайы эпоксидті қосылыспен қапталған және ИМС корпусының рөлін атқаратын баспа платасына тікелей орнатуға арналған.

Функционалдық мақсаты (өңделетін сигнал түрі) бойынша ИС аналогтық және цифрлық болып бөлінеді.

**Сандық чиптер**екі мәнді қабылдайтын дискретті функция заңы бойынша өзгеретін сигналдарды түрлендіруге және өңдеуге арналған - "0" немесе "1" (логикалық элементтер, триггерлер, сақтау құрылғылары, микропроцессорлар және т.б.), яғни сандық ИС дискретті түрде ұсынылған сигналдарды түрлендіруге және өңдеуге арналған.

**Аналогтық чиптер** үздіксіз функциялармен сипатталатын сигналдарды өңдейді (операциялық күшейткіштер, дифференциалды күшейткіш каскадтар, ток қалыптастырушы каскадтар, Шығыс каскадтар, аналогтық сигналдарды интеграциялау құрылғылары және т.б.). Ең көп таралған аналогтық ИС - бұл Операциялық күшейткіш деп аталады, сонымен қатар ультра жоғары жиілікті ИС

**13. MHOП-транзистор**

В МНОП-транзисторе  в качестве подзатворно- го диэлектрика используется двухслойное покрытие, а в каче- стве первого диэлектрика - туннельно прозрачный слой (dox < 50 Ǻ) диоксида кремния. В качестве второго диэлектрика ис- пользуется толстый (d ≈ 1000 Ǻ) слой нитрида кремния. Нит- рид кремния Si3N4 имеет глубокие ловушки в запрещенной зо- не и значение диэлектрической постоянной в два раза более высокое, чем диэлектрическая постоянная диоксида кремния. Ширина запрещенной зоны нитрида Si3N4 меньше, чем шири- на запрещенной зоны диоксида SiO2.

Рассмотрим основные физические процессы, протекаю- щие в МНОП-транзисторе при работе в режиме запоминающе- го устройства.

При подаче импульса положительного напряжения +VGS на затвор вследствие разницы в величинах диэлектрических постоянных оксида и нитрида в оксиде возникает сильное электрическое поле, вызывающее туннельную инжекцию элек- тронов из полупроводника через оксид в нитрид. Инжектиро- ванные электроны захватываются ловушками в запрещенной зоне нитрида кремния.

После снятия напряжения с затвора инжектированный заряд длительное время хранится на ловушечных центрах, что соответствует существованию встроенного инверсионного ка- нала.

При подаче импульса отрицательного напряжения - VGS на затвор происходит туннелирование электронов с ловушек в нитриде кремния в зону проводимости полупроводника (рис. 2.29, в). При снятии напряжения с затвора инверсионный канал исчезает.

**14. *ИМС белгілеу жүйесі***

ИМС негізінде күрделі электронды жабдықтыжасау және құру үшін электронды параметрлербойынша өзара үйлесімді әр түрлі мақсаттағыИМС жиынтығы қажет. Электрондық өнеркәсіп Интегралды микросхемалар сериясын шығарады, яғни.әртүрлі функцияларды орындайтын, бірақ бірдей құрылымдық және технологиялық орындалуы бар және электронды жабдықта бірлесіп қолдануға арналған микросхемалар жиынтығы. Серия қолдану саласы мен мақсатына байланысты ондаған түрлі микросхематүрлерін қамтуы мүмкін.

Қабылданған жүйе бойынша (ГОСТ 17467-88) ИС белгісі төрт элементтен тұруы керек.

Бірінші элемент -конструктивті-технологиялық топқа сәйкес келетін сан: 1, 5, 7-жартылай өткізгіш АЖ (7-белгі корпуссыз жартылай өткізгіш ИС-ға берілген); 2, 4, 6, 8 - гибридті ИС; 3-өзге де ИС(пленкалы, вакуумды және керамикалық және т.б.).

Екінші элемент-микросхема сериясының реттік нөмірін көрсететін 2-4 Сан.

Үшінші элемент - микросхеманыңфункционалды мақсатын білдіретін екі әріп.

Төртінші элемент - осы сериядағы функционалдық белгілері бойынша микросхемаларды әзірлеудің реттік нөмірі. Ол бір цифрдан да, бірнеше цифрдан да тұруы мүмкін.

**15.Жартылай өткізгішті интегралдық** схемалардытехнологиялық өндіру процестері

Жартылай өткізгішті интегралдық схемаларды өндірудің негізгі технологиялық процестеріжартылай өткізгіш материалда жергілікті аймақтар құрылуын, құрылымдар мен схема элементтерінің қалыптасуын айтамыз. Оларға мыналар жатады: легирленген қоспалардың жергілікті диффузиясы кремний, ионды қоспалау және эпитаксиалды өсу кремний пластинасына кремнийдің монокристалды қабаттары, электр өткізгіштігінің қарама-қарсы түріне ие. Ұқсас өнімдер радиотехникада, электроникада, микроэлектроникада, ал сирек электротехникада кездеседі. Жоғарыда айтылғандай, микросұлба белгілі бір функцияны немесе функциялар кешенін орындайды. Ал жеңілдетілген түсінікте келесі қолданбалы мақсаттарды ажыратуға болады: Кіріс сигналын түрлендіру.

**16.**.**Жартылай өткізгішті интегралдық схемалардың қандай түрлері бар?**

Барлық жартылай өткізгішті интегралдық схемалар технологиялық сипаттамалары бойынша екі топқа бөлінеді: тек диффузиялық процестерді қолдану арқылы дайындалған интегралды схемалар және өндірісінде эпитаксиалды өсу, диффузия және қоспалардың иондық енгізу процестері біріктірілген интегралды схемалар. Бірінші топтағы микросұлбаларды жасау технологиясын жазық диффузия, ал екінші топты жазық эпитаксиалды деп атайды. Жазық диффузиялық технологиямен p-n түйісу пайда болатын түпнұсқа монокристалды пластинка диэлектриктің жұқа қорғаныс қабатымен жабылған. Осыдан кейін фотолитография көмегімен бірінші оксидті маска жасалады, ол үшін қажетті p-n түйіспелерінің санына сәйкес қорғаныс қабатында қажетті конфигурацияның тесіктері жасалады.

**17. Жартылай өткізгішті интегралдық схемалар неден жасалынады?**

Көптеген жартылай өткізгішті интегралды схемалар монокристалды кремнийден жасалған, бірақ кейбір жағдайларда германий қолданылады. Бұл кремнийдің германиймен салыстырғанда интегралдық микросхемалардың элементтерін жасау үшін маңызды болып табылатын бірқатар физикалық және технологиялық артықшылықтары бар екендігімен түсіндіріледі. Кремнийде үлкен жолақ саңылауының болуы кең температура диапазонында, төмен ағып кету токтарымен және салыстырмалы түрде жоғары жұмыс кернеуінде жұмыс істейтін интегралды схемаларды құруға мүмкіндік береді.

Әдетте, схеманың әрбір жартылай өткізгіш элементі жартылай өткізгіш материалдың жергілікті аймағына сәйкес келеді, оның қасиеттері мен сипаттамалары дискретті элементтердің (транзисторлар, резисторлар, конденсаторлар және т.б.) функцияларын орындауды қамтамасыз етеді. Белгілі бір элементтің функцияларын орындайтын әрбір жергілікті аймақ басқа элементтерден оқшаулауды талап етеді.

**18.Қалқымалы қақпаны зарядтау механизмі қандай әсерлергенегізделген?**

Қалқымалы қақпаны зарядтау механизмі келесі әсерлергенегізделген. Транзистордың p арнасының MDP қораймағына теріс потенциал беріледі. Терісмещысу ұлғайғансайын ондағы таусылған қабат пен электр өрісі өседі. Сарқылған қабаттың электр өрісінің әсерінен негізгі еместасымалдаушылар - электрондар - ағынды p + аймағынан n-облысқа шығарылады

субстраттар. Өріс қарқындылығының белгілі біркритикалық мәні кезінде N-домендегі электрондардыңкөшкінмен көбеюі мүмкін болады. Осылайша, керімещысқан ағынды n-p түйісуінің таусылғанаймағындағы электр өрісі сублиминатор оксиді арқылықалқымалы қақпаға өту үшін жеткілікті энергия қоры бар жоғары энергиялы ("ыстық") электрондардың едәуірмөлшерін құрайды, өйткені оларға алдын-ала тартылатыноң напряжысу кернеуі беріледі.

Қалқымалы қақпаны электрондармен зарядтағаннан кейін, p типті MDP транзисторының арнасы аймағындаинверсиялық қабат пайда болады, транзистор ашық күйгеөтеді, яғни "0"сақтайды. Қалқымалы қақпа барлық жағынанкремний диоксидімен қоршалғандықтан, қалқымалықақпадағы заряд ұзақ уақыт сақталады.

Зарядтың тұрақтылығын зерттеу 10 жыл ішінде 125 °C температурада да заряд өзінің бастапқы мөлшерінің 30% - на ғана төмендеуі мүмкін екенін көрсетті. МӨЗ-де сақталғанақпаратты өшіру ақпараттық өрісті ультракүлгінсәулелермен сәулелендіру кезінде жүзеге асырылады. Бұлжағдайда сәулеленудің толқын ұзындығы фотондардыңсубстратқа оралу кезінде кері бағытта жүруге қажеттіэнергияны электрондарға беруі үшін жеткілікті болуыкерек. Өшіру үшін жад микросхемасын электрондықұрылғыдан алу керек.

**19.Кері бағытта ығысқан р-п өтпелерін жасау жолымен оқшаулау.**

**Кері бағытта ығысқан р-п өтпелерін жасау жолымен оқшаулау.** Мұнда коллектор электр өткізгіштіктің қарама-қарсы түрі бар төсенішке батырылған. Бұл ретте төсеніш пен әрбір коллектор арасында (р-типті төсеніштегі п-р-п-транзисторлар пайдаланылады) оқшаулағыш транзистор пайда болады.

Кері ығысу р-п-өтпесімен оқшаулау әдісі кері ығысу кезінде өте жоғары меншікті қарсыласуы болу үшін осындай өту қасиетіне негізделеді. Рп-өтпемен оқшаулау бір фазалық тәсіл болып табылады, өйткені материалдың екі жағы және оқшаулағыш қабат шегінде бірдей. Р-п-өтпелі оқшаулау мәні бойынша оқшауланатын элементтер арасында қарсы қосылған екі диодтың қалыптасуына әкеледі.

Оқшаулағыш диодтар айналмалы ығысу астында болуы үшін төсенішке қоректендіру көзінен ең жоғары, айыру әлеуеті беріледі.

Р-п-өтпесімен оқшаулау органикалық түрде кремний интегальды схемалар өндірісінің негізгі технологиялық цикліне жазылады. Оқшаулағыш диффузияны, үштік диффузия, қарама-қарсы диффузия әдістерін пайдаланады. Оқшаулаудың осы тәсілінің кемшіліктеріне р-n-өтпелерде кері токтың болуын және тосқауыл сыйымдылықтардың болуын жатқызу қажет.

Оқшаулағыш p-n-өту осы диффузия кезінде пайда болатын p-облыстардың p-төсенішпен қосылуын қамтамасыз ететін тереңдікке акцепторлық қоспаны диффузиялау жолымен жасалады. Бұл жағдайда эпитаксиалды n-қабат жеке n-облыстарға (оқшаулағыш «қалталар») бөлінеді, онда кейін транзисторлар құрылады. Бұл аумақтар пайда болған p-n-өтпелер кері қосылған жағдайда ғана электрлік оқшауланады. Егер n-p-n-транзистор тұғырығының әлеуеті құрылым нүктелерінің әлеуетінің ең азы болса, оған қол жеткізіледі. Бұл жағдайда p-n-өту арқылы кері ток шамалы және көрші транзисторлардың n-облыстары (қалталары) арасындағы байланыс іс жүзінде жойылады.

Коллекторлық диффузиямен оқшаулау. Бұл ретте p-Si төсенішінде біркелкі эпитаксиалды p-қабат, ал оның астындағы белгілі бір жерлерде жасырын n + — қабат құру бастапқы тәсіл болып табылады. Содан кейін донорлардың диффузиясын маска арқылы жүргізеді және жасырын n + — қабатқа қатысты бүйірлік n + — облыстар жасайды.

p-n-өтпемен оқшауланған интегралды n-p-n-транзистор құрылымынан айырмашылығы p-база және n-эмиттер құру үшін p-типті қалта пайда болады. Жасырын n + — қабаттың және бүйірлік n + — аумақтардың жиынтығы транзисторда К шығарумен коллекторлық аймақ функциясын орындайтын болады. n + — облыстар мен төсеніш арасындағы өту, егер төсеніштің әлеуеті ең аз болса, интегралды схеманың басқа элементінен оқшаулауды қамтамасыз етеді.

