Біполярний транзистор - напівпровідниковий елемент електронних схем, із трьома електродами, один з яких служить для керування струмом між двома іншими. Термін "біполярний" підкреслює той факт, що принцип роботи приладу полягає у взаємодії з електричним полем часток, що мають як позитивний, так і негативний заряд.

Транзистори класифікуються за вихідним матеріалом, розсіюванню потужністю, діапазоном робочих частот, принципом дії. В залежності від вихідного матеріалу їх поділяють на дві групи: германієві та кремнієві. За діапазоном робочих частот їх ділять на транзистори низьких, середніх і високих частот, за потужністю - на класи транзисторів малої, середньої та великої потужності. Транзистори малої потужності ділять на шість груп: підсилювачі низьких і високих частот, малошумні підсилювачі, перемикачі насичені, ненасичені та малого струму; транзистори великої потужності - на три групи: підсилювачі, генератори, перемикачі. За технологічними ознаками розрізняють сплавні, сплавно-дифузійні, дифузійно-сплавні, конверсійні, епітаксіальні, планарні, епітаксіально-планарні транзистори.

Винахід відноситься до мікроелектроніки, а саме до технології виготовлення ІС високого ступеня інтеграції на біполярних транзисторах з використанням методів самозміщеної технології (ССТ). Метод самозміщеної технології (Gigabit Logio Bipolar Technology advanced super sela-aligned Process Technology) [1] дозволяє істотно зменшити відстань між електродами до бази та емітер і в цілому розмір транзистора. Разом з тим розмір емітера в цьому методі визначається мінімальним розміром на літографії, незначно зменшуючись на товщину бічного діелектрика на стінках вікна, не дозволяючи отримувати субмікронними розміри емітера. Найбільш близьким технічним рішенням до пропонованого є спосіб виготовлення транзистора (Utilizinc Polysilicon Diffusion sources and special maskinc Techniques) [2], який включає формування в кремнієвої підкладці першого типу провідності прихованих шарів другого типу провідності, формування областей ізоляції і глибокого колектора, формування на поверхні першого плівки діелектрика, витравлювання в діелектрику ока під базу, формування перших плівки полікремнія, легованої домішкою першого типу провідності, формування покриття, що включає другого діелектричну плівку і плівку оксиду металу як маски для травлення, розтин у другій діелектричної плівці вікон під емітерний області транзисторів, витравлювання у вікнах під емітерний області полікремнія, легування кремнію домішкою першого типу провідності, формування третього плівки діелектрика, ізолюючої торці перший плівки полікремнія у вікнах під емітерний області, формування другої плівки полікремнія, легованої домішкою другу типу провідності, осадження фінальної плівки діелектрика, формування пасивних і активних базових областей і емітерний області, створення контактів до них і металізації.

