

УДК 621.382

Р.Л. Голяка

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних приладів

ШИРОКОСМУГОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНО-СИНТЕЗУЮЧІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТВЕРДОТІЛЬНИХ СЕНСОРНИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ

© Голяка Р.Л., 2001

Розглядаються причини обмеження ширини смуги робочих частот твердотільних біполярних сенсорних інтегральних схем (ІС). Запропоновані схемно-структурні рішення широкосмугових нелінійних функціонально-синтезуючих перетворювачів. Розроблені перетворювачі дозволяють створювати сенсорні ІС, зокрема фото- чи магнітосенсорні твердотільні ІС, з полосою робочих частот до 1 ГГц.

Causes of frequency band limitation in solid-state bipolar sensor integrated circuits (IC) are considered. New circuit solutions of wide-band nonlinear secondary transducers for functional synthesis are proposed. Designed transducers allow to develop sensor integrated circuits with frequency band up to 1 GHz and can be used in photo- and magneto-sensor single-chip devices.

Вступ

До складу сучасних твердотільних сенсорних інтегральних схем, крім безпосередньо первинного перетворювача, входять засоби оброблення сигналу та стабілізації характеристики перетворення [1]. Серед принципово важливих задач засобів оброблення сигналу сенсорних ІС є синтез заданої функціональної залежності перетворення [2, 3].

В роботі розглядаються питання розробки широкосмугових синтезаторів функцій в базисі біполярних аналогових ІС – основи більшості твердотільних термо-, магніто-, фото- та тензосенсорних пристроїв. Такі синтезатори функцій використовуються для підвищення точності вимірювання, зокрема для лінеаризації функції перетворення, компресії та декомпресії сигналу тощо.

Аналіз причин обмеження ширини смуги робочих частот

Залежно від типу функціонально синтезуючих перетворювачів, основними факторами, що обмежують ширину смуги робочих частот, можуть бути:

- значні величини постійних часу RC кіл схем, обумовлені паразитними ємностями елементів ІС;
- низька швидкодія функціонування елементів, в яких спостерігається значне накопичення і повільна рекомбінація неосновні носіїв заряду;
- значний час прольоту носіїв через базу латеральних транзисторів з горизонтальною структурою;
- недостатньо високі значення граничної частоти підсилення інтегральних транзисторів.

Запобігти обмеженню ширини смуги робочих частот, що пов'язано з першим фактором, можна збільшенням струму перезаряду паразитних ємностей, мінімізацією їх величин та перепаду напруг на них в процесі перемикавання. Вирішення даної проблеми є загальновідомим і надалі не аналізується.

Ефект значного накопичення неосновних носіїв заряду спостерігається місце в діодах на структурі колекторного p-n переходу ІС та транзисторних ключах в режимі насичення. Вирішити дану проблему можна введенням в структуру ІС додаткових центрів рекомбінації неосновних носіїв, що реалізуються, зокрема, дифузією золота. Однак технологічний процес дифузії золота не завжди дає необхідну відтворюваність результатів і, що більш принципово – атоми золота обумовлюють зменшення коефіцієнта передачі струму транзисторних структур.

Обмеження ширини смуги робочих частот, обумовлене низькою швидкістю латеральних p-n-p транзисторів з горизонтальною структурою, є найбільш проблематичним. Значний час прольоту носіїв через базу таких транзисторів визначає низькі значення граничної частоти коефіцієнта підсилення, що здебільшого становить декілька мегагерц. При цьому смуга робочих частот схем на латеральних транзисторах без введення кіл від'ємного зворотного зв'язку не перевищує декількох сотень кілогерц. Отже, розробка широкосмугових функціонально синтезуючих перетворювачів не повинна передбачати використання латеральних p-n-p транзисторів, що в складі однокристальних біполярних ІС є дуже проблематичною задачею.

Тобто, розробка широкосмугових функціонально-синтезуючих перетворювачів потребує спеціальних структурно-схемотехнічних рішень і передбачає використання конструктивно-технологічного базису високочастотних біполярних ІС.