**20**.**Оқшаулау түрлері және диэлектрлік оқшаулау.**

Қысқа тұйықталуды және көзделмеген қосылыстардың пайда болуын болдырмау үшін интегралдық схемалардың жекелеген элементтері оқшауланады. Оқшаулаудың мынадай түрлері белгілі:

• Кері бағытта ығысқан р-п өтпелерін жасау жолымен оқшаулау

• Диэлектрлік оқшаулау

• Толық оқшаулау немесе аралас оқшаулау

**Диэлектрлік оқшаулау.** Оны құру үшін изопланарлық процесс қолданылады, ол біраз дәрежеге дейін алдыңғысына ұқсас, бірақ неғұрлым қымбат болғанымен, элементтерді орналастырудың үлкен тығыздығына қол жеткізуге мүмкіндік береді. Химиялық улану кезінде кристалдың коррозиялық анизотропиясына негізделген процесті де пайдаланады; осы әдiстiң көмегiмен интеграцияның жоғары дәрежесiне қол жеткiзуге болады.

Диэлектриктi оқшаулау әдiсi транзисторлық құрылым орналасқан диэлектриктен қалта жасауға келедi. Бұл алдыңғы әдіске қарағанда анағұрлым жетілген, ең алдымен өте аз ағу тогы болғандықтан, р-п өтпелеріндегі кері ток 3-5 ретке аз.

Диэлектриктің қалыңдығын ұлғайта отырып және диэлектрлік өткізгіштігі аз материалды таңдай отырып, паразиттік сыйымдылықтардың мәнін де төмендетуге болады. Диэлектрикада кремний бар. Толық диэлектрлік оқшаулаудың технологиялық процестерінің бірі элементтерді оксидті қабатпен оқшаулауды қамтамасыз ететін эпик-процесс болып табылады.

Диэлектрлік пленкалармен оқшаулау. n- кремнийдің бастапқы пластинасында эпитаксиалды n + - қабат өсіріледі. Пластинаның бетінде 20 - 30 мкм тереңдікке анизотропты шөгумен үшбұрышты (V - түзілген) пішінді жыралар жасалады. Рельефті беті термиялық тотығады, сондықтан қалыңдығы шамамен 1 мкм SiO2 оқшаулағыш пленка шығады.

Содан кейін SiO2 бетіне қалыңдығы 200-250 мкм жоғары көлемді поликристалл кремний қабаты салынады. n-кремнийдің бастапқы монокристалл ағызылған арықтардың шыңдары ашылғанға дейін төменнен тегістеледі, нәтижесінде бір-бірінен оқшауланған монокристалл аймақтары (қалталары) пайда болады. Содан кейін бұл қалталарда интегралдық схеманың элементтері жасалады.

Диэлектрлік төсеніште - диэлектрикада - кремний транзисторлық құрылымдарды құруға байланысты процестер ең көп таралды. Диэлектрлік төсеніш ретінде сапфирді жиі пайдаланады және мұндай оқшаулау тәсілі СҚ - сапфирдегі кремний деп аталады.

Сапфирде қалыңдығы 1-3 мкм n-кремний эпитаксиалды қабаты өсіріледі. «Аралдар» кремнийді сапфирлік төсенішке дейін жергілікті уландырумен құрылады. Аралдарда транзисторлық құрылымдар құрылады. Осыдан кейін аралдар арасындағы ауа саңылаулары оқшаулағыш поликристалдық кремниймен толтырылады, оның бетінде схема элементтерінің қосылыстары жасалады.

Диэлектрикпен оқшаулауды екі фазалық тәсілге жатқызады, себебі бір мезгілде екі фаза - диэлектрик және жартылай өткізгіш пайдаланылады.

Диэлектрлік оқшаулау ағу тогын бірнеше тәртіпке және p-n-өтпемен салыстырғанда меншікті сыйымдылықты ретке төмендетуге мүмкіндік береді. Диэлектрлік оқшаулаудың елеулі кемшілігі дәл тегістеу қажеттілігі болып табылады. Диэлектрлік арқандар тік бұрышты нысанда да болуы мүмкін.

Оқшаулаудың осы тәсілінің кемшіліктеріне бірнеше әртүрлі технологиялық процестерді біріктіру қажеттілігін жатқызу қажет.

**21**. **Толық оқшаулау. Артықшылықтары мен кемшіліктері**

**Толық оқшаулау немесе аралас оқшаулау**диэлектрлік оқшаулау мен оқшаулауды кері орналасқан өтпемен үйлестіреді. Аз паразитті сыйымдылықтарды немесе жоғары радиациялық төзімділікті қамтамасыз ету қажет болған жағдайларда пайдаланылады. Мұнда АЖ әрбір элементі жалпы төсеніштегі технологиялық цикл барысында оқшауланады.

Интеграцияның шағын және орташа дәрежелі жартылай өткізгіш интегралды схема құру кезінде кері қосылған p-n-өтпемен және кремний диоксидінің диэлектрлік пленкаларымен оқшаулау тәсілдері кеңінен қолданылады.

Диэлектрикпен оқшаулау және р-n-өтпемен оқшаулау үйлесетін аралас әдіс транзисторлық құрылымдарды оқшаулаудың ең кең таралған әдісі болып табылады. Бұл ретте оқшаулау p-n-өтпемен құрылымның төменгі жағында және тік бұрышты немесе V бейнелі арықтардың беттерінде SiO2 қабатымен жүзеге асырылады.

Негізгі технологиялық процесс изопланарлық технология болып табылады, оның негізінде кремнийдің жұқа эпитаксиалды қабатының жергілікті тотығуы жатыр. Мұның нәтижесі қалталардың пайда болуы болып табылады, олар диэлектриктен оқшауланған, ал төсеніштерден р-n-өтпемен оқшауланған. Мұндай қалталарда транзисторлық құрылымдар, сондай-ақ интегралдық схемалардың элементтері орналасады.

Изопланарлық процесте жергілікті қышқылдау үшін кремний нитридінен жасалған маскалар пайдаланылады. Бұл технологиялық процесс кристалдағы элементтер қаптамасының үлкен тығыздығын қамтамасыз етуге және транзисторлық құрылымдардың жоғары жиілік және ауыспалы сипаттамаларын алуға мүмкіндік береді.

V-жыралармен бүйірлік диэлектрлік оқшаулау әдісі көп тараған. Бұл технологиялық процесте эпитаксиалды қабаттың өтпелі қышқылдануының орнына (100) жазықтыққа бағдарланған кристалдың бетін жергілікті анизотроптық шаю пайдаланылады.

Бұл жағдайда улану жазықтықта (111) жүреді, себебі (111) қырлары эпитаксиалды қабат шекарасынан төмен келеді. Пайда болған V тәрізді жыралар кремний диоксидімен немесе поликристалл кремниймен толтырылады.

Реактивті ионды улау әдісін пайдалана отырып, жыраның енін азайтып, оны V- дан U- түрге айналдыруға болады.

Мұндай оқшаулау тәсілінің кемшілігі жазықтықты пайдалану (100) болып табылады, бұл беттік ақаулардың жоғары тығыздығымен ұштасады.

МДП-транзисторлық құрылымдарды оқшаулауға және интегралдық схемалардың элементтеріне қойылатын талаптар олардың жұмысының физикалық ерекшеліктеріне байланысты қатаңдығы аз. Оқшаулаудың осы әдістері униполярлық интегралдық схемаларда да пайдаланылады.

**22. Екі қақпалы МДП Транзисторы**

Үлкен ақпараттық сыйымдылықтағы және жоғары жылдамдықтағы ESPPZU SBIS-тің есте сақтау элементтері-бұл екі қақпаға арналған полисиликон пленкаларын қолдана отырып, біріктірілген технология негізінде жасалған қалқымалы және басқарылатын қақпалары бар p-арналы MDP транзисторлары.

2.31-суретте осындай MDP сақтау элементінің құрылымының нұсқасы көрсетілген.

Осы типтегі транзисторлардың басты ерекшелігі-электрлік импульс арқылы ақпаратты өшіру (жинақталған зарядты қалқымалы заттан шығару) процесі. Ақпаратты электрлік өшіретін тұрақты жад құрылғылары ақпараттың барлығын емес, тек бір бөлігін қайта жазуға мүмкіндік береді, ал оны электронды жүйеден бөлшектеу қажет емес.

Сақтау элементін басқару сыйымдылықты байланыстыру арқылы жүзеге асырылады басқару қақпасы-қалқымалы қақпа және қалқымалы қақпа-субстрат. Максималды сыйымдылық байланысына қол жеткізу үшін қосалқы диэлектриктің қалыңдығы қосалқы диэлектриктің қалыңдығына сәйкес келуі керек.

Сурет 2.31. Екі қақпалы МДП-транзистор электрмен өшірілетін МПЗУ: 1 - Басқару қақпасы, 2-қалқымалы құрам, 3-Жұқа туннельді диэлектрик, 4-қақпааралық ди-электрик, 5-алюминий металлизациясы,

6-элементаралық оқшаулау

Транзистордың әртүрлі күйлері қалқымалы қақпадағы зарядпен анықталады. Қалқымалы қақпаны зарядтау екі жолмен жүзеге асырылуы мүмкін:

- "ыстық" электрондарды сублиматорлық диэлектрик қабаты арқылы айдау арқылы;

- диэлектриктің жұқа қабаты арқылы тасымалдаушыларды туннельдеу.

Бірінші жағдайда, қалқымалы қақпаны зарядтау режимінде транзистор арнасында соққы иондануын тудыру үшін жеткілікті үлкен оң кернеу ағызу мен қақпаға бір уақытта беріледі. Ыстық электрондардың саны MDP транзисторының арнасындағы токпен анықталады. Ыстық электрондарды қалқымалы қақпаға айдау басқару қақпасының тартқыш өрісінің әсерінен жүзеге асырылады.

Екінші жағдайда, тасымалдаушыларды туннельмен тасымалдайтын IMS-тегі қалқымалы және басқару қақпаларында жұқа туннельдік ди-электрикке өту аймақтарында қадамдар бар (сурет. 2.31). Қалған электродтардағы нөлдік кернеу кезінде жоғарғы қақпаға оң полярлық кернеу берілгенде, өзгермелі қақпаға сыйымдылық байланысы арқылы оң кернеу беріледі. Бұл жағдайда электрондар туннельдік диэлектриктен өтіп, қалқымалы қақпаны зарядтайды. Керісінше, ағынды суларға, көздерге және оң кернеудің субстратына нөлдік кернеу кезінде басқару қақпасында қалқымалы Қақпаның разряды пайда болады. Айта кету керек, бұл құрылымда ақпаратты селективті түрде өшіру қиын.

Егер туннельдік өткел аймағы ағынды сулардың үстінде орналасса, сайлау (байт) жазбасынан басқа, қалқымалы қақпа мен ағынды сулардың арасындағы потенциалдар айырмашылығының әсерінен таңдамалы өшіру де жүзеге асырылуы мүмкін. Матрицалық диск пен басқару схемасы арасындағы айырбастау мақсатында сақтау элементі n типті субстратта пайда болған р-қалтаға орналастырылады.

