

Динамические тензохарактеристики диодов с барьером Шоттки при импульсном всестороннем гидростатическом давлении

© О.О. Маматкаримов, С.З. Зайнабидинов, А. Абдураимов, Р.Х. Хамидов, У.А. Туйчиев

Ташкентский государственный университет им. М. Улугбека,
700095 Ташкент, Узбекистан

(Получена 22 января 1999 г. Принята к печати 3 июня 1999 г.)

Исследованы динамические тензохарактеристики диодов с барьером Шоттки типа Au–Si(Ni)–Sb при воздействии импульсного всестороннего гидростатического давления в диапазоне $P = (0-5) \cdot 10^8$ Па, при температуре $T = 300$ К. Исследования вольт-амперных характеристик диодов показали, что благодаря проявлению дополнительного температурного эффекта, стимулированного импульсным давлением, динамические параметры тензоэффекта в них на 20–30% возрастают по сравнению с их статическими параметрами.

Бурное развитие современной техники машиностроения и, в частности, автомобилестроения требует создания двигателей внутреннего сгорания с большим коэффициентом полезного действия при минимальных расходах горючего топлива. Как известно, при сгорании топлива в цилиндрах двигателей реализуются быстропеременные термодинамические процессы, близкие к адиабатическим, сопровождающиеся резкими перепадами давления и температуры газов. В связи с этим задача изучения физики этих термодинамических процессов в динамике и в экстремальных условиях является проблемой актуальной и требует создания быстродействующих электронных тензопреобразователей с высокой тензочувствительностью, надежностью и простых по конструкции.

Достаточно много работ посвящено исследованиям и созданию полупроводниковых тензопреобразователей [1], но они относятся к области воздействия постоянных или медленно изменяющихся и близких к статическим давлениям.

Цель настоящей работы — исследование динамических тензохарактеристик диодов с барьером Шоттки (ДБШ) типа Au–Si(Ni)–Sb при воздействии импульсного всестороннего гидростатического давления (ИВГД) в диапазоне $P = (0-5) \cdot 10^8$ Па, при температуре $T \approx 300$ К.

В исследованиях были использованы ДБШ, изготовленные на основе образцов компенсированного кремния n -Si(Ni), полученных путем высокотемпературной диффузии при $T = 1100-1200^\circ\text{C}$ из напыленного на поверхность n -Si металлического слоя Ni [2]. Образцы имели вид прямоугольного параллелепипеда с размерами $3 \times 3 \times 1$ мм³ с кристаллографической ориентацией (111) вдоль малого ребра. После диффузии Ni образцы n -Si с исходным удельным сопротивлением $\rho \approx 80$ Ом·см сохраняли тип проводимости, а ρ стало $\sim 10^2 \div 10^5$ Ом·см. Диоды изготовлены путем напыления золота и сурьмы на противоположные грани образцов (с поверхностью 3×3 мм²).

После приготовления токосъемных контактов образцы ДБШ окутывались эпоксидной смолой с целью теплоизоляции [3]. Измерения тензохарактеристик ДБШ при

ИВГД проводились на специальной экспериментальной установке [4] с помощью двухкоординатного графопроектиратора марки Н-307/1.

На рис. 1, *с* отражена кинетическая зависимость динамики воздействия ИВГД со скоростью нарастания давления $\partial P/\partial t = 2.5 \cdot 10^8$ Па/с, с амплитудой $P = 5 \cdot 10^8$ Па, при начальной температуре $T \approx 300$ К. Кинетические зависимости тока $I(t)$ в ДБШ при ИВГД и при напряжении прямого смещения $U = 2.5$ В приведены на рис. 1, *а*, при этом удельное сопротивление ДБШ равнялось $\rho \approx 10^3$ Ом·см. На рис. 1, *б* показаны зависимости изменения температуры в ДБШ в процессе воздействия ИВГД.

Как видно из рис. 1, *а*, при воздействии ИВГД значение тока в ДБШ возрастает до некоторой, соответствующей амплитуде давления, динамической величины I_{\max} , причем с такой же скоростью, как и скорость нарастания давления, после достижения давления амплитудного значения ток в ДБШ начинает релаксировать и уменьшаться до статического значения I_{st} ($\partial P/\partial t = 0$, $P = \text{const}$). В процессе снятия давления со скоростью убывания такой же, как и при нарастании, значение тока в ДБШ уменьшается до некоторого значения I_{\min} и после полного снятия давления начинает релаксировать и возрастать до первоначального своего значения I_0 . При этом, чем больше амплитуда ИВГД, тем больше изменение тока: $I_{\max}^{(2)} > I_{\max}^{(1)}$, $I_{\text{st}}^{(2)} > I_{\text{st}}^{(1)}$, $I_{\min}^{(2)} > I_{\min}^{(1)}$ при $P_2 > P_1$.