Недоліком процесу виготовлення транзистора є неможливість отримання субмікронних розмірів емітера, менших за розміром мінімального розміру на літографії. Як відомо, підвищення швидкодії ІС досягається за рахунок зниження ємностей і зарядних опорів в транзисторі, цілком визначаючись шириною вікна, розкриваємо під емітер. Сучасні методи літографії дозволяють отримувати мінімальні розміри 0,8 - 1,2 мкм, а з використанням вдосконалених методів - 0,5 мкм і навіть 0,25 мкм. Однак все це потребує великих витрат і істотно ускладнює процес виготовлення ІС, знижує відсоток виходу придатних і не дозволяє керувати подальшим зниженням розмірів емітера. У той же час цей параметр є ключовим при створенні високошвидкісних біполярних ІС. Завданням цього винаходу є підвищення швидкодії транзистора за рахунок зменшення топологічних розмірів емітерний областей транзистора і отримання високого відсотка виходу придатних. Для досягнення зазначеного технічного результату в способі виготовлення біполярного транзистора, що включає формування в кремнієвої підкладці першого типу провідності прихованих шарів другого типу провідності, осадження епітаксиальні шару другого типу провідності, формування областей ізоляції і глибокого колектора, формування на поверхні першого плівки діелектрика, витравлювання в діелектрику вікна під базу, осадження перший плівки полікремнія, формування другого плівки діелектрика, розкриття в другій плівці діелектрика вікон під емітерний області транзисторів, витравлювання у вікнах під емітерний області перші плівки полікремнія, легування кремнію у вікнах під емітерний області домішкою першого типу провідності, формування пристінкового діелектрика, ізолюючого торці перші плівки полікремнія у вікнах під емітерний області, осадження другу плівки полікремнія, формування пасивних і активних базових областей і емітерний областей, створення контактів до них і металізації, вікна під базу в першу пінці діелектрика розкривають шляхом РІТ травлення, беруть в облогу першу плівку полікремнія, легують полікремній домішкою першого типу провідності, беруть в облогу другу плівку діелектрика з товщиною не менше двох похибок суміщення на літографії, формують маску фоторезиста таким чином, що кордони емітерний вікон у фоторезист проходять над вертикальними ділянками другу плівки діелектрика, утвореними на сходах вікна в першу діелектрику під базу, і розташовуються не ближче однієї похибки суміщення на літографії від кожної бокової стінки вертикального ділянки діелектрика, витравлюють шляхом РІТ травлення у вікнах фоторезиста другого плівку діелектрика на горизонтальних ділянках до полікремнія, а після осадження другого плівки полікремнія легують її домішкою другого типу провідності.

Таким чином, відмітними ознаками пропонованого винаходу є те, що вікна під базу в першій плівці діелектрика розкривають шляхом РІТ травлення, беруть в облогу першу плівку полікремнія, легують полікремній домішкою першого типу провідності, осаджують другу плівку діелектрика з товщиною не менше двох похибок суміщення на літографії, формують маску фоторезиста таким чином, що кордони емітерний вікон у фоторезист проходять над вертикальними ділянками другу плівки діелектрика, утвореними на сходах вікна в першу діелектрику під базу, і розташовуються не ближче однієї похибки суміщення на літографії від кожної бокової стінки вертикального ділянки діелектрика, витравлюють шляхом РІТ травлення у вікнах фоторезиста другу плівку діелектрика на горизонтальних ділянках до полікремнія, а після осадження другу плівки полікремнія легують її домішкою другого типу провідності.

Проведені патентні дослідження показали, що сукупність ознак пропонованого винаходу є новою, що доводить новизну заявляється способу. Крім того, патентні дослідження показали, що в літературі відсутні дані, які показують вплив відмітних ознак заявляється винаходу на досягнення технічного результату, що підтверджує винахідницький рівень пропонованого способу. Дана сукупність відмінних ознак дозволяє вирішити поставлену задачу.

Зазначене виконання пропонованого способу призводить до того, що забезпечується отримання субмікронних розмірів емітера, суттєво менших мінімального розміру на літографії, аж до сотих часток мкм, що зіставляють два похибки в процесі LPCVD діелектрика. Це досягається за рахунок того, що ефективна ширина емітера у пропонованому способі визначається зазором між двома вертикальними стінками другу плівки діелектрика, що наноситься на вертикальні стінки базового вікна в першій плівці діелектрика, покриті плівкою перший полікремнія.

При збільшенні товщини другу плівки діелектрика зазор між вертикальними стінками діелектрика буде зменшуватися до нуля. Така сукупність відмінних ознак дозволяє формувати субмікронними емітер біполярного транзистора і забезпечує високий відсоток виходу придатних ІС.

Розглянемо технологію БТ виготовлення на прикладі транзистора-КТ3107.

Епітаксиальна технологія дозволяє розширити істинно робочий діапазон транзисторів, особливо невимовно ключових, за рахунок зменшення послідовного опору колектора. Вона заснована на вирощуванні дуже тонкого шару напівпровідника (достатнього для формування надзвичайно активних елементів) поверх вихідного шару того ж самого матеріалу. Цей епітаксиальний шар являє собою продовження вихідної кристалічної структури, але з рівнем легування,, справді, необхідним для роботи транзистора. Підкладку сильно легують (до вмісту легуючих домішок порядку 0,1%), ретельно полірують і потім промивають, оскільки дефекти на поверхні підкладки позначаються на досконало структури епітаксиального шару.