**23. Зарядталған құрылғыларды сипаттаныз**

Зарядталған құрылыстар (CCD nemese CCD ағылшын Charge Coupled Device) функционалды электроника (Ufe) құрылысының тышқаны үлкен табылады. CCD ойлап тапты Bell Laboratories 1970 жыл ол бастапқында жад және ақпарат өнеу құрылысын ретінде пайдаланылды. Қазығыуақтыта CCD негизинен жарықты электрмен сигналына түрлендіргіштер болып табылады. Мундай түрлендіргіштер бейнеқамералды және сандықкамералды қолданылы (digital camera -«photosmart»).CCD-де ақпарат беру аударым арқалы жүзеге асырлады- sa зарядтары. Белсенді ортасы жартылай өткізгіш үлкен табылады фильм. Ақпарат тасымалдаушысы-қан ұю заряды (таң жаңа пакет), дәстүрлі интегралды электрден айырмашылы- бақпарат тасымалдаушы-ток немесеайырмашылдық әлеуеті Болат троника- цилов. Зарядтардың ұйығыштары жер бетіне жақынына об-да қозғалады.- жалайлы өткізгіш пластинаның жүзгіштері, басқарған түрдеқызғалады- ся және қажетті түрді түркірленді. Мысалы, сызықтарда кідірістер ақпарат жазуың келесі ви де жүргіз- де: "1" - қан ұйығышының заряды, " 0 " - қан ұйығышының заряды жок. CCD келесі ерекшеліктермен сипатталады:

- сандық және аналогтық жүйемен жұмыс іссапар-

ақпаратпен ұлау, демек, құруүмкіндігі

олардың негизинде сандық және аналогтық құрылыстары;

- ақпарат сақтаудағы және өңдеудегі функциялардың үйлесімі-

циял;

- жарқын ағын электрге түрлендіруүмкіндігі-

үштік заряд, содан кейін оқу, және тергеушісі-

бірақ, теледидар түрленділігін құруымүмкіндігі

суреттермен;

- топологиялық қарапайымдық, теңдік және тұрақты-

элементтердің тиісінше және жоғары жылдамдықпен-

жейді.

Суретта. 2.32 CCD сұрыптары ұлыған және

беттік CCD-бұлақ беткі арнасы бар CCD-

зарядтау пакетінің мұрындары, көлемді ПЗС-көлемді арнасы бар

тасымалдау

CCD қарапайым MDP жиынты- жалпы жартылай өткізгіш астында қалыптасқанқұрылымдар-

оларе бір-біріне әсеріңді еркетіндей ертіп қасықшы-

электрөрістерінің өзара әрекеттесі.

CCD жұмыс қағидаты пайда болуына негизделгенген, -

потенциалдар шонқырларда зарядтау пакеттерін алу және алу,

қолдану кезіндежартылай өткізгіштің бетіндеде пайда болғаным-

сырты басу кернеулерінің ЭЛЕКТРОДТАРЫНА ҒЗИ.

CCD - ніңқарапайым құрылымым суреттеөрсетілген. 2.33, қосұлы

оныңөлеңкеленген фрагменттері потенциалы шұңқырлар болып табылады,

электронды шоғырыммен толтырылған, ягни теріскөл-

зарядпен

**24. ЗБҚ (заряд байланысты құрылғылар) қолданылуын сипаттаңыз.**

Заряд байланысты құрылғылар сандық және аналогтық ақпаратты сақтау және өңдеу үшін әртүрлі жүйелерде қолданылады. ЗБҚ сандық және аналогтық ақпаратты өңдеуге мүмкіндік береді, атап айтқанда: аналогтық және цифрлық жинақтау, бөлу және сигналдарды күшейту; қажетті салмақ коэффициенттерімен бұзбай оқу мүмкіндігі; зарядтау пакеттерін бірнеше рет енгізу және шығару мүмкіндігі. ЗБҚ-ның сандық, аналогтық және фотосезімтал түрлері бар.Аналогтық ЗБҚ-ға кідіріс сызықтары (КС), сүзгілер, аналогтық процессорлар кіруі керек.Фотосезімтал ЗБҚ (ФЗБҚ) – бұл өте перспективалы процессорлар. ФЗБҚ - бұл оптикалық кескінді электр сигналына айналдыруға арналған функционалды электрониканың өнімі, оның әрекеті жарықтың әсерінен зарядтау пакеттерін жарықтың бетіне немесе жартылай өткізгіштің ішіне қалыптастыруға және тасымалдауға негізделген.Сызықтық және матрицалық ФЗБҚ бар.Сызықтық ФЗБҚ-да фотосезімтал элементтер бір қатарда орналасқан. Интеграцияның бір кезеңінде сызықтық ФЗБҚ кескінді қабылдайды және оптикалық кескіннің бір жолын электрлік (сандық) сигналға айналдырады. Матрицалық ФЗБҚ - бұл фотосезімтал элементтер матрицаға жолдар мен бағандар бойынша ұйымдастырылған зарядты тасымалдайтын фотосезімтал құрылғылар. Сандық ЗБҚ дискретті функциялар түрінде сигналдарды өңдеуге арналған және оларды арифметикалық-логикалық ақпаратты өңдеуге арналған құрылымдарға және ақпаратты сақтауға арналған құрылымдарға бөлуге болады – сақтау құрылғылары. Сандық ЗБҚ-да ығыстырурегистрлерін, логикалық және арифметикалық құрылғыларды, сақтау құрылғыларын қосуға болады. Оларда ақпарат қақпа астындағы потенциалды шұңқырға локализацияланған зарядтардың екі деңгейімен ұсынылады. Логикалық бірліктің күйі шұңқырдағы максималды заряд пакетімен, логикалық нөлдің күйі зарядтың болмауымен немесе фондық зарядтың мөлшерімен анықталады. ЗБҚ сандық құрылғылары динамикалық типтегі құрылғылар болып табылады, өйткені ақпаратты қалпына келтіру қажеттілігі туындайды.

**25. Интегралды биполярлы транзисторлардың параметрлері және өндірісі.**

Біріктірілген биполярлы транзисторлар жазық немесе жазық-эпитаксиалды технологияны қолдану арқылы жасалады. Диффузия әдісімен кристалда коллекторлық, негіздік және эмитенттік аймақтар құрылады (2.7-сурет). Суретте транзистор секцияда және жоспарда көрсетілген. Транзистордың құрылымы кристалға 15 микроннан аспайды, ал бетіндегі транзистордың сызықтық өлшемдері бірнеше ондаған микрометрден аспайды.

Әдетте, транзисторлар n-p-n түрінен жасалған. Коллектордағы n+ қоспалардың жоғары концентрациясы бар ішкі (жасырын) қабат коллектор аймағындағы кедергіні және, демек, қуаттың жоғалуын азайтуға қызмет етеді. Бірақ коллекторлық қосылыс үшін коллекторлық аймақта түйіспенің қалыңдығы үлкенірек болуы үшін қоспалардың аз концентрациясы болуы керек. Сонда оның сыйымдылығы аз болады, ал бұзылу кернеуі жоғары болады. Қарсылықты азайту және инъекцияны арттыру үшін эмитент аймағы да жиі n+-типті жасалады. Транзистордың үстінде SiO2 оксидінің қорғаныс қабаты жасалады. Берілген транзисторды байланыстырушы сызықтарды кесіп өтпей көрші элементтерге қосу үшін жиі екі терминал коллекторлық және базалық аймақтардан (2.7-сурет) жасалады.

Жартылай өткізгішті ИС биполярлы транзисторлардың типтік параметрлері келесідей: негізгі ток күшеюі 200, кесу жиілігі 500 МГц дейін, коллектордың сыйымдылығы 0,5 пФ дейін, коллекторлық қосылыс үшін бұзылу кернеуі 50 В-қа дейін, эмитенттік қосылыс үшін 8 В дейін. n- және p-қабаттары кедергісі бірнеше жүз, ал p+-қабаттары 20 Ом артық емес.

Кейбір паразиттік элементтердің жартылай өткізгіш ИС-де әрқашан түзілетініне назар аудару қажет. Мысалы, суреттен. 2.7 p-типті кристалда құрылған pnpтранзисторымен қатар кристалдан, коллекторлық аймақтан және транзистордың базалық аймағынан түзілетін паразиттік pnp транзисторы бар екені анық. Ал n-p-n транзисторы кристалмен бірге паразиттік n-p-n-p тиристорын құрайды. Оқшаулағыш торапта кері кернеудің болуына байланысты паразиттік транзисторлар мен тиристорлар әдетте құлыпталады, бірақ оларға қандай да бір кедергі импульстері енсе, бұл элементтердің қажетсіз құлпын ашу және жұмыс істеуі мүмкін.

**26. p-n өту өрісі әсерлі транзисторлар туралы айтыңыз.**

p-n өтуі бар өрістік транзисторлардың (немесе MOSFET)негізгі сипаттамалары:

MOSFET түрлері: MOSFET-тің екі негізгі түрі бар - N-арна (N-MOS) және P-арна (P-MOS). Олар токты басқаруға қатысатын заряд тасымалдаушылардың (электрондар немесе саңылаулар) түріне қарай ерекшеленеді.

Затвор арқылы басқару: сток және исток арасындағы ток ысырма кернеуімен басқарылады. Затворға оң кернеуді беру транзистордың өткізгіштігін арттырады (ON күйі), ал теріс кернеу оны өткізбейтін етеді (OFF күй).

Артықшылықтары: MOSFET жоғары кіріс кедергісіне ие, бұл оны шағын басқару сигналдарымен үлкен токтарды басқару үшін тиімді етеді. Ол сондай-ақ жоғары ауысу жылдамдығына және төмен қуат тұтынуға ие.

Қолданбалар: MOSFET электроникада кеңінен қолданылады, соның ішінде қуат күшейткіштері, инверторлар, қуатты басқару қосқыштары және токты басқару қажет басқа қолданбалар.

Транзисторлық режим: MOSFET жұмыстың үш негізгі режимінде болуы мүмкін - қанықтыру аймағымен (saturation), кесу аймағымен (cutoff) және көңіл-күй аймағымен (триод). Жұмыс режимі қақпа кернеуіне және сток пен исток арасындағы кернеуге байланысты.

MOSFET транзисторларының конструкциясы бойынша биполярлы транзисторларға қарағанда (олардың өлшемдері мен алып жатқан ауданы салыстырмалы түрде аз, оларды оқшаулаудың қажеті жоқ) және электрофизикалық параметрлері бойынша (төмен шу деңгейі, шамадан тыс токқа төзімділік, жоғары кіріс кедергісі және шуға төзімділік, төмен) айтарлықтай артықшылықтарға ие. қуаттың шығыны, төмен құны). MOS транзисторы MOS микросұлбаларының негізгі және жалғыз элементі бола алады. Ол белсенді құрылғылардың (инверторлардағы кілттік транзистор, күшейткіш транзистор) және пассивті элементтердің (инвертордағы жүк транзисторы, жады элементіндегі конденсатор) функцияларын орындай алады. Сондықтан, MOS микросұлбаларын жобалау кезінде сіз тек бір элементпен - MOS транзисторымен жұмыс жасай аласыз, оның дизайн өлшемдері және коммутация тізбегі орындалатын функцияға байланысты болады. Бұл жағдай интеграциялық дәрежеде айтарлықтай пайда әкеледі.

**27. КМОП транзисторлары.**

Кейбір ИС-лар n- және p-арналы MOSFET жұптарынпайдаланады. Мұндай жұптар комплементарлытранзисторлар (КМОП немесе KMDP) деп аталады. «Комплементарлы» «толықтауыш» дегенді білдіреді(ағылшынша complementary). Қосымша транзисторларкілттік (цифрлық) тізбектерде қолданылады және өте аз ток тұтынуымен және жоғары өнімділігімен сипатталады. Сондай-ақ биполярлы және MOS транзисторлары біржалпы чипте жасалған ИС бар.

Мұндай құрылымдарда индукцияланған арналары бар транзисторлар қолданылады. Қосымша құрылымдардыңайрықша ерекшелігі қоректендіру және басқару кернеулерінің қарама-қарсы полярлығы болып табылады

Сенімділік пен танымалдылық тұрғысынан диэлектрліксубстратта, мысалы, сапфирде жүзеге асырылатын КМОП транзисторларына артықшылық беріледі. Бұл транзистор аймақтары мен субстрат арасында паразиттіксыйымдылық муфталары болмаған кезде ағып кету токтары жоқ транзисторларды алуға мүмкіндік береді. Бұл технология транзисторлардың өнімділігін арттыруғажәне олардың негізінде радиацияға төзімді интегралдысхемаларды жасауға мүмкіндік береді.

Олар транзисторлардың екі түрін қамтиды: NMOS (N-арна MOSFET) және PMOS (P-арна MOSFET), олар бір-бірін толықтырады.

КМОП транзисторларының аз қуат тұтынуы, жоғарыинтеграция тығыздығы, жоғары жылдамдық пенсенімділік сияқты бірнеше артықшылықтары бар. Оларлогикалық және басқару функцияларын орындау үшінқазіргі микропроцессорларда, микроконтроллерлердежәне басқа да интегралды схемаларда кеңіненқолданылады.

NMOS және PMOS транзисторлары бірге кері логикалыққұрылғыны құрайды, бұл оларды цифрлық тізбектердіқұру үшін өте қолайлы етеді. Сонымен қатар, олардыаналогтық қосымшалар үшін де пайдалануға болады.