Изменения температуры ДБШ во всем цикле процесса воздействия ИВГД (рис. 1, *б*) происходят аналогично и синхронно изменениям тока как в качественном, так и в количественном отношении, т.е. при нарастании (убывании) давления температура ДБШ возрастает (убывает) до некоторой, соответствующей амплитуде давления величины T_{\max} (T_{\min}). Далее, после достижения ИВГД своего амплитудного значения (или $P = 0$), температура уменьшается (возрастает) до первоначального своего значения T_0 .

Таким образом, проведенные исследования вольт-амперных характеристик ДБШ при ИВГД показывают, что благодаря проявлению дополнительного температурного эффекта, стимулированного импульсным давлением, динамические параметры тензоэффекта в них

на 20 ÷ 30% возрастают по сравнению с их статическими, например при $P = 5 \cdot 10^8$ Па относительное изменение $I_{\max}/I_0 = 3.2$, а $I_{st}/I_0 = 2.2$.

Как известно [1], основной характеристикой тензопреобразователей и тензодатчиков является коэффициент тензочувствительности S . В связи с этим нами исследовались зависимости коэффициента тензочувствительности ДБШ от удельного сопротивления ρ их базы $n\text{-Si(Ni)}$, $S = f(\rho)$, и от приложенного прямого напряжения смещения U , $S = f(U_f)$. Коэффициент S рассчитывался согласно традиционной формуле

$$S = \left[\Delta I / (I_0 E) \right] P,$$

где $\Delta I = I_{\max} - I_0$ или $\Delta I = I_{\min} - I_0$ — изменение тока в ДБШ, $E = 1.8 \cdot 10^{11}$ Па — модуль Юнга, P — амплитудное значение ИВГД.

Из рис. 2 видно, что зависимости $S = f(\rho)$ (кривая 1) и $S = f(U_f)$ (кривая 2) имеют немонотонный характер, с максимумом коэффициента тензочувствительности

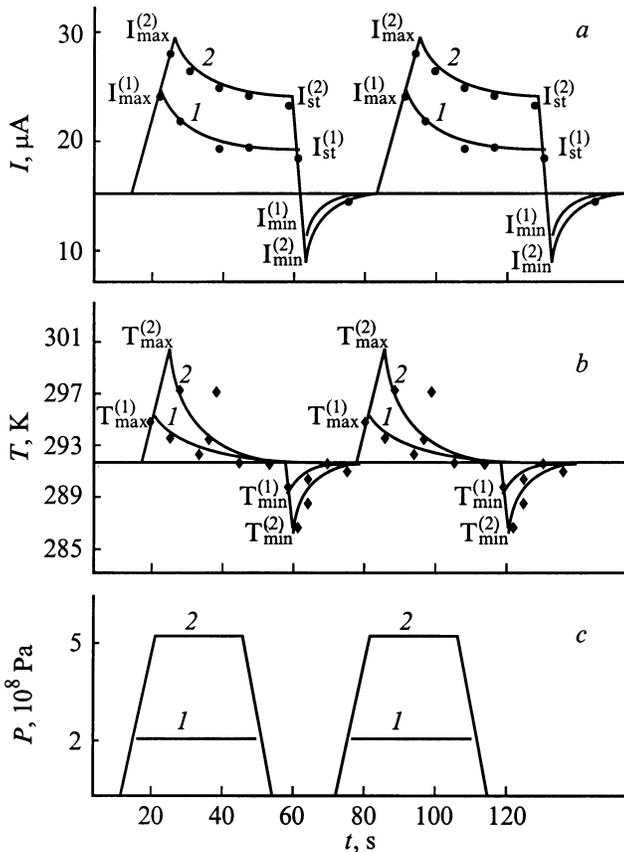


Рис. 1. Кинетические зависимости тока (а), температуры (б) и давления (с) в диодах с барьером Шоттки типа Au–Si(Ni)–Sb при прямом смещении $U_f = 2.5$ В. Удельное сопротивление базы $\rho \simeq 5 \cdot 10^3$ Ом · см. Номера у кривых соответствуют амплитудным значениям давления P , 10^8 Па: 1 — 2.5, 2 — 5.