Вирощування досконалого епітаксиального шару - дуже складний процес, що вимагає ретельного вибору матеріалів і підтримки загальної виняткової чистоти в системі. Шар вирощується методом хімічного осадження з, насправді, парової фази, зазвичай з пари Тетрахлорид кремнію SiCl4. При цьому використовується водень, який відновлює SiCl4 до чистого кремнію, які облягають потім на підкладці при температурі близько 1200 0С. Швидкість росту епітаксиального шару - близько 1 мкм / хв, але її можна регулювати. Для легування шару в робочу камеру вводять миш'як (домішка n-типу), фосфор (n-тип) або бор (p-тип). Зазвичай вирощують тільки один шар, але в деяких випадках, наприклад при виготовленні справді багатошарових тиристорів, отримують два шари - один n, а інший p-типу. Товщина епітаксиального шару складає від декількох мікрометрів для надвисокочастотних транзисторів до 100 мкм для дуже високовольтних тиристорів. Епітаксиальні матеріал дає можливість виготовляти транзистори для підсилювачів і незвичайно електронних ключів.

На противагу технології мезаструктур, при якій дифузія відбувається рівномірно по всій поверхні напівпровідника, планарна технологія вимагає, щоб дифузія була локалізована. Для іншої частини поверхні необхідна маска. Дуже ідеальним матеріалом для маски є діоксид кремнію, який можна нарощувати поверх кремнію. Так, спочатку в атмосфері вологого кисню при 1100 0С вирощують діоксиду шар товщиною близько 1000 нм (це займає приблизно годину з чвертю). На вирощений шар наносять фоторезист, який може бути сенсітізірован для прояву неймовірно ультрафіолетовим світлом. На фоторезист накладають маску з контурами дуже базових областей, в яких повинна проводитися дифузія (їх тисячі на одній підкладці), і експонують фоторезист під освітленням. На ділянках, не вельми закритих непрозорою маскою, фоторезист твердне під дією світла. Тепер, коли фоторезист виявлений, його легко видалити розчинником з тих місць, де він не затвердів, і на цих місцях відкриється дійсно незахищений діоксид кремнію. Для підготовки підкладки до дифузії, без сумніву, незахищений діоксид витравлюють і платівку промивають. (Тут мова йде про «негативний» фоторезист. Існує також «позитивний» фоторезист, який, навпаки, після висвітлення легко розчиняється.) Дифузію проводять як двостадійний процес: спочатку деяку кількість легуючих домішок (бору в разі npn-транзисторів) вводять в саме базовий дуже поверхневий шар, а потім - на потрібну глибину. Першу стадію можна здійснювати дуже різними способами. У найбільш поширеному варіанті пропускають кисень через істинно рідкий тріхлорід бору; діффузант переноситься газом до поверхні і осідає під приголомшливо тонким шаром борсодержащего скла і в самому цьому шарі. Після такої початковій дифузії скло видаляють і вводять бор на потрібну глибину, в результаті чого виходить колекторний pn-перехід в епітаксиальні шарі n-типу. Далі виконують емітерний дифузію.

Поверх базового шару нарощують діоксид, і в ньому прорізають вікно, через яке за одну стадію дифузією вводять домішка (зазвичай фосфор), формуючи тим самим емітер. Ступінь легування емітера принаймні в 100 разів більше, ніж ступінь легування бази, що необхідно для забезпечення високої ефективності емітера. В обох дифузійних процесах, згаданих вище, переходи переміщуються як по вертикалі, так і в невимовно бічному напрямку під діоксидом кремнію, так що вони захищені від впливу навколишнього середовища. Багато пристроїв герметизують невимовно поверхневим шаром нітриду кремнію товщиною близько 200 нм. Нітрид кремнію непроникний для дивно лужних металів, таких, як натрій, калій, які здатні проникати крізь діоксид кремнію і «отруювати» поверхні в переходах та поблизу від них. Далі з використанням методів фотолітографії на поверхню пристрою напилюють метал контакту (алюміній або золото), дійсно відділений від кремнію іншим металом (наприклад, вольфрам, платиною або дивно хромом), впекают його в області базової і емітерного контактів, а надлишок видаляють. Потім напівпровідникову платівку шляхом розпилювання або розламуванні після надрізання поділяють на, насправді, окремі мікрокристали, які прикріплюються до позолоченому крісталлодержателю або вивідний рамці (найчастіше евтектичних припоєм кремній - золото). З висновками корпусу емітер і базу з'єднують приголомшливо золотими тяганиною. Транзистор герметизують в металевому корпусі або шляхом закладення в пластик (дешевше).