**28..Интегралдық схемалардағы диод қандай мақсатта қолданылады?**

Интегралды схемалардағы диодтар электр сигналдарын ауыстыру, электр тогын түзету және сигналдарды анықтаудың бірқатар логикалық функцияларын орындауға арналған. Бұрын IC диодтары электр өткізгіштігінің әртүрлі типтері бар екі аймақтың құрылымы түрінде, яғни кәдімгі pn түйісу түрінде жасалған. Соңғы жылдары диод ретінде диодпен жалғанған биполярлы транзисторлар қолданыла бастады. Интегралды диод ретінде транзисторлық құрылымның кез келген p-n өтуі, сондай-ақ олардың комбинациясы пайдаланылуы мүмкін. Бұл өндіріске қолайлы болып шықты. Транзистордың диодтық қосылуының бес нұсқасы бар.

**29. Интегралды стабилитрон не үшін жасалды?**

Ол қажетті тұрақтандыру кернеуіне және оның температуралық коэффициентіне байланысты әртүрлі нұсқалардағы интеграцияланған транзистордың құрылымы негізінде құрылуы мүмкін. В - Е диодының кері қосылуы (2 - 5) мВ/°С температуралық коэффициентімен 5 - 10 В кернеуді алу үшін қолданылады. Диод көшкіннің бұзылуы режимінде жұмыс істейді.

BE-K диодының кері ауысуы 3 - 5 В кернеуді алу үшін қолданылады, температура коэффициенті (2 - 3) мВ/°С. Тура бағытта тізбектей жалғанған бір немесе бірнеше BC-E диодтары 2 мВ/°С температура сезімталдығымен 0,7 В немесе оның еселі кернеуін алуға мүмкіндік береді. базалық және эмитенттік қабаттар негізінде қалыптасатын температуралық компенсацияланған стабилдік диодтар, n+ қабаттар арасында кернеу берілгенде, бір түйіспе көшкіннің бұзылуы режимінде, ал екіншісі тікелей қосылу режимінде жұмыс істейді. Бұл екі ауысудың температуралық сезімталдығы белгі бойынша қарама-қарсы, сондықтан мұндай стабилдік диодтың температуралық сезімталдығы 2 мВ/°С төмен.

Транзисторлық құрылымдарды диод ретінде қосуға арналған эквивалентті схемалар диодтардың сипаттамаларына айтарлықтай әсер ететін диодтың меншікті сыйымдылығын және паразиттік сыйымдылықты қамтиды.

Диодтың бұзылу кернеулері қолданылатын қосылыс түріне байланысты. Егер қатты легирленген эмитент аймағы бар шағын эмитент торабы пайдаланылса, онда бұзылу кернеулері аз болады. Керісінше, ұзартылған, жеңіл легирленген коллекторлық түйінді пайдаланған кезде бұзылу кернеулері айтарлықтай жоғары.

Тұтастай алғанда, интегралды схемалар үшін ең жақсы нұсқа - базаға тұйықталған коллекторы бар базалық-эмиттерлік өткелге негізделген BK - E типті құрылымдар және ашық тізбекті коллекторы бар базалық эмитенттік түйінге негізделген B - E типті құрылымдар.

**30. Біріктірілген MDP транзисторлы диодтары?**

Интегралды MDP транзисторлы диодтары сонымен қатар электрөткізгіштіктің әртүрлі типіндегі астарлардағы индукцияланған арнасы бар транзисторлардың pn түйіспелері негізінде қалыптасады. Көптеген IC-лер біріктірілген қосылыс диодтарына қарағанда кішірек және жылдамырақ Шоттки тосқауыл диодтарын жақсы көреді. Шоттки диодтары донорлық қоспамен легирленген металдан кремнийге қосылатын байланыс болып табылады.

Жазық Шоттки диодтары үшін жобалық шешімдер: 1 - Шоттки тосқауылын құрайтын металл; 2 - омдық контактіні құрайтын металл.

- кремнийдің p+ аймағынан қорғаныс сақинасы бар конструкция шеттердегі күшті электр өрістерін жояды (a);

- кеңейтілген электроды бар Шоттки диоды бұзылудан сақтайды (b);

- түзеткіш және омикалық контактілері бар конструкция (в).

Тосқауылдың биіктігі қолданылатын металға байланысты. Алюминий әдетте элементтер аралық қосылыстар үшін пайдаланылғандықтан, оны Шоттки диодтары бар интегралды транзисторлардағыдай Шоттки диодтарын қалыптастыру үшін қолданған жөн. Бұл диодтардың потенциалдық тосқауыл биіктігі шамамен 0,7 В, бірақ олардың параметрлерінің қайталану мүмкіндігі төмен.

келесі элементтерді білдіреді:

1 - n - жартылай өткізгішпен Шоттки тосқауылын құрайтын металл;

2 - n+- аймағымен омикалық жанасуды қамтамасыз ететін металл. 1 және 2 түйреуіштер Шоттки диодының өткізгіштері болып табылады. Жоғары сапалы Шоттки диодтары үшін алюминийдің орнына платина мен никель қорытпасы қолданылады, ол кремниймен силицидтік қабат түзеді. Тосқауыл биіктігі әлдеқайда төмен (0,53-тен 0,59 В-қа дейін) диодтар тантал мен вольфрам қорытпасын пайдалана отырып алынады.

**31.** **Интегралдық схемалардағы көп эмиттерлі транзисторлардың пайда болуын сипаттаңыз.**

1. Кәдімгі транзисторлардан басқа, сандық жартылай өткізгішті IC-де көп эмиттерлі транзисторлар (МЭТ) да қолданылады. Көп эмитентті n-p-n транзисторлары жоғарыда қарастырылған бір эмитентті транзисторлардан, ең алдымен, олардың базалық аймағында бірнеше (әдетте 4 - 8) эмитенттік аймақтардың құрылуымен ерекшеленеді. Мұндай транзисторлардың конструкциялық принципі және олардың диаграммалардағы көрінісі 2.19-суретте көрсетілген. Мысалы, үш эмиттерлі транзистор алынады. Мұндай транзисторды үш эмитенттердің кез келгеніне тікелей кернеу импульсін қолдану арқылы ашуға болады. Әрбір эмитент құлыпты ашу импульсінің өз көзіне қосылған. Мұндай кернеу импульсінің кіріс импульстерінің басқа көздеріне еніп кетпеуі маңызды, өйткені қазіргі уақытта жұмыс істемейтін эмитенттердің түйіндері кері кернеуде болады. Айта кету керек, көп эмиттерлі транзисторда жұмысшы эмиттер базалық және басқа көршілес эмитентпен бірге паразиттік транзисторды құрайды. Соңғысының әсерін азайту үшін іргелес эмитенттер арасында кемінде 10 микрон қашықтық жасалады, яғни мұндай паразиттік транзистордың салыстырмалы түрде қалың негізі бар.

MET қолданудың негізгі саласы транзисторлы-транзисторлық логиканың (TTL) сандық микросұлбалары болып табылады. Бұл микросұлбаларда олар кірісте қосылады және m + 1 диодтардан тұратын диодтық логикалық ұяшық функциясын орындайды, мұнда m - ТТЛ тізбегінің кірістері болып табылатын эмитенттердің саны. Көп эмиттерлі транзисторды жеке n-p-n транзисторларының жиынтығы ретінде көрсетуге болады (2.20-сурет), олардың саны эмитенттердің санына тең. Бұл транзисторлардың барлық базалық терминалдары, сондай-ақ коллектор терминалдары бір-бірімен қосылған.

TTL тізбектерінде MET пайдаланудың негізгі ерекшелігі - тізбектің кез келген күйінде оның кірісіне қосылған МЭТ коллекторлық түйіні алға бағытта ығысқан. Демек, жеке транзисторлар кері режимде немесе сәйкес эмитенттегі кернеуге байланысты қанықтыру режимінде болады. Көп эмиттерлі транзисторлар сияқты көп коллекторлы транзисторлар (MCTs) қолданылады. Олардың құрылымы мен символдық графикалық белгіленуі суретте көрсетілген. 2.21. Көп коллекторлы транзистордың (MCT) құрылымы «супер интеграцияланған» деп аталатын инъекциялық логикасы (I2L) бар ИК-тің негізгі құрылымдық бірлігі болып табылады, өйткені оларда p-n-p және n-p-n транзисторларының құрылымдары бір-бірімен біріктірілген. Бір транзистордың коллекторы бір уақытта басқа транзистордың негізі ретінде қызмет етеді. 51 Бұл дизайн беттік аумақты айтарлықтай үнемдеуге әкеледі, өйткені қосымша оқшаулау аймақтары немесе өзара қосылыстар қажет емес.

**32. Шоттки диодты транзистордың конструкциясын толық сипаттаңыз.**

Шоттки тосқауыл транзисторы - коллекторлық қосылыс Шоттки диодымен шунтталатын биполярлы транзистор. Шоттки диодының (DS) металдан жартылай өткізгішке контактісі бар және түзеткіш қасиеттері бар. Оның артықшылығы диффузиялық сыйымдылықтың жоқтығы болып табылады және осыған байланысты диодтың жұмыс жиілігі 15 ГГц-ке жетеді. Суретте. 2.23-суретте Шоттки тосқауыл транзисторының тізбегі және осындай транзистордың жартылай өткізгіш ИС-дегі құрылымы көрсетілген. Онда алюминий металлизациясы p-типті негізмен түзетілмейтін контактіні қамтамасыз етеді, бірақ түзеткіш контакт жасайды, яғни n-типті коллекторы бар Шоттки диоды. Мұндай транзистор коммутатор режимінде жұмыс істегенде өнімділік айтарлықтай артады. 53 Транзистор ашық күйден жабық күйге жылдамырақ өтеді.

Электрлік схемалардағы Шоттки диоды бар транзистор үшін суретте көрсетілген арнайы графикалық таңба қолданылады. 2.24, б. p-тәрізді негіз қабатында орналасқан алюминий қабаты онымен омикалық байланыс жасайды. Салыстырмалы түрде жоғары кедергісі бар коллектор аймағымен шекарадағы алюминий қабаты түзеткіш контакт - Шоттки түйісуін қамтамасыз етеді. Шоттки диоды транзистордың коллекторлық түйініне параллель қосылған болып шығады. DS бар транзисторларды қолданудың негізгі саласы өнімділігі жоғары цифрлық микросұлбалар болып табылады. DS бар транзисторларды пайдалану транзистор қанықтыру режимінде жұмыс істейтін жағдайларда ғана оң нәтиже беретінін ескеріңіз, мысалы, TTL тізбектерінде.

D-MIS транзисторының конструкциясы индукцияланған арнасы бар кәдімгі MOS транзисторындағыдай қақпаның бастапқы және ағызу аймақтарымен жоғары дәлдікте туралануын қажет етпейді. Осыған байланысты, фотолитографиялық процестің шектеулі рұқсат ету мүмкіндіктерінің өзінде арна ұзындығы 0,4 - 1 мкм болатын MIS құрылымдарын енгізу мүмкін болды. Екі p-n түйісу арасындағы саңылауда p-типті электрөткізгіштігі бар кремнийдің бетке жақын аймағында қысқа арна түзіледі. Қанықтыру режиміндегі арна мен дренаж арасындағы таусылған n аймақта канал арқылы өткен электрондар дренаждың n + аймағына іргелес кеңістіктік заряд аймағына айдалады және күшті электр өрісінде дренажға қарай жылжиды. Дәл осындай дрейф аймағы кәдімгі MOS транзисторларында Uc > Uc us нүктесінде бар. Осылайша, конструкциялардағы айырмашылықтарға қарамастан, D-MIS транзисторларының жұмыс принципі биполярлық технологияның (екі p-n өтуі арасындағы қысқа қашықтық) және MIS құрылымдарын жасау технологиясының (қалыңдығы аз, ақаулығы төмен жіңішке қақпалы диэлектрикті қалыптастыру) жетістіктерін пайдаланады. және тығыздық бетінің күйлері). Эпитаксиалды құрылымдарды пайдалана отырып D-MIS транзисторларын құру бір субстратта олардан оқшауланған биполярлы n-p-n транзисторларын және D-MIS транзисторларын құруға мүмкіндік береді, бұл аналогты (мысалы, операциялық күшейткіштер) және де өндіру үшін ерекше маңызды болып табылады. логикалық микросұлбалар Бұл құрылымның кемшілігі кристалдағы элементтердің төмен тығыздығы болып табылады, бірақ олардың бірегей қасиеттеріне байланысты бұл типтегі транзисторлар жоғары жұмыс кернеуі бар жоғары жылдамдықты коммутациялық құрылғыларда және жоғары қуатты құрылғыларда қолданылуы мүмкін.

