

ВЛИЯНИЕ ИОННОЙ КОМПОНЕНТЫ НА ПРОЦЕССЫ ГЕНЕРАЦИИ ЭДС И ТОКОВ В ПЛЁНОЧНЫХ Si/Si СТРУКТУРАХ, ПОЛУЧЕННЫХ ВАКУУМНЫМ ОСАЖДЕНИЕМ

INFLUENCE OF THE IONIC COMPONENT ON THE PROCESSES OF EMF AND CURRENT GENERATION IN Si / Si FILM STRUCTURES OBTAINED BY VACUUM DEPOSITION

С.Е.Максимов¹, Б.М.Абдурахманов¹, Х.Б.Ашуров¹, Ф.Г.Джуробекова², Ш.К.Кучканов¹, С.Ж.Ниматов^{1,3}

S.E.Maksimov¹, B.M.Abdurakhmanov¹, Kh.B.Ashurov¹, F.G.Djurabekova², Sh.K.Kuchkanov¹, S.J.Nimatov^{1,3}

¹Arifov Institute of ion plasma and laser technologies, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Dormon Yuli str., 33, 100125, Uzbekistan; e-mail: maksimov_s@yahoo.com Telegram: +998-93-510-92-06

²Department of Physics, University of Helsinki, Finland;

³I.A.Karimov Tashkent State University, Tashkent, University str., 2, 100095, Uzbekistan

Abstract: The investigations of the generation of electromotive forces and currents under heating have been carry out on the Si/Si p-n film structures obtained by vacuum deposition. It is shown that presence of ionized component in the deposited material enhances the generation processes in view of the creation of deep defect levels in film structures.

Одной из наиболее актуальных проблем современной альтернативной энергетики является создание недорогих эффективных преобразователей в электричество тепловой энергии от различных источников. Особый интерес в этой связи представляет термоэлектрический эффект – генерация в кремнии и других полупроводниках эдс и носителей зарядов, величина которой зависит от дефектов структуры [1]. Показано [1], что условием эффекта является обеспечение в кремниевом материале концентрации глубоких энергетических уровней свыше 10^{18}см^{-3} независимо от их природы, а в [2] экспериментально наблюдалось значительное увеличение эдс и токов при нагреве полученных вакуумным осаждением плёночных p-n-структур после γ -облучения с дозой 10^9 рад, что однозначно свидетельствует о связи процессов генерации с дефектами собственной структуры. В этой связи, представляет интерес исследование возможности усиления термоэлектрических свойств полупроводниковых плёночных p-n-структур за счёт создания дефектов собственной структуры ионизированной компонентой продуктов осаждения непосредственно в процессе их роста.

В таблице приведены результаты бомбардировки поверхности мишеней Si ионами Si^+ в диапазоне энергий от 100 эВ до 1000 эВ.

Ion energy E_0 , eV	$R_p \pm \Delta R_p$ (angstrom)	$R_{\text{grad}} \pm \Delta R_{\text{grad}}$ (angstrom)	N_V
100	7.3 ± 4.02	4.66 ± 2.7	5.91
200	11.58 ± 6.36	7.15 ± 4.22	11.66
300	15.09 ± 8.32	9.11 ± 5.44	13.03
400	18.31 ± 10.13	10.91 ± 6.59	16.37
500	21.16 ± 11.6	12.54 ± 7.58	19.61
1000	34.01 ± 18.61	19.38 ± 11.85	35.19

Здесь R_p - это среднее значение прогнозируемых диапазонов, а ΔR_p - его стандартное отклонение, R_{grad} - среднее значение радиального проецируемого диапазона в плоскости, перпендикулярной оси OX, а ΔR_{grad} - его стандартное отклонение, N_V - среднее количество вакансий на один падающий атом.

На рис.1 представлены распределения вероятностей создания вакансий при разных энергиях E_0 ионов кремния при бомбардировке поверхности кремниевой мишени.

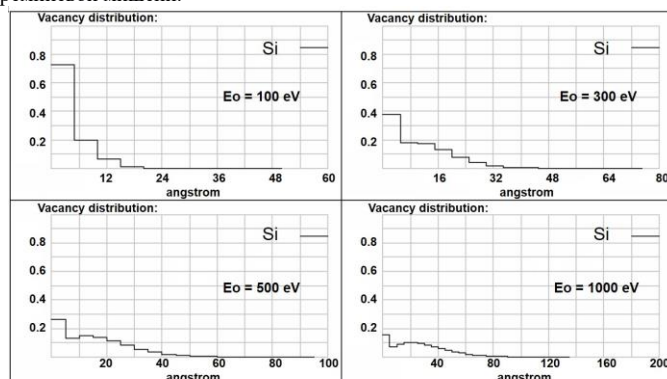


Fig.1. Probability of creation of vacancies by Si^+ ions at various E_0 energies.