Структура широкосмугових функціонально-синтезуючих перетворювачів

В основу розроблених широкосмугових функціонально-синтезуючих перетворювачів (рис. 1) покладено ефект переходу прохідної характеристики диференційного каскаду з лінійного режиму в режим обмеження струму. Поріг переходу між режимами для першої з наведених схем (рис. 1,а) визначається напругами зміщення U_{zj} , а прохідна характеристика синтезатора виразом

$$\Delta U_y = \left(\Delta I_{y0} - \sum_{j=1}^m \Delta I_{yj} \right) \cdot R_c,$$

$$\text{де } \Delta I_{y0} = \begin{cases} \frac{2 \cdot (U_x - U_{z0})}{R_{e0}} & \text{при } -2 \cdot I_{00} < \Delta I_{y0} < 2 \cdot I_{00} \\ 2 \cdot I_{00} & \text{при } \Delta I_{y0} > 2 \cdot I_{00} \\ -2 \cdot I_{00} & \text{при } \Delta I_{y0} < -2 \cdot I_{00} \end{cases}, \quad \Delta I_{yj} = \begin{cases} \frac{2 \cdot (U_x - U_{zj})}{R_{ej}} & \text{при } -2 \cdot I_{0j} < \Delta I_{yj} < 2 \cdot I_{0j} \\ 2 \cdot I_{0j} & \text{при } \Delta I_{yj} > 2 \cdot I_{0j} \\ -2 \cdot I_{0j} & \text{при } \Delta I_{yj} < -2 \cdot I_{0j} \end{cases}$$

I_{00}, I_{0j} – струми зміщення відповідних диференційних каскадів; $R_c = R_{c1} = R_{c2}$ – резистори навантаження вихідних кіл схеми.

Безпосереднє навантаження колекторів транзисторів диференційних каскадів на вихідні резистори R_{c1}, R_{c2} призводить до звуження смуги робочих частот, що є наслідком значної величини постійної часу $\tau \approx R_c \cdot \sum_{j=1}^m C_j$, де C_j – ємності транзисторів диференційних каскадів.

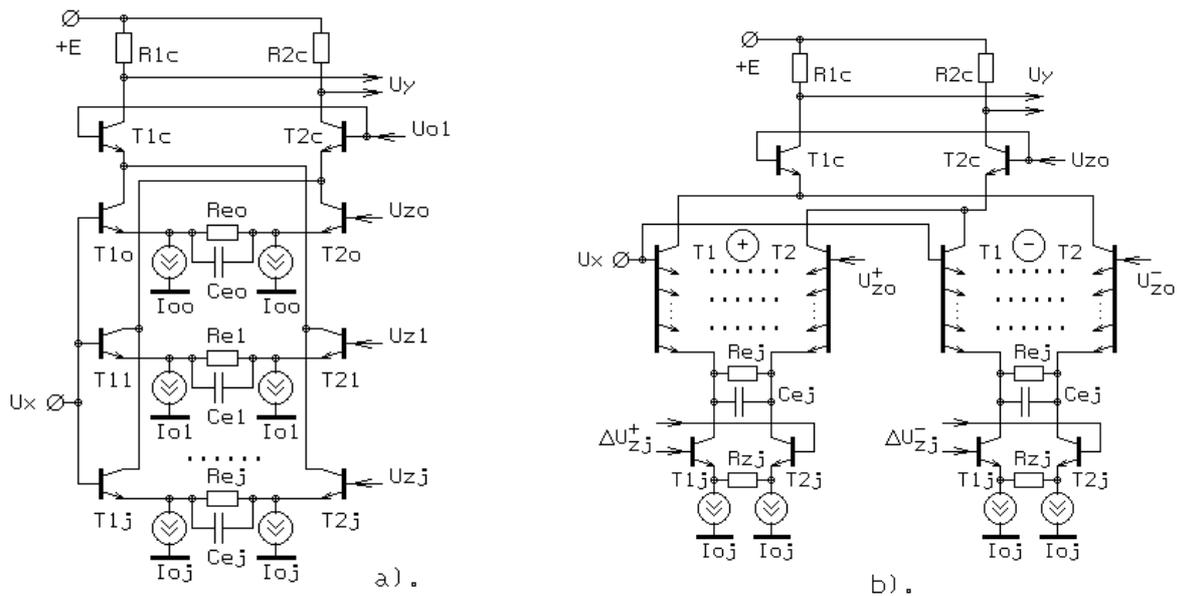


Рис. 1. Схеми широкосмугових перетворювачів з наявністю (а) та відсутністю (б) в сигнальних колах елементів формування синтезованої характеристики

Дана проблема вирішується каскадною схемою на T_{1c} , T_{2c} , яка фіксує потенціали колекторів диференційних каскадів і тим самим обумовлює незалежність ширини смуги частот синтезатора від кількості диференційних каскадів. Крім цього, введення конденсаторів C_j забезпечує високочастотну корекцію характеристики окремо для кожного інтерполюючого відрізка.