**33. Басқару түйіні бар өрістік транзисторларды сипаттаңыз.**

Металл-жартылай өткізгішті басқару түйіні бар өрістік транзисторлар (қысқартылған MEP, PTS немесе шетел әдебиетінде MESFET - металл-жартылай өткізгіш өріс эффектісі транзисторы) галлий арсенидінің микросұлбаларының негізгі белсенді элементтері болып табылады. Олардың дамуының негізгі мақсаты өнімділікті арттыру болды. Галлий арсенидінің сандық микросұлбалары ультра жоғары жылдамдық класына жатады, ал аналогтары, әдетте, ультра жоғары жиілік диапазонында жұмыс істеуге арналған. MEP транзисторының ең қарапайым құрылымы суретте көрсетілген. 2.26. Транзистор қоспаланбаған галлий арсенидінің 1 субстратында жасалған. Қоспаланбаған галлий арсениді р-типті әлсіз өткізгіштікке ие. Оны азайту үшін монокристалдарды өсіру кезінде акцепторлардың әсерін өтеу үшін хром атомдары кейде аз мөлшерде енгізіледі. Мұндай материалдан жасалған субстраттардың кедергісі жоғарылады және жартылай оқшаулағыш деп аталады.

Каналдағы донор концентрациясы 1017 см-3. Әдетте легирленген қоспалар (донорлар) ретінде кремний, селен, күкірт және т.б.қолданылады.3-қабаттың үстіндегі субстрат бетіне металл қақпа элементі 4 қолданылады, мысалы, титан-вольфрам қорытпасы, металл электродтары түрінде. 5, ол үшін алтын-германий композициясы пайдаланылады, ол көз және дренаж аймақтарына омикалық байланыстарды қамтамасыз етеді. Контактілер үшін пайдаланылмайтын субстраттың бетіне диэлектрик 6 қабаты, мысалы, кремний диоксиді қолданылады. Металл қақпа электроды 3-қабатпен түзеткіш Шоттки контактісін құрайды, оның контакт потенциалының айырымы 0,8 В. Көз бен дренаж арасындағы өткізгіш арна 3 қабатта орналасқан және жоғарғы жағында Шоттки тосқауылының сарқылған аймағымен шектелген. , ал төменгі жағында субстрат арқылы. Индукцияланған арнасы бар кремнийлі MOS транзисторларынан айырмашылығы, MEP транзисторындағы паразиттік қақпа-көзі және қақпа-дренаждық сыйымдылықтары өте аз, өйткені қақпа 2-аймақты қабаттамайды. Сонымен қатар, ағызу-субстрат және бастапқы-субстрат тосқауыл сыйымдылықтары сонымен қатар кішкентай. Субстрат жартылай оқшаулағыш болғандықтан, ондағы қоспалардың концентрациясы өте төмен, ал түйіспелердің сарқылу аймағының қалыңдығы үлкен.

**34.Металл-нитрид-оксид-жартылай өткізгіш (MNOS) өтпелі деп нені айтады және оның жұмыс принципі?**

MDP-дегі ең кең таралған ROM-

транзисторлар жоғарыға жету мүмкіндігіне байланысты

біріктіру дәрежесі және сәйкесінше үлкен ақпарат

сыйымдылығы, сондай-ақ энергияны аз тұтынуға байланысты

gii. Микропроцессорлық жүйелер үшін қайта бағдарламаланатын жады құрылғылары болуы қажет: қайта бағдарламаланатын

тек оқуға арналған жад құрылғылары (PROM), онда ақпарат

формация бірнеше жылдар бойы сақталуы мүмкін және оларда болады

бұл ақпаратты толығымен немесе ішінара өшіру мүмкіндігі

сонымен қатар жаңасын әкеліңіз.

PPZU енгізу үшін MDP- қажет

транзистор, онда ол қайтымды болуы мүмкін

кірістірілгенді өзгерту арқылы шекті кернеуді өзгертіңіз

диэлектрлік зарядта th.

LSI PROM элементтерінің базасы:

- металл-нитрид-оксид құрылымы бар MOS транзисторлары

жартылай өткізгіш (MNOS – транзистор);

- көшкін инъекциялық MOS транзисторлары бар

іске қосу қақпасы (LPZMDP транзисторлары);

- қалқымалы және басқару қақпалары бар MOS транзисторлары

рами (қос қақпалы MOS транзисторы).MNOS транзисторында шлюз ретінде

диэлектриктің, екі қабатты жабын пайдаланылады, және

бірінші диэлектрикте – туннельді-мөлдір қабат (dox <

50 Ǻ) кремний диоксиді. Екінші диэлектрик ретінде біз қолданамыз

Кремний нитридінің қалың (d ≈ 1000 Ǻ) қабаты қолданылады. Нит-

Silicon Ride Si3N4 тыйым салынған алтында терең тұзақтарға ие

Емес және диэлектрлік өтімділік мәні екі есе үлкен

Кремний диоксидінің диэлектрлік өтімділігінен жоғары.

Si3N4 нитридінің жолақ аралығы жолақ саңылауынан кіші

SiO2 диоксидінің жолақ саңылауында.

+VGS оң кернеу импульсін қолданғанда

Диэлектрик мәндерінің айырмашылығына байланысты қақпаға

Оксидте тұрақты оксид пен нитрид күшті болады

Электр энергиясының туннельдік айдалуын тудыратын электр өрісі

Трондар жартылай өткізгіштен оксид арқылы нитридке дейін. Инъекция

Ванна электрондары тыйым салынған тұзақтармен ұсталады

Кремний нитриді аймағы.

Қақпадан кернеуді алып тастағаннан кейін айдалады

Заряд ұзақ уақыт бойы тұзақ орталықтарында сақталады, бұл

Кіріктірілген инверсиялық арнаның болуына сәйкес келеді

Nala. Теріс кернеу импульсі қолданылғанда - VGS

қақпандағы электрондар қақпаға туннельденеді

кремний нитриді жартылай өткізгіштің өткізгіштік зонасына. Кернеу қақпадан жойылған кезде инверсиялық арна

жоғалады.

**35Интенралды резистор дегеніміз не?**

Интегралды резистор-электр тізбектерінде тізбектің жеке бөліктері арасында ток пен кернеудің қажетті таралуын қамтамасыз ету үшін қолданылатын электр кедергісі мен топологиясы бар интегралды схема элементі.

Жартылай өткізгіш IMS-те резисторлардың рөлін транзистор құрылымының бір аймағының легирленген жартылай өткізгіш аймақтары атқарады. Резисторлар кіріктірілген Транзисторлар мен диодтармен бірге бір Технологиялық процесте орындалады.

Резистордың номиналды мәнін топологиялық параметрлерді, резистордың пішін коэффициентін немесе дене ұзындығының еніне қатынасын, сондай - ақ технологиялық параметрлерді-резистордың материалын және оның қалыңдығын таңдау арқылы алуға болады.

**36.Диффузиялық резистор неден тұрады?**

Диффузиялық резисторлар транзисторлық құрылымның эпитаксиалды қабатында жасалады. Қажетті мәнге және өндірістің дәлдігіне байланысты диффузиялық резисторлар эмитенттік, базалық немесе коллекторлық аймақтарда жасалуы мүмкін.

Көбінесе диффузиялық резистор транзисторлық биполярлық құрылымның негізгі аймағында қалыптасады. Бұл қабатты таңдау эмитенттік аймақта өндіруге қажетті үлкен геометриялық өлшемдердің арақатынасы және резистор әлсіз легирленген коллекторлық аймақта жасалған болса, резистордың жоғары температураға төзімділік коэффициенті болып табылады

Технологияны жеңілдету үшін биполярлы транзисторлардағы жартылай өткізгіш чиптерде резисторлар ретінде HS = 100-300 Ом/ə кедергісі бар P типті негізгі қабаттар кеңінен қолданылады.

**37.Интегралды конденсатор дегеніміз не?**

Интегралды конденсаторлар-бұл диэлектрикпен бөлінген өткізгіш электродтардан (пластиналардан) тұратын және тізбектің жеке элементтері арасында ток пен кернеудің қажетті таралуын қамтамасыз ету үшін электр тізбектерінде қолдануға арналған интегралды схема элементтері.

Конденсатордың сыйымдылығы диффузиялық және тосқауыл компоненттері бар ауысу сыйымдылығымен анықталады. Негізгі рөлді тосқауыл сыйымдылығы атқарады.

Сыйымдылығы төмен конденсаторлар ретінде басқа элементтер де қолданылады. Жартылай өткізгіш интегралды микросхемалардағы конденсаторлардың рөлін біртұтас технологиялық процесте транзисторлық құрылым негізінде жасалған кері р-п-контактілер атқарады

**38.Көп қабатты металдандыру туралы не білесіз**

Көп қабатты металдандыру кезінде чиптегі металдың бірінші қабаты диэлектрик қабатымен жабылады, содан кейін металдың екінші қабаты қолданылады. Металл қабаттар арасындағы байланыс бөлу диэлектрикіндегі тесіктер арқылы жүзеге асырылады. SiO, SiO2 және Al2O3-ең көп таралған аралық диэлектриктер. Алюминий оксиді анодты тотығу арқылы жасалады. Қажетті оқшаулауды қамтамасыз ету және тері тесігін жою үшін диэлектрлік пленкалардың минималды қалыңдығы 0,5 мкм құрайды. Қазіргі уақытта металлизацияның тек екі қабаты кеңінен қолданылады, бірақ үш немесе тіпті төртеуін қолдануға болады. Көп қабатты металдандыру металдандырылған жолдардың ұзындығын азайтуға және олардың конфигурациясын жеңілдетуге мүмкіндік береді

**39. диффузиялық секіргіштер**

Диффузиялық секіргіштер жартылай өткізгіштердің қиылысын қоспағанда, қажет болған жағдайда екі қабатты металдандырусыз жасауға мүмкіндік береді. Суретте. 3.9, б MDP транзисторларындағы тізбектерде бір қабатты металдандыруда қолданылатын n типті диффузиялық секіргішпен ұсынылған. R арналы MDP транзисторларындағы тізбектер секіргіштерді жасау үшін R типті диффузиялық аймақты пайдаланады, ол P + секіргіштің кедергісіне емес, қабаттың кедергісіне ие. Биполярлы транзисторлық чиптерде секіргіш үшін N + - бөлек аймақта орналасқан қабат қолданылады. Көпір алып жатқан аймақ минималды геометриялық өлшемдері бар транзистордың ауданына тең. Секіргіштің геометриялық өлшемдеріне байланысты енгізілген кедергінің мөлшері 5-15 Ом құрайды. Өткізгіштердің IMS жұмыс параметрлеріне әсері, ең алдымен, сигнал беру жылдамдығының соңғы мәнімен байланысты, нәтижесінде өткізгіштің бір ұшына қолданылатын кернеуді оның ұзындығы бойынша барлық нүктелерге бірден беру мүмкін емес.

**40**. **Өткізгіш арқылы сигналдың таралу жылдамдығы**

Өткізгіш арқылы сигналдың таралу жылдамдығы оның параметрлерімен ғана емес, сонымен қатар өткізгішті қоршаған ортаның салыстырмалы диэлектрлік өткізгіштігімен де анықталады. Егер орта ауа болса, ондағы сигналдың таралу жылдамдығы жарық жылдамдығына тең. Өткізгіштігі біреуден көп диэлектрлік ортаның болуы сигналдың таралу жылдамдығының диэлектрлік өткізгіштіктің квадрат түбіріне шамамен кері пропорционалды төмендеуіне әкеледі. Нәтижесінде IMS жартылай өткізгіш және пленка сигналының таралу жылдамдығы вакуумдағыдан шамамен екі-үш есе төмен. Жылдам әрекет ететін IMS-те жеке логикалық элементтердің ауысу уақыты бірнеше наносекундқа жетеді, ал жасушааралық қосылыстардың кешігуі құрылғылардың жылдамдығын айтарлықтай төмендетуі мүмкін. Осылайша, жобалау кезінде олар IMS элементтерін орналастырудың максималды тығыздығына қол жеткізуге тырысады. Металдандырылған жолдарға паразиттік элементтер жатады: сыйымдылық кедергісі және индуктивтілік. Көршілес өткізгіштер арасында олардың өзара индуктивтілігі мен сыйымдылығымен анықталатын байланыс болуы мүмкін. Осы байланыстың арқасында сигнал бір өткізгіште болған кезде ол көрші жерде кедергі ретінде пайда болады. IMS жобалау кезінде мұндай байланыстардан аулақ болу керек, әйтпесе кедергі негізгі сигнал деңгейіне жетуі мүмкін және құрылғы жұмыс істемеуі мүмкін. Үлкен ток тығыздығында (100 А/мм2-ден астам ) металл атомдарының электродтардың біріне көшуі мүмкін (сурет. 3.10).

