

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРЕМНИЕВЫХ ДАТЧИКОВ ПРИ МАЛЫХ УРОВНЯХ ИНЖЕКЦИИ

Исследована термочувствительность кремниевых биполярных структур, как зависимость неравновесной контактной разности потенциала p — n -перехода от температуры. Выведено уравнение модели, описывающие температурные характеристики кремниевых датчиков на основе p — n -перехода. Сравниваются экспериментальные зависимости напряжения на p — n -переходе от температуры с зависимостями, построенными по предложенной модели.

Температурные свойства кремниевых диодных структур давно используют в полупроводниковых измерительных преобразователях. В частности, практически линейная зависимость от температуры падения напряжения на прямосмещенном p — n -переходе и фото-ЭДС холостого хода освещенного p — n -перехода положена в основу работы ряда измерительных преобразователей [1, 2]. Привлекательность вышеуказанных способов измерения температуры состоит в том, что коэффициент температурной чувствительности этих датчиков не зависит от площади p — n -перехода, а определяется фундаментальными свойствами полупроводника (шириной запрещенной зоны, концентрацией и временем жизни носителей заряда и т. д.). Это позволяет создавать высокочувствительные измерительные преобразователи температуры средствами интеграционной микроэлектронной технологии.

Анализ температурных свойств p — n -перехода в неравновесном состоянии обычно осуществляют на основе известной формулы Шокли для тонкого (идеального) p — n -перехода $I = I_s(e^{qV/kT} - 1)$. Режим включения p — n -перехода и свойства материала полупроводника определяют поправки, вносимые как составляющие в ток насыщения I_s учетом тока рекомбинации I_{rec} и тока генерации I_{gen} в области пространственного заряда (ОПЗ) и приграничных к ней слоях полупроводника. В фотогальваническом режиме формулу Шокли дополняют еще одной компонентой — фототоком I_f : $I = I_s(e^{qV/kT} - 1) - I_f$.

Измеряемое на p — n -переходе напряжение V_{pn} кроме явной зависимости от температуры T имеет также опосредованную зависимость через отношение токов I/I_s или I_f/I_s . Каждая из этих составляющих является сложной многофакторной функцией температуры, поэтому явное представление $V(T)$ становится довольно громоздким [3]. Если принять ряд ограничений, допустимых при рассмотрении процессов в p — n -переходе в неравновесном состоянии, можно получить простую модель температурочувствительной диодной структуры, адекватно описывающей выходные характеристики реальных датчиков. Для этого рассматривают напряжение $V(T)$ на p — n -переходе как функцию неравновесной контактной разности потенциалов (КРП) p — n -перехода от температуры.