Принциповою відмінністю схеми, що наведена на рис. 1, б, є відсутність в сигнальних колах елементів формування синтезованої характеристики. Поріг переходу між лінійним режимом та обмеженням струму визначається різницею струмів зміщення в кожному з диференційних каскадів, що формується додатковими диференційними каскадами. Зміщення останніх U_{zj} відбувається в низькочастотних колах, а кількість опорних напруг у високочастотних сигнальних колах U_{zo}^+ , U_{zo}^- є мінімальною. Серед переваг даної системи зокрема є можливість формування заданої прохідної характеристики на багатомітерних транзисторах, що в складі ІС дозволяє мінімізувати сумарну вихідну ємність каскадів. Прокідна характеристика схеми визначається виразом

$$\Delta U_y = \left(\sum_{j=1}^l \Delta I_{yj}^+ - \sum_{j=1}^l \Delta I_{yj}^- \right) \cdot R_c.$$

Принциповою задачею створення широкосмугових сенсорних ІС є узгодження первинного та вторинного функціонально-синтезуючих перетворювачів. Ця задача вирішується за допомогою спеціальних широкосмугових вхідних підсилювачів. Схеми таких підсилювачів, зокрема для елементів Холла та фотодіодів, наведені на рис. 2. Розроблені схеми забезпечують попереднє підсилення сигналу та його узгодження зі схемою вторинного перетворювача. Перша зі схем (для елементів Холла) базується на схемотехніці струмових підсилювачів і характеризується максимально можливою смугою робочих частот, а друга (для фотодіодів) – струмовим входом підсилювача, що є найбільш оптимальним при вимірюванні фотострумів.

Максимальна смуга робочих частот розроблених функціонально-синтезуючих перетворювачів забезпечується на основі конструктивно-технологічного базису біполярних високочастотних ІС, переріз та електрофізичні параметри структури яких наведені на рис. 3.

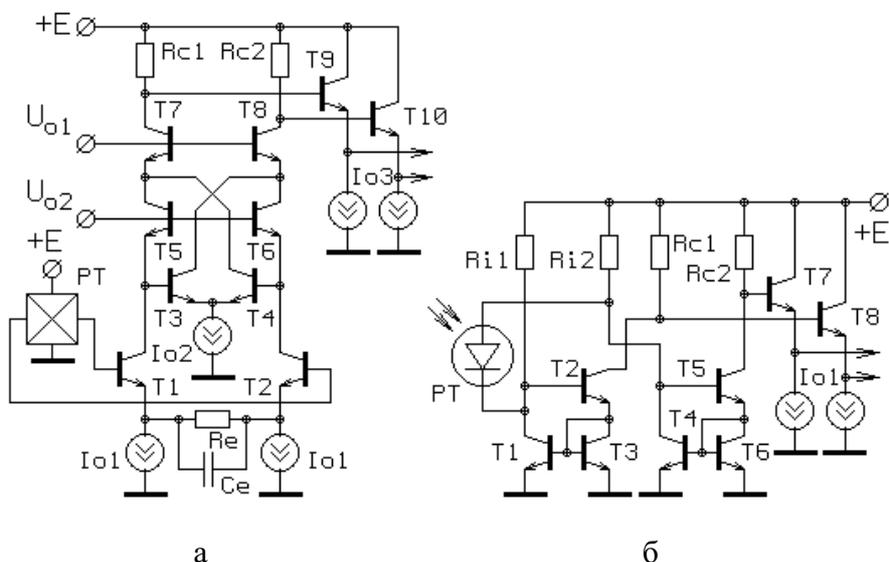
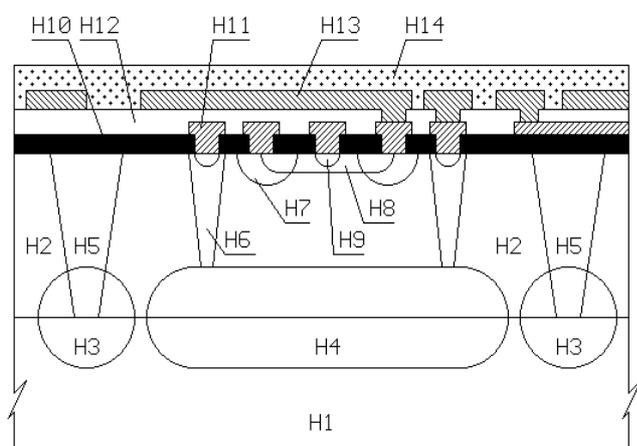


Рис. 2. Схеми входних підсилювачів широкосмугових перетворювачів для елементів Холла (а) та фотодіодів (б)