Жылу қозғалысы процесінде металл иондары кристалдық торда тұрақты емес позицияларды иеленуі мүмкін. Жылу қозғалысы процесінде иондардың интеродтар бойымен қозғалысы, бос орындарды құру және толтыру жүреді. Бұл иондардың өзін-өзі диффузиялау процесі. Электрондардың дрейфі болған кезде олар иондарды итереді. Иондардың бағытталған қозғалысы жүреді. Иондарды электрондардың дрейфімен сіңіру "электронды жел" деп аталады, ал электрондар ағынының әсерінен металл иондарының бағытталған қозғалысы электромиграция деп аталады. Көші-қон оң электродқа өтеді. Шинаның біркелкі емес қалыңдығымен көші-қон процестері айтарлықтай артады. "Электронды жел 87" әсерінен шинаның жұқа бөлігі жойылғанға дейін жұқарады

**41. Микроэлектроника дамуының негізгі тенденциясы қандай?**

Жауап:

Алдымен біз Микроэлектрониканың не екенін жəне нені білдіретінін анықтап алайық.

Микроэлектроника-бұл микроэлектрондық өнімдерді зерттеу, жобалау, өндіру жəне пайдалану мəселелерін қамтитын ғылым саласы, ал микроэлектрондық өнім жоғары интеграцияланған электронды құрылғы деп түсініледі.

Микроэлектрониканы қолдану саласы есептеу техникасы мен ғарыштық жүйелерден тұрмыстық техникаға дейін созылады.

\* Микроэлектроника дамуының негізгі тенденциясы \* чиптердің интеграция дəрежесін арттыру болып табылады. Мур Заңына сəйкес, ең жоғары жылдамдықты процессорлардағы транзисторлардың шартты саны екі жылда екі есе артады. Əрине, бұл тенденция мəңгіліккесақталмайды жəне ХХ ғасырдың 90-жылдарынан бастап əр түрлі сарапшылар микроэлектроника өзінің дамуында СБИС жəне УБИС кристалдарының мөлшерін ұлғайтудың технологиялық шегіне де, компоненттерді кристалға орналастырудың "тығыздығын" одан əрі арттыруға да жақындады деген ойды мезгіл-мезгіл айтады.

Микроэлектрониканың дамуы минималды өлшемдері 25 мкм болатын бірнеше ондаған компоненттері бар чиптерді шығарудан басталды, Бүгінде Мур Заңына сəйкес бұл көрсеткіш шамамен 22 нм миллиардтаған компоненттерді құрайды. Чиптің қарқынды дамуына байланысты ауысу жылдамдығы, интеграция тығыздығы, жүйелерді чипте іске асыру мүмкіндігі сияқты Чип көрсеткіштері жақсарады.

Микроэлектрондық бұйымдарды жобалау жəне өндіру кезінде шешуге тура келетін көптеген дизайн жəне технологиялық мəселелердің ішінде бес негізгі мəселені ажыратуға болады.

1) бірінші кезекте интегралды схемалар элементтерінің мөлшерін азайту жəне өңделетін субстраттардың ауданын ұлғайту мəселесі тұр.

2) Микроэлектрониканың өзекті мəселелерінің қатарында екінші орында ішкі қосылыстар мəселесі тұр. Субстратқа орналастырылған Чип элементтерінің үлкен саны сигналдар бойынша белгілі бір операциялардың сенімді жəне дұрыс орындалуын қамтамасыз ететін етіп бір-бірімен ауыстырылуы керек.

3) үшінші орында жылу тарату мəселесі тұр.

4) төртінші тізімде субстрат ақауларының проблемасы көрсетілуі керек.

5) Тізімдегі соңғы, бірақ, мүмкін, маңыздылығы бойынша бірінші болып параметрлерді бақылау проблемасы аталуы керек.

Қазіргі уақытта аталған мəселелердің əр тобын шешу жолында белгілі бір жетістіктерге қол жеткізілді. Əзірлемелердің сапалы жаңа деңгейіне көтерілуге мүмкіндік беретін конструкторлық-технологиялық шешімдерді əзірлеу жəне практикалық іске асыру СБИС жəне УБИС интеграция дəрежесін арттырудың шешуші мəні болып табылады. Мұндай шешімдерге тəн мысал ретінде бір Жартылай өткізгіш аймақта бірнеше қарапайым элементтердің функцияларын біріктіретін функционалды интеграцияланған элементтерді заманауи VLSI-де қолдануға болады (мысалы, транзисторда коллекторлық жүктеме мен коллектордың өзін біріктіруге болады).

**42.Есептеу литографиясының əдістеріне не жатады**

Есептеу литографиясы-бұл фотолитография арқылы қол жеткізілген ажыратымдылықты жақсартуға арналған Математикалық жəне алгоритмдік тəсілдер жиынтығы.

Яғни, бұл белгілі бір толқын ұзындығында үлкен ажыратымдылыққа немесе аз бұрмалануға қол жеткізу үшін сызбасы жарықтың толқындық қасиеттерін ескере отырып есептелген маскаларды қолдану.

Мұндай алғашқы бағдарламалар 80-ші жылдардың басында жазылған жəне тек маска үлгісін оңтайландыру үшін қолданылған, өйткені есептеу қуатының жетіспеушілігі ауданды бірнеше шаршы микроннан модельдеуге мүмкіндік берді. 1998 жылға қарай 180 нм-ге көшу кезінде компьютерлердің қуаты едəуір өсті, бұл дəлірек алгоритмдер мен модельдерді қолдануға мүмкіндік берді. Қазіргі заманғы технологиялық нормалар үшін мыңдаған процессорлар мен апталық есептеулер қажет, олар ең күрделі IC талап ететін ондаған маскаларға арналған сызбаларды есептейді.

\* Есептеу литографиясының негізгі əдістеріне фазаны ауыстыратын маскалар (PSM) жəне оптикалық жақындықты түзету (OPC) жатады.

Біріншісінің мəні масканың жеке пикселдерінің қалыңдығын олардың мөлдірлігін өзгерту үшін түзету болып табылады, бұл олар арқылы өтетін жарықтың фазасын өзгертеді. Нəтижесінде экспозицияланған жəне экспозицияланбаған аймақтар арасында үлкен контраст пайда болады, бұл ажыратымдылықты арттырады. Жақындықты оптикалық түзету процесі фазалық жылжымалы маскалар технологиясынан түбегейлі ерекшеленеді. Негізінде, бұл екі əдіс бір-бірімен мүлдем байланысты емес. Литографияның ең үлкен кемшіліктерінің бірі-фотомаскадан сурет бұрмаланған фоторезистке ауысады. Мысалы, алынған сызықтардың ені көбінесе осы сызықтардың жанындағы үлгінің тығыздығына байланысты. Нəтижесінде, алынған жолақтар, əдетте, тар болады жəне маскадағыдай емес. OPC технологиясы бұрмалануды түзетуге жауап береді. Оның көмегімен мұндай фотомаска жасалады, нəтижесінде барлық элементтер қажетті позицияларда орналасады.

оптикалық жақындықты түзету мысалы (орs)

**43.Микроэлектрониканың екінші мəселесі неде?**

Микроэлектрониканың өзекті мəселелерінің қатарында екінші орында ішкі қосылыстар мəселесі тұр. Субстратқа орналастырылған Чип элементтерінің үлкен саны сигналдар бойынша белгілі бір операциялардың сенімді жəне дұрыс орындалуын қамтамасыз ететін етіп бір-бірімен ауыстырылуы керек. Бұл мəселе бірінші деңгейде логикалық қақпалар пайда болған кезде көп деңгейлі сымдардың көмегімен шешіледі, екіншісінде-триггер түріндегі жеке сандық түйіндер, үшіншісінде - жеке блоктар (мысалы, регистрлер) жəне одан əрі функционалдық күрделіліктің жоғарылауы.

Ғалымдар ұзақ уақыт бойы алюминийдің орнына мыс өзара байланысын қолданғысы келді, өйткені Мыстың меншікті кедергісі аз. Бұл дегеніміз," мыс " чиптері аз жылу шығарады жəне тезірек жұмыс істейді, өйткені транзисторлармен басқарылатын токтың аз бөлігі басқа транзисторлардың ауысуына емес, жылытуға кетеді. Алайда, егер электр желілерінде жəне басқа сымдарда мыс бұрыннан қолданылса, онда микроэлектроника ондаған жылдар бойы осындай пайдалы металды енгізе алмады. Себебі, мыс одан əрі қыздыру процестерінде тұндырылғаннан кейін, ол негізгі элементтерге, əсіресе кремнийге таралады, бұл тіпті "мыс улану"терминін алды.

Мысалдардың ішінде 3D корпусын атап өткен жөн-Чип кристалдарын жəне басқа микротехнологиялық өнімдерді корпустау əдісі, онда кристалдар Кристалл жазықтығынан тыс электр сымдарымен бір-бірінің үстіне орнатылады. Əдіс интеграция дəрежесін арттыруға мүмкіндік береді, яғни.өнімнің бірдей ауданында бір-біріне орнатылған бірнеше кристалдарды қолдану арқылы оның өнімділігін едəуір арттырады.

**44. «Больше, чем Myр» технологиясы**

"My-ден көп" (more then Moore) - бұл дәстүрлі жартылай өткізгіш технологиялар мен қосымшалардан тыс технологиялар арқылы жүзеге асырылатын микро және наноэлектрониканың жаңа саласы. Бұл бағыт әртүрлі сандық емес функционалды компоненттерді цифрлық чиптерге құруды және біріктіруді көздейді. Жаңа технологиялық мүмкіндіктермен және практикалық қосымшалардың шексіз әлеуетімен ынталандырылған "Мурдан үлкен" бағыт көптеген микро және наноэлектрондық жүйелерді құруға бағытталған.

\* More than Moore құрылғылары-бұл интеграцияланған элементтердің келесі нұсқалары бар чиптегі жүйелер кешені: CMOS логикасы, кіріктірілген жедел жады, аналогтық интерфейстер, тұрақты емес жад, MEMS процессорлық микро ядролары, NAMS, сенсорлар.

• "Мурдан артық" (more than Moore) - бұл тек CMOS компоненттерін ғана емес, сонымен қатар микроэлектромеханикалық жүйелерді (MEMS), наноэлектромеханикалық жүйелерді (NAMS), сенсорлық жүйелерді, чиптегі жүйелерді құру сияқты стандартты емес функцияларды орындайтын элементтерді бір чипте біріктіру.

**45."CMOS-тан тыс" (CMOS - тан тыс)**

бұл игеру

нанотехнологиялар, жаңа материалдар.

\* Жартылай өткізгіш аспаптарды дамытудың халықаралық технологиялық картасына сәйкес (International Technology

Roadmap for Semiconductors, ITRS), топологиялық тәртіп нормалары бар чиптер өндірісін игеру жоспарланған болатын

2010 жылға қарай 20 нм. Бүгінде жартылай сымды өнеркәсіптің әлемдік алыптары 10-14нм техно - логикалық процесс туралы әңгіме жүргізуде. Интегралды технологиялар осындай топологиялық өлшемдерден асып кеткенде, жаңа құрылғылар мен есептеу әзірлемелері стандартты CMOS құрылғыларын ультра жоғары интеграциялық чиптермен ауыстыруды және толықтыруды қажет етеді. Жаңа дамып келе жатқан технологиялар электроника өнеркәсібін кремний наноөткізгіштеріне негізделген транзисторларды наноөлшемді молекулалық құрылғылармен ауыстыруға бағыттайды.

\* Электрондық функциялардың нано-деңгейдегі физикалық ерекшеліктерге аса сезімталдығы тек Әдістеменің дәлдігіне ғана емес, сонымен қатар наноматериалдар мен наноқұрылғыларды әзірлеуге және жобалауға арналған арнайы жабдыққа да елеулі талап қояды.