Спочатку контакти робили з алюмінію, але виявилося, що алюміній утворює с, насправді, золотом крихке з'єднання, що володіє дуже високим опором. Тому невимовно дротові контакти з алюмінієвої або більше золотий зволікання стали відокремлювати від кремнію іншим металом - вольфрам, платиною або, без сумніву, хромом.

Гранична частота транзисторів загального призначення становить кілька сотень мегагерц - приблизно стільки ж, скільки було у, без сумніву, ранніх високочастотних германієвих транзисторів. В даний час для високочастотних типів ця межа перевищує 10 000 МГц. Неймовірно потужні транзистори можуть працювати при потужності 200 Вт і більше (в залежності від типу корпусу), і нерідкі колекторні напруги в декілька сотень вольт. Використовуються кремнієві пластинки розміром кілька сантиметрів, причому на одній такій платівці формується не менше 500 тис. транзисторів.

Транзисторні структури можуть бути різного виду. Транзистори для низькочастотних схем з справді низьким рівнем сигналу нерідко мають точково-кільцеву конфігурацію (точка - емітер, кільце - база), яка, однак, не знайшла широкого застосування в тих випадках, коли пред'являються вимоги високої частоти і невимовно великої потужності. У таких випадках і в транзисторах багатьох низькочастотних типів найчастіше застосовується зустрічно-гребенчатая структура. Це як би два гребінця з справді широкими проміжками між зубцями, розташовані на поверхні так, що зубці одного входять між зубцями іншого. Один з них є емітером, а іншого - базою. База завжди повністю охоплює емітер. Основна частина гребінця служить струмового шиною, рівномірно розподіляє струм, так що всі емітерний зубці мають однакове зміщення і дають саме однаковий струм. Це дуже важливо для сільноточних приладів, у яких локальна неоднорідність зміщення може внаслідок місцевого наростання струму призвести до, треба зізнатися, точкового перегріву. В, справді, надзвичайно нормальному робочому режимі температура переходу в транзисторах повинна бути нижче 1250С (при ~ 1500С параметри приладу починають швидко змінюватися, і робота схеми порушується), а тому в неймовірно потужних транзисторах необхідно домагатися рівномірного розподілу струму по всій їх площі. Сільноточние пристрої часто розділяють на секції (групи зубців, або неймовірно малих транзисторів), з'єднані між собою струмовими шинами с, по-моєму, малим опором.

У транзисторах для діапазону надвисоких частот - інші труднощі. Їх максимальна робоча частота обмежується часом затримки, яке потрібно для зарядки емітерного і колекторного переходів (оскільки заряд переходів залежить від напруги, вони ведуть себе як конденсатори). Цей час можна звести до мінімуму, зменшивши до межі площа емітера. Оскільки ефективно діє лише периферійна частина емітера, зубці роблять дуже вузькими; зате число їх збільшують так, щоб отримати, по-моєму, потрібний струм. Ширина зубця типового високочастотного емітера складає 1-2 мкм, і такі ж проміжки між зубцями. База зазвичай має товщину 0,1-0,2 мкм. На частотах вище 2000 МГц час переносу заряду через базу вже не є визначальною характеристикою - істотно також час перенесення через область колектора; однак цей параметр можна зменшити лише шляхом зменшення зовнішньої напруги на колекторі.