ЕЛЕМЕНТИ СТРУКТУРИ		Товщ.	Тип	Параметри
Назва	Позн.	мкм.	проб.	
Підкладка	H1	400	p ⁻	50 Ом·см
Епітаксійний шар	H2	3,0	n ⁻	0,5 Ом·см
Захований p ⁺ шар	H3	5,0	p ⁺	50 Ом/□
Захований n ⁺ шар	H4	5,0	n ⁺	25 Ом/□
бокова ізоляція	H5	3,5	*	--
Вертикальний шар	H6	3,0	n ⁺	10 Ом/□
база пасивна	H7	0,5	p ⁺	150 Ом/□
база активна	H8	0,3	p	900 Ом/□
Емітер	H9	0,1	n ⁺	25 Ом/□
Ізоляція Me-Si	H10	0,5		--
Металізація 1	H11	0,7		0,05 Ом/□
Міжшарова ізоляція	H12	0,8		--
Металізація 2	H13	1,0		0,03 Ом/□
Пасивація	H14	0,5		--

Рис. 3. Переріз та електрофізичні параметри структури високочастотної ІС синтезатора

Основні результати та висновки

Для інтегральних n-p-n транзисторів, виготовлених за базовою біполярною технологією з частотою одиничного підсилення струму порядку 600 МГц, ширина смуги робочих частот в розроблених функціонально-синтезуючих перетворювачів становить 50...200 МГц. При використанні високочастотних структур смуга робочих частот перетворювачів збільшується до 500 – 1000 МГц залежно від технології ІС. Наведені схемно-структурні рішення дозволяють створити широкосмугові сенсорні ІС, зокрема, для фотосенсорних пристроїв сучасних оптоелектронних ліній зв'язку, магнітометрів для досліджень імпульсних електромагнітів тощо.

1. Карцев Е.А. Состояние и тенденции развития датчиков физических величин // Измерительная техника. 1991. № 12. С. 8-10. 2. Steve Sockolow, James Wong. High-accuracy analog needs more than op amps // ED. 1992. № 20. P. 53-61. Соколов С., Уонг Д. Особенности проектирования прецизионных аналоговых схем // Электроника. 1993. № 5-6. С. 53-59. 3. Аналогова мікросхемотехніка вимірювальних та сенсорних пристроїв / За ред. З. Готри, Р. Голяки. Львів: Вид-во ДУ "Львівська політехніка", 1999. 364 с.

УДК 621.382.323

В.В. Невзоров, Л.М. Смеркло

Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут

ЗМЕНШЕННЯ ДЕФЕКТОУТВОРЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОТУЖНИХ ДМОН-ТРАНЗИСТОРІВ

© Невзоров В.В., Смеркло Л.М., 2001

Показано вплив дефектів та дислокацій на електричні параметри потужних ДМОН-транзисторів. Досліджено гетерування дефектів за допомогою іонної імплантації вольфраму. Запропоновано засоби зменшення дефектоутворення при проведенні технологічних операцій.

The influence of imperfections and dislocation on the electrical parameters of power DMOS transistors is presented in this paper. The imperfection gettering by W ions implantation is investigated. Methods for reduction of imperfection at technological process are proposed.

Вступ

Впливу дефектів кремнію на електричні параметри напівпровідникових приладів приділяється багато уваги. Це пов'язано з тим, що дефекти впливають не тільки на електричні характеристики приладів, але і на економічну ефективність виробництва, що становить крім технологічної, ще і економічну проблему.

Відомо, що на електричні характеристики біполярних приладів (пробивна напруга, зворотні струми витоку та інше) в основному впливають дефекти кремнію. МОН-прилади менш чутливі до об'ємних дефектів, але на їх параметри переважно впливають поверхневі дефекти та зарядовий стан окислу.

В останні роки підсилено розвивається новий клас напівпровідникових приладів – потужні ДМОН-транзистори, які поєднують в собі характеристики біполярних та МОН-структур. Вони більш чутливі до дефектів та процесів дефектоутворення, тому зменшення дефектності при виготовленні ДМОН-транзисторів є актуальним завданням.

У статті зроблено спробу проаналізувати типовий техпроцес виготовлення ДМОН-транзисторів та запропонувати шляхи зменшення дефектності.

Вплив технологічних операцій на процес утворення дефектів

При виготовленні ДМОН-транзистора дефекти будуть у першу чергу зменшувати пробивну напругу внаслідок утворення стоково-витокових трубок та збільшувати зворотні струми витоку. Крім дефектів, які вже закладені у вихідних пластинах, на параметри впли-