**46. Интегралды және гетерогенді жүйелер қауіпсіздік жүйелеріне қалай әсер етеді?**

Осы типтегі интегралды жүйелер мен гетерогенді жүйелер қауіпсіздік жүйелеріне (қозғалыс датчиктері, дабыл жүйелері) және коммуникацияға (сымсыз байланыс жүйелері, мобильді жүйелер), медициналық жабдықтарға, ақылды үй құралдарына (интеллектуалды басқару жүйелері: климаттық бақылау, жарықтандыру және электр қуатын басқару, үй маңындағы инфрақұрылым) және энергетикаға (баламалы жүйелер) жаңа перспективалар ашады энергия алу әдістері) және т.б. бүгінгі күні More than Moore технологияларына негізделген үлкен нарық қалыптасты. Және бұл нарық тез өсуде. Өнімдер. more than Moore технологиялары бойынша орындалған даму үшін негізгі болып табылады және олардың белсенді дамуы үшін технологиялық база бар.

\* Аналогтық функцияларды мамандандырылған CMOS чиптеріне біріктіру құны бойынша оңтайландырылған жүйелік шешімдерді жүзеге асыруға мүмкіндік береді

**47.** **Микротолқынды техника СВЧ қайда қолданылады?**

Микротолқынды техника күнделікті өмірде, ғылыми зерттеулерде, байланыс және ақпаратты өңдеу жүйелерінде, әсіресе арнайы қолдануда кеңінен қолданылады. Микротолқынды құрылғыларды кеңінен қолдану, ең алдымен, жоғары жиілікті сәулеленуді тар сәулеге шоғырландыру мүмкіндігімен байланысты. Болашақта бұл үнемді байланыс жүйелерін, мақсатты анықтау және сүйемелдеу радиолокациялық станцияларын құруға мүмкіндік береді. Микротолқынды диапазонның үлкен ақпараттық сыйымдылығы байланыс арналарының санын тығыздауға, теледидар арналарының көп арналы берілуін ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Осы аталған мәселелердің көпшілігін микроэлектроника әдістері мен технологиясымен тиімді шешуге болады. Соңғы уақытта қатты күйдегі микротолқынды электроникаға және атап айтқанда микротолқынды диапазондағы монолитті IMS-ке қызығушылық айтарлықтай өсті. Бұл қызығушылық спутниктік хабар тарату мен байланыстың электронды жабдықтарын, ұшақтар мен зымырандардың борттық электроникасын (азаматтық және арнайы қолдану), радиолинейлік желілерді, байланыс жабдықтарын, Жылжымалы объектілерді және т. б. дамыту қажеттілігінен туындайды. Монолитті микротолқынды микроэлектрониканы дамытудың маңызды ынталандыруларының бірі фазалық антенналық торлар (фаралар) техникасын дамытуға деген қызығушылықтың артуы болып табылады, оларды жасау үшін көптеген (мыңдаған және ондаған мың) бірдей типтегі арзан трансивер модульдері қажет.

**48.Монолитті микротолқынды интегралды схемалардың негізгі материалы қандай?**

Монолитті микротолқынды интегралды чиптердің (MЗИС) негізгі материалы қазіргі уақытта галлий арсениді болып табылады. Алайда, галлий арсенидінің және оның негізіндегі транзисторлардың технологиясы жеткілікті түрде дамымағандықтан,микротолқынды қатты күйдегі интегралды электрониканың алғашқы дамуы гибридті интегралды схемалар болды, қалың пленкалы немесе жұқа пленкалы, кремний биполярлы транзисторлары бар, көбінесе корпуссыз.

Микротолқынды пеш технологиясы тек цифрлық технологияда орнатылған интегралды схемалар (БИС немесе СБИС) арасындағы тақтадағы қосылыстарды қамтамасыз ету үшін қолданылады. Сонымен қатар, мұндай қосылыстардың паразиттік параметрлерінің өнімділікке теріс әсерін атап өтуге болмайды. Микротолқынды технологияда қалың пленка технологиясын салыстырмалы түрде төмен жиілікті және тар жолақты (20% дейін) құрылғылар үшін пайдалануға болады.

Микротолқынды ИС-нің көпшілігі кең жолақты (1 : 2 немесе 67% немесе одан да көп диапазондағы жиілік коэффициентімен), сондықтан гибридті нұсқада жұқа пленкалы микротолқынды құрылғыларға артықшылық беріледі. Жұқа пленкалардың қалыңдығы диапазонның төменгі жиілігіндегі тері қабаттарының үш-бес қалыңдығымен анықталады (тері қабатының қалыңдығы бетінен ток тығыздығының көлемге 2,7 есе төмендеуімен анықталады). Нәтижесінде мұндай пленкалардың қалыңдығы 7,5 мкм-ге дейін жетеді. Егер біз жұқа пленкалы гибридті және монолитті технологияларды салыстыратын болсақ, онда соңғысы жақсырақ. Алайда, монолитті технология көп уақытты қажет етеді. Күтілетін артықшылықтардың бірі гибридті ИС-мен салыстырғанда монолитті ИС-нің салыстырмалы түрде төмен құны болуы керек. Бұл фактор бір жағынан өндірістің едәуір меншікті объектілерімен және екінші жағынан гибридті технологиядағы көп уақытты қажет ететін және қымбат тұратын "жеке" құрастыру операцияларының айтарлықтай үлесімен анықталады.

**49.Микротолқынды чиптердің элементтік базасы туралы не білесіз?**

Кез-келген электронды жабдықта пассивті және белсенді элементтер, өзара байланыс желілері ажыратылатыны белгілі. Дәстүрлі микроэлектроникада өзара байланыс желілері алюминий жолақтары түрінде жасалады және интегралды схемаларда оларды құру проблемалары интеграцияның жоғары деңгейіне дейін болмайды. Тағы бір нәрсе - микротолқынды диапазондағы өзара байланыс. Микроэлектрондық аппаратурада қосылыстардың иерархиялық деңгейлері ажыратылады. Нөлдік құрылымдық-технологиялық деңгей жасушааралық қосылыстардан тұрады. Олар схемада пассивті және белсенді элементтерді белгілі бір функциялармен байланыстырады. Бірінші деңгей микротолқынды диапазондағы гибридті чиптердегі қосылыстардан тұрады, олар тақтада корпуссыз чиптерді, ілулі белсенді және пассивті электр радиоэлементтерін байланыстырады. Өзара байланыстың екінші деңгейіне қосылатын өткізгіштер жатады гибридті (чиптер, корпусталған чиптер, дискретті электрорадиоэлементтер ұяшықтар немесе 118 микроқұрамдар. Өз кезегінде, әдетте, бұл деңгейлердің өзара байланысы микрожолақты секіргіштер немесе жолақты-коаксиалды түйіспелер болып табылады. Ұяшықтар немесе микроқұрылғылар, сондай-ақ электрорадиоэлементтер микротолқынды секіргіштер немесе жартылай қатты кабельдер түрінде жасалған үшінші деңгейлі қосылымдар арқылы микротолқынды блоктарға ауыстырылады. Өзара байланыстың келесі деңгейлерінде микроэлектрониканы қызықтырмайтын микротолқынды кабельдер қолданылады.

Микрожолақты сызықтар (MPL) физикалық электроника тұрғысынан өте қызықты. MPL-жоғары диэлектрлік өткізгіштігі бар h қалыңдығы бар субстратта орналасқан ені W, тікбұрышты қимасы бар таспа түріндегі өткізгіш. Субстраттың артқы жағы металдандырылған және Жерге тұйықталған (сурет. 5.1, а). Мұндай дизайндағы микрожолақ сызығы W / h коэффициентіне және Е массасының мәніне, сондай-ақ шығын коэффициентіне, дисперсияға және шекті берілетін қуатқа байланысты толқындық кедергіге ие. Микротолқынды диапазондағы құрылғыларды жобалау кезінде MPL геометриялық өлшемдерін өзгерту қажет болады, бұл MPL гетерогенділігі деп аталады. Микротолқынды диапазондағы пассивті элементтерге резисторлар, конденсаторлар және индуктивтілік жатады. Микротолқынды диапазондағы токтың электр кедергісінің әсері ауа кеңістігінде, диэлектрлік материалдарда, кристалдар арасындағы оксидті пленкаларда пайда болатын контейнерлердегі микротолқынды желілердің гетерогенділігінде пайда болады (сурет. 5.1, б). Микротолқынды диапазондағы Чип конденсаторлары MPL негізінде де жасалады. Шағын номиналдарды (бірнеше PF) MPL үзілістерінен алуға болады (сурет. 5.1, в), ал үлкендері тарақ конденсаторы түріндегі құрылым түрінде жүзеге асырылады. Сыйымдылығы 10 пФ-тан асатын конденсаторларды алу үшін көп қабатты құрылымдар қолданылады.

**50.Негізгі емес медиа инъекциясы қалай жүреді**

Негізгі емес тасымалдаушылардың инъекциясы тікелеймещысу кезінде пайда болады р — р-түйісу, гетеро — түйісу немесе металл-жартылай өткізгіш түйісу байланыстағы потенциалдар айырмашылығының төмендеуіне байланысты. Инъекцияланған негізгі емес тасымалдаушылар жартылай өткізгішке рекомбинациямен анықталған тереңдікке енеді, ол шаманың реті бойынша әлсіз сыртқы диффузиялық ұзындыққа сәйкес келеді. нөл және дрейф ұзындығы бар (қараңыз) заряд тасымалдаушылардың дрейфі) күшті өрістерде. Негізгі емес тасымалдаушылардың инъекциясы жартылай өткізгіш диодтың, транзистордың және т.б., жартылай өткізгіш құрылғылардың әсерінің негізінде жатыр. Стационарлық және өтпелі процестерді зерттеу И. н.з. тасымалдаушылардың қозғалғыштығын зерттеуге, сондай-ақ концентрацияларды, энергетикалық заттарды анықтауға мүмкіндік береді. жоғары омды жартылай өткізгіштер мен диэлектриктердегі қоспа орталықтарының орналасуы мен секциялары. Инъекциялық токтардың өтуі жұқа диэлектриктегі зарядты тасымалдау механизмдерінің бірі болып табылады. фильмдерде

**51.Тікелей қосылатын гетероқұрылымның аймақтық энергетикалық диаграммасы**

Гомоөткізгіште эмиттерден енгізілген негізгі емес заряд тасымалдаушылардың концентрациясы олардың эмиттердегі концентрациясынан аспауы керек. Тікелей сыртқымещысу кезінде, ауысу ашық болған кезде және ол арқылы ток ағып жатқан кезде гетероперацияның аймақтық диаграммасын қарастырыңыз

Бұл жағдайда жүйе тепе-тең емес. Мұндай жағдайларда Фермидің стационарлық деңгейі жоқ және заряд тасымалдаушылардың концентрациясы Ферми квази деңгейлері арқылы сипатталады.

**52.Заряд тасымалдаушы инъекция деп не аталады?**

Инъекция-жартылай өткізгіш гомо - және гетеро-ауысуларда байқалатын физикалық құбылыс, онда электр тогы p-n-ауысу арқылы тікелей бағытта өткен кезде өтуге іргелес аймақтарда тепе-тең емес ("енгізілген") заряд тасымалдаушылардың жоғары концентрациясы пайда болады.

Негізгі емес тасымалдаушылардың инъекциясы байланыстағы потенциалдар айырмашылығының төмендеуіне байланысты p-n-түйісуге, гетеротүйілуге немесе металл - жартылай өткізгіш түйіспеге тікелеймещысу кезінде пайда болады.

Тепе-тең емес заряд тасымалдаушылар жартылай өткізгіштің басқа жартылай өткізгішпен немесе металмен жанасуы нәтижесінде, сондай-ақ жарықтың (фотоинжекция) немесе электр өрісінің (көшкін және туннель инъекциясы) және т. б

Сұйықтықтар мен газдарда заряд тасымалдаушылар теріс (катиондар деп аталады) және оң (аниондар) иондар болып табылады. Егер катиондар саны көп болса, олар ток бағытына қарай жылжиды. Егер аниондар басым болса, олардың қозғалысы ток бағытына сәйкес келеді.