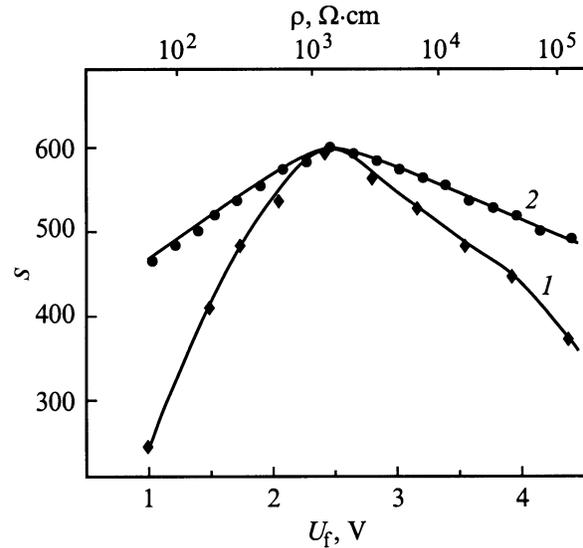


Рис. 2. Зависимости коэффициента тензочувствительности $S = f(\rho)$ и $S = f(U_f)$ в диодах Шоттки типа Au–Si(Ni)–Sb при давлении $P = 5 \cdot 10^8$ Па и $\partial P / \partial t = 2.5 \cdot 10^8$ Па/с. 1 — зависимость $S = f(\rho)$ при напряжении прямого смещения $U_f = 2.5$ В; 2 — зависимость $S = f(U_f)$ при $\rho \simeq 5 \cdot 10^3$ Ом · см.

$S \simeq 600$, с удельным сопротивлением $\rho \simeq 5 \cdot 10^3$ Ом · см при напряжении прямого смещения $U_f \simeq 2.5$ В.

Наблюдаемые максимумы тензочувствительности в ДБШ при ИВГД можно описать, сделав следующее предположение. Так как база ДБШ является компенсированной, воздействие давления и изменение температуры приводят к изменению концентрации основных носителей тока за счет барического смещения зоны проводимости, валентной и глубоких уровней Ni, что влечет за собой изменение сопротивления их базы и высоты потенциального барьера ДБШ. Видимо, большое значение коэффициента тензочувствительности в ДБШ, при малых напряжениях прямого смещения $U_f < 2.5$ В и удельного сопротивления $\rho < 5 \cdot 10^3$ Ом · см, связано с синфазными уменьшениями как высоты потенциального барьера, так и сопротивления базы, а при $U_f > 2.5$ В и удельного сопротивления $\rho > 5 \cdot 10^3$ Ом · см роль потенциального барьера ослабляется и тензосвойства ДБШ в основном определяются изменениями сопротивления их базы [5].

Результаты исследований тензосвойств в ДБШ типа Au–Si(Ni)–Sb при ИВГД свидетельствуют о том, что создание на их основе тензопреобразователей даст возможность “визуального” наблюдения динамики происходящих термодинамических процессов и определения их физических параметров, которые откроют возможность их усовершенствования и увеличения их надежности в эксплуатации.

Список литературы

- [1] А.Л. Полякова. *Деформация полупроводников и полупроводниковых приборов* (М., Наука, 1979). с. 168.
- [2] М.К. Бахадырханов, С.З. Зайнабидинов. Изв. АН УзССР, **6**, 73 (1976).
- [3] О.О. Маматкаримов. Автореф. канд. дис. РУз (Ташкент, 1993).
- [4] А. Абдураимов, С.З. Зайнабидинов, О.О. Маматкаримов, О. Химматкулов, Т.Э. Худайбергенов. ПТЭ, № 5, 229 (1992).
- [5] А. Абдураимов, С.З. Зайнабидинов, О.О. Маматкаримов, И.Г. Турсунов, О. Химматкулов. ФТП, **27**, 516 (1993).

Редактор Т.А. Полянская

Dynamic strain properties of diodes with a Shottky barrier under pulsing hydrostatic pressure

O.O. Mamatkarimov, S.Z. Zainabidinov,
A. Abduraimov, R.Kh. Khamidov, U.A. Tuichiev

M. Ulugbek Tashkent State University,
700095 Tashkent, Uzbekistan

Abstract In the present work were investigated dynamic strain properties of diodes with a Shottky barrier of Au–Si(Ni)–Sb type under pulsing hydrostatic pressure in the range $P = (0-5) \cdot 10^8$ Pa at $T = 300$ K. VАН of the diodes under pulsing hydrostatic pressure show that due to an additional temperature effect stimulated by pulsing pressure the dynamic parameters of the strain effect increase by 20–30% in comparison with their static strain properties.