Исходя из этих результатов, можно видеть, что при энергиях ионов 500 эВ вероятность образования вакансий простирается до глубины 50 Å и распределяется более равномерно с учетом непрерывного роста плёнок, и данная энергия выбрана нами в дальнейших экспериментах.

Плёночные кремниевые p-n-структуры были получены на установке вакуумного осаждения (Рис.2) в вакууме 10^{-6} Торр при температурах подложек ≤ 1000 К. Степень ионизации осаждаемого потока составляла от

0,15 до 1% при скорости роста плёнок от 0,6 до 1 мкм/мин. Оценка влияния ионного облучения свидетельствует, что плёнки, полученные при осаждении из частично ионизированного потока, показывают при нагреве в области температур 400-700 К более высокие напряжения холостого хода U_{xx} и тока короткого замыкания I_{sc} по сравнению с образцами, выращенными в тех же условиях, но без наличия ионной компоненты (рис.3). Значения U_{xx} и I_{sc} , зависят от температуры образцов; так, при нагреве до 700 К величина U_{xx} возрастает более чем вдвое, а I_{sc} – примерно в 5 раз по сравнению с плёнками, выращенными без ионизированной компоненты.

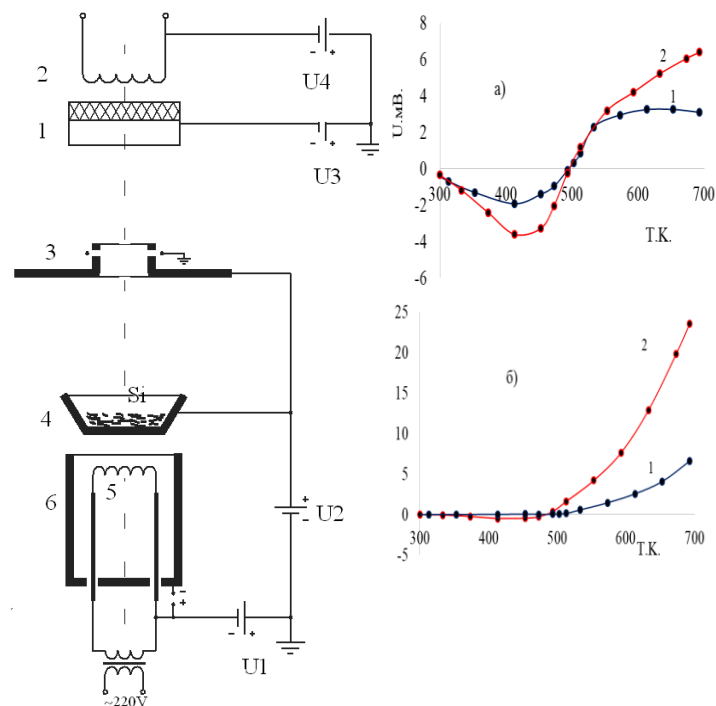


Fig.2. Block diagram of the installation of ion-stimulated vacuum film deposition [2]: 1- holder of substrates; 2.5 - heating system cathodes; 3 - ionizer; 4 - crucible; 6 - reflector; U1- U4 - working potentials

Fig. 3. Generation of open circuit voltage U_{oc} (a) and short circuit current I_{sc} in Si/Si p-n film structures obtained by vacuum deposition from non-ionized (1) and partially ionized flows (2) during heating.

Наблюдаемое увеличение объясняется созданием бомбардирующими ионами в структуре осаждаемой плёнки в процессе её роста дополнительных дефектов, ответственных за процессы генерации эдс и носителей заряда при нагреве. Таким образом, ионно-стимулированное вакуумное осаждение может служить эффективным методом получения плёночных полупроводниковых структур для создания на их основе преобразователей тепловой энергии в электрическую, способных работать в области достаточно высоких температур.

[1] M.S.Saidov, B.M.Abdurakhmanov, L.O.Olimov, Applied Solar Energy 43 (2007) 203.

[2] Б.М.Абдурахманов, М.Х.Ашуров, Х.Б.Ашуров, Ш.К.Кучканов, С.Е.Максимов, С.Ж.Ниматов, Узбекский физический журнал 16(3) (2014) 219