**53.Электрондардың қозғалғыштығы жоғары транзисторлық құрылым**

(HEMT - High Electron Mobility Transistor) - жоғары жиілікті өрістік транзисторларды жобалау кезінде қысқа арна ұзындығы үшін қажетті арнадағы тасымалдаушылардың концентрациясының жоғарылауымен ұтқырлықтың төмендеуі мәселесі туындады. HEMT-дегі қақпа диэлектрикінің рөлін кең аралық жартылай өткізгіш (AlGaAs) атқарады, ол жолақтар үзілген кезде энергетикалық диаграмманың қисаюына байланысты жоғары дәрежелі легирлеу кезінде де электрондардан толық таусылған күйінде қалады. HEMT каналының қалыңдығы өте аз. Төмен эффективті электрон массасында (0,067 м0) бұл гетер қабат шекарасына нормаль бағытта электрон қозғалысының күшті квантталуына және арақашықтығы айтарлықтай үлкен болатын энергетикалық ішкі жолақтардың пайда болуына әкеледі. HEMT шекті кернеуі dH қалыңдығымен және AlGaAs гетероқабатының қоспалану дәрежесімен анықталады. HEMT нұсқасы инверттелген құрылымы бар құрылғылар болып табылады. Кері HEMT-де арна түзілетін тар саңылаулы GaAs қабаты бөгет контактісі мен кең саңылаулы AlGaAs гетероляты арасында орналасады.

**54. Псевдоморфтық және метаморфтық құрылымдар (p-NET және m-NET)**

GaAs негізіндегі жоғары электрондардың қозғалғыштығы бар транзисторлардың мүмкіндіктерін жүзеге асырудағы күрделі кедергілердің бірі AlGa1-xAsx құрамында алюминийдің жоғары деңгейінде электрондар үшін терең тұзақтардың болуы болып табылады. Перспективті InGaA қосылыстары,

 InGaP, InAlAs және InP,

бұл HEMT сипаттамаларын айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік берді. Ең жақсы сипаттамалар InP субстратта (InGaAs/InP құрылымы) псевдоморфты HEMT-де алынды. p-HEMT In0.53Ga0.47As/InP ең қарапайым құрылымы мен энергетикалық диаграммасы. InP субстраттарының жоғары құны GaAs субстратында AlInAs/InGaAs құрылымы бар метаморфты HEMTs (m-HEMTs) дамуын ынталандырды. Қазіргі уақытта m-HEMT сипаттамалары InP субстратындағы p-HEMT сияқты жақсы. Сонымен қатар, микротолқынды жиіліктерде GaAs субстраты InP-ге қарағанда айтарлықтай жақсы диэлектрлік қасиеттерге ие.

Материалдардың біреуінің қабаты жеткілікті жұқа болса, онда ол серпімді деформациялар түріндегі серпімді кернеу энергиясын белгілі бір шекке дейін жинақтауға қабілетті. Мұндай қабат ретінде кванттық ұңғыманы жасайтын тар аралық материалды қолданған жөн.

Осы құрылым негізінде жасалған транзисторлар псевдоморфты HEMT (p-HEMT) деп аталады. Интерфейстегі екі өлшемді электронды газ қабатының түзілуі

AlGaAs/InGaAs онымен бірге пайдалануға мүмкіндік береді

Құрамында алюминий аз AlGaAs (\* = 0,15).

InP субстраттарының жоғары құны GaAs субстратында AllnAs/InGaAs құрылымы бар метаморфтық HEMTs (m-HEMTs) дамуын ынталандырды.

**55.GaN субстраттарындағы HEMT**

Жоғары қуатты микротолқынды құрылғыларда, сондай-ақ ауыр жұмыс жағдайында жұмыс істеуге арналған құрылғыларда пайдалану үшін кең аралықтағы жартылай өткізгіш қосылыстарға негізделген транзисторлар - GaN және SiC - айтарлықтай артықшылықтарға ие. HEMT AlGaN/GaN құрылымы схемалық түрде суретте көрсетілген. 6.6. Тар саңылаулы AlGaN қабатында 2DEG арнасы қалыптасады. Жиілік және күшейту қасиеттері бойынша AlGaN/GaN HEMTs A3B5 қосылымдарына негізделген транзисторлардан төмен, бірақ ток тығыздығы, қуат тығыздығы және ағызу көзінің жұмыс кернеуі бойынша соңғысынан айтарлықтай жоғары. Транзисторлардың қанықтыру нүктесіне жақын жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін (бұл жоғары тиімділікті алу және осылайша қуат тұтынуды азайту үшін қажет, бірақ жоғары ағып кету токтарына және транзистордың сенімділігі мен күшейтуінің нашарлауына әкеледі) металл-диэлектрлік қақпасы бар GaN HEMTs. жартылай өткізгіш құрылымы әзірленді (MSP

5**6. «Көбірек Мур» бағытының ерекшеліктері**

Алдымен «Көбірек Мур» деген не деген сұраққа жауап берейік. «Көбірек Мур» - Мур заңына сәйкес физикалық және технологиялық дизайн шегіне дейін заманауи CMOS технологияларын дамытудың жалғасы.

 «Көбірек Мур» бағытының ерекшеліктеріне мыналар жатады:

- техникалық процестердің күрделілігін арттыру;

- жаңа материалдарды, соның ішінде диэлектрикті пайдалану

-төмен және жоғары диэлектрлік өтімділігі бар ков;

- жаңа компоненттер архитектурасын әзірлеу;

- сұлбаларды құрастырудың жаңа әдістерін меңгеру (сипаттамалардағы ауытқулармен және статикалық ағып кетулермен күресу);

- жүйелік деңгейде жаңа архитектураларды енгізу (сенімділікті арттыру, артықшылық).

Жазық микроэлектроника есептерін шешудің ең маңызды жолдарының бірі - тік құрылымдар түріндегі тізбек компоненттерін жүзеге асыруға көшу.

**57.Тік өрістік транзистор – FinFET транзисторы туралы не білесіз?**

Тік өріс эффектісі транзисторы - FinFET - транзистор (Fin Field Effect Transistor) дизайн ерекшеліктеріне байланысты өз атауын алды. Бұл құрылғыда жіңішке кремний корпусы финге ұқсайды және қақпаға оралған. Қақпа кремний корпусының екі жағында орналасқан екі өздігінен реттелетін арнаны құрайды.

Дененің алдыңғы шығыңқы бөлігі көзді, артқы жағы - дренажды білдіреді. Арналар пластинаның екі жағындағы қақпалардағы кернеу арқылы индукцияланады. Транзистордағы ток дененің жазықтығына параллель жазықтықта өтеді. Құрылғының белсенді ені корпустың биіктігіне тең - фин. Бұл денені көз бен дренажды құрайтын көптеген бағандарды параллель қосу арқылы үлкейтуге болады. Осылайша, транзистордың белсенді аймағы қалыптасады. FinFET транзисторының үш өлшемді дизайны жылу шығындарын айтарлықтай азайтады.

FinFET транзисторын өндірудің технологиялық процесі фотолитографияны қолдану арқылы қалыңдығы 20 нм және биіктігі 180 нм фин-кірістіруді қалыптастыруды қамтиды. Дренаж көздерінің аймақтары пластинаның төрт жағында 45° бұрышта иондық имплантацияны қолдану арқылы жасалады. Арнасының ұзындығы шамамен 30 нм болатын транзисторларды жасауға болады.

«Үш қақпалы» транзистор шын мәнінде үш жағынан қақпамен қоршалған арнасы бар транзисторды (сары түспен көрсетілген жұқа оқшаулағыш қабаты арқылы) білдіреді - жазықтықпен салыстырғанда, жұптасатын беті бір жазықтық.

**58.Интегралдық схеманың блок ұяшығының жұмысы және арна үшін қабаттың қалыптасуы**

Интегралды схеманың элементар ұяшығының – транзистордың жұмысы жартылай өткізгіштегі заряд тасымалдаушылардың дрейфіне негізделген және өлшемі азайған сайын транзисторлық арнада атомдардың шектеулі саны және электрон-тесік жұптарының басқарылатын рекомбинациясы бар. Тасымалдаушыларды тасымалдау табиғаты бойынша квазибаллистикалық немесе таза баллистикалық болып табылады. Басқа жартылай өткізгіштерді қолдану немесе торды созу және қысу (Si - Ge) жағдайды сәл ғана жақсартады.

2001 жылы IBM штамм кремнийді ойлап тапты - атомдар арасындағы қашықтық (кем дегенде көз-ағызу бағытында) кристалдық тордың табиғи қадамына (543 нм) тең емес арна үшін кремний қабатының қалыптасуы.  Үлкенірек қадам үшін алдымен кремнийдің «тұқымдық» қабаты енгізіледі - германий

Германий кристалының атомдық қадамы 566 нм. Аралас жартылай өткізгіш германий фракциясы небәрі 17% болса да, бұл мәнді сақтайды (бұл 90 нм үшін; ал 32 нм үшін ол қазірдің өзінде 40%). Үстінде орналасқан кремний атомдары атомаралық күштердің әсерінен кең тордың атомдарына бекітіледі және оның қадамымен қалып, арна түзеді. Атомдардың разряды электрондардың қозғалғыштығын арттырады, бұл n-каналы транзисторды 20 - 30% жылдамдатады. Айтпақшы, электрондардың үлкен қозғалғыштығына байланысты германий алғаш рет электроникада қолданылды. 2004 жылы бұл технологияны Intel және AMD 90 нм процесс технологиясы үшін пайдаланды.

Негізгі кремний шайба германий қоспасы бар кремнийден жасалған. Оның үстіне, германий ионының диаметрі кремний ионынан үлкен болғандықтан, мұндай шайбаның тор константасы артады. Дәлірек айтқанда, германий шайбаның жеткілікті қалың жоғарғы қабатына ғана енгізіледі.

**59. *Кәдімгі биполярлы транзисторға қарағанда гетеройыстық биполярлы транзисторлардың негізгі артықшылығы қандай ?***

Кәдімгі биполярлы транзисторға қарағанда гетеройыстық биполярлы транзисторлардың негізгі артықшылығы эмитентке азшылық тасымалдаушылардың инъекциясын басу, бұл допингті арттыру арқылы базалық кедергіні азайтуға мүмкіндік береді.

Кәдімгі биполярлы транзистор эмитент аймағының допинг деңгейі базалық аймақтың допинг деңгейінен айтарлықтай жоғары болған жағдайда сәтті жұмыс істейді. Содан кейін ғана, эмитент-базаның түйісуінде алға ығысу кезінде, эмитенттен негізге дейінгі электрон тогы базадан эмитентке дейінгі саңылау токынан айтарлықтай асып түседі. Бұл токтардың қатынасы эмитенттердің қосылуының тиімділігін сипаттайды. Егер ерігіштікпен және басқа факторлармен шектелген эмитенттегі қоспаның максималды концентрациясы 1019 см-3 ретті мәндерге жетсе, онда гомотранзистор негізінің қоспалау деңгейі 1017 см-3 аспауы керек. Дегенмен, базалық аймақта легирлеудің салыстырмалы түрде төмен деңгейі базалық кедергіні арттырады, ол арқылы транзисторды ауыстырған кезде коллектордың сыйымдылығы қайта зарядталады. Сайып келгенде, төмен легирленген негіз биполярлы транзистордың өнімділігін айтарлықтай шектейді.

***60. n-p-n типті гетероидациялық транзистордың жолақ құрылымы***

Суретте эмитент аймағы ретінде кең аралықтағы жартылай өткізгіш қолданылатын npn типті гетерекоммуникациялық транзистордың жолақ құрылымы көрсетілген.

Эмитентті құрайтын жартылай өткізгіштің базаны құрайтынға қарағанда кең жолағы болғандықтан, эмитентке саңылауларды енгізуге арналған энергетикалық кедергі эмитенттен негізге электрондарды енгізуге арналған кедергіден жоғары.

Эмитент-базаның түйісуіне алға ығысқан кезде электрон тоғының кедергісі жойылады, ал саңылау тоғының кедергісі айтарлықтай болады (6.7-сурет, б). Бұл базалық аймақтың допинг деңгейіне қарамастан жоғары эмитент тиімділігін қамтамасыз етеді. Негізден эмитентке саңылаулардың ағуына энергетикалық тосқауылдың болуы инъекция дәрежесін төмендетпестен негізді жоғары деңгейге дейін легирлеуге мүмкіндік береді. Эмитенттегі қоспалар концентрациясының төмендеуі және коллекторлық аймақтардың ұлғаюы транзистордың өнімділігін арттыруға көмектеседі.