

Влияние внешних воздействий на фотоэлектрические параметры аморфного гидрированного кремния в зависимости от исходных характеристик пленок

© Н. Рахимов, У. Бабаходжаев, Х. Мавлянов, Р. Икрамов

Наманганский государственный университет,
716019 Наманган, Узбекистан

(Получена 6 декабря 2000 г. Принята к печати 7 декабря 2000 г.)

Проведены исследования влияния вакуумных отжигов, имплантации ионов Si^+ и облучения светом на фотоэлектрические параметры пленок $a\text{-Si:H}$. Показана решающая роль исходных характеристик пленок для эффекта кристаллизации, а также для проявления эффекта Стаблера–Вронского.

Настоящая работа посвящена исследованиям влияния термической обработки (отжигов) в вакууме, имплантации ионов Si^+ с энергией в диапазоне кэВ и облучения светом (AM1) на фотоэлектрические параметры $a\text{-Si:H}$. Цель работы — показать влияние этих факторов на фотопроводимость пленок в зависимости от их исходных характеристик.

Нами исследовались пленки как "собственного" $a\text{-Si:H}$, для которого энергия $(\varepsilon_C - \varepsilon_F)_{T=0} = 0.85$ эВ, т.е. уровень Ферми ε_F находится в середине щели подвижности, так и "псевдолегированные" пленки с энергией Ферми $(\varepsilon_C - \varepsilon_F)_{T=0} < 0.85$ эВ. Для определения этой величины, как обычно, проводились измерения энергии активации темновой проводимости $\Delta E = (\varepsilon_C - \varepsilon_F)_{T=0}$; ε_C — край зоны проводимости. Кроме того, наряду с пленками, имеющими микроструктурный параметр $R \approx 0$, т.е. фактически содержащими только моногидридные комплексы SiH , исследовались пленки с $R = 0.6\text{--}0.7$, в которых вклад дигидридных комплексов SiH_2 был весьма высок. Микроструктурный параметр определялся общепринятыми методами на основе анализа инфракрасных (ИК) спектров поглощения.

Рассмотрим влияние отжига в вакууме 10^{-6} Торр на свойства пленок, имеющих $R \approx 0$. Температура их осаждения составляла $T_d = 300^\circ\text{C}$, температура отжига T_A последовательно возрастала до 360°C в течение 30 мин. При максимальной температуре T_A энергия активации темновой проводимости псевдолегированных пленок ΔE приближалась к величине 0.85 эВ, т.е. материал становился "собственным". Соответственно изменялась фотопроводимость и падала величина плотности дефектов — оборванных связей Si–Si, определяемая методом постоянного фототока (СРМ). Таким образом, данная термообработка может рассматриваться как метод увеличения "выхода" материала приборного качества при неконтролируемых отклонениях условий осаждения пленок от оптимальных.

Вышеописанный материал с точки зрения получения на его основе поликристаллического кремния, как известно, вызывает в настоящее время очень большой интерес для применений его в солнечных элементах, тонкопленочных полевых транзисторах и интегральных

схемах. В последние годы было показано, что поликремний, полученный в результате кристаллизации $a\text{-Si:H}$, имеет лучшую структуру (большие размеры зерен) и, соответственно, более высокую электропроводность по сравнению с материалом, осажденным методом термического разложения силана при $T_d = 625^\circ\text{C}$ [1].

На рис. 1 представлена зависимость электропроводности от времени отжига (t_A) при $T_A = 600^\circ\text{C}$ в вакууме 10^{-6} Торр для одной из пленок собственного $a\text{-Si:H}$, имеющих $R \approx 0$. Зависимость показывает динамику кристаллизации — видно, что резкое увеличение электропроводности наблюдается после $t_A = 160$ мин. На том же рисунке представлена аналогичная зависимость для другой пленки $a\text{-Si:H}$ с микроструктурой, имеющей $R = 0.7$. Видно, что в этом случае тенденция к кристаллизации наблюдается при значительно более низких значениях t_A .

Обратимся теперь к результатам, касающимся влияния имплантации ионов Si^+ в пленки $a\text{-Si:H}$, отличающиеся по микроструктуре. Энергия пучка ионов составляла $E = 60$ кэВ, дозы имплантации составляли $D = 10^{12}$ и 10^{13} см^{-2} . После имплантации, проводимой при комнатной температуре, пленки отжигались в вакууме $(3\text{--}4) \cdot 10^{-5}$ Торр в течение 1 ч при температуре 200°C .

До имплантации пленки были собственными, но имели различные величины микроструктурного параметра

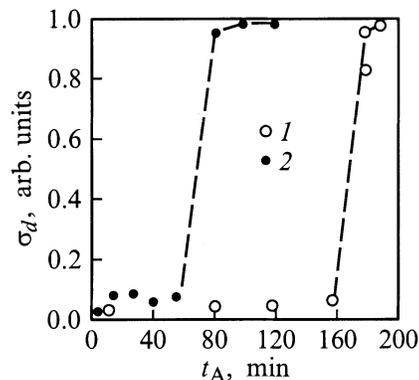


Рис. 1. Электропроводность пленок $a\text{-Si:H}$ под действием отжига: 1 — пленка, имеющая $R \approx 0$; 2 — пленка, имеющая $R = 0.7$.

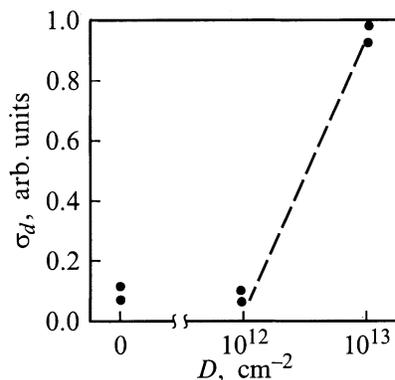


Рис. 2. Влияние имплантации ионов Si^+ на электропроводность пленки $a\text{-Si:H}$, имеющей $R = 0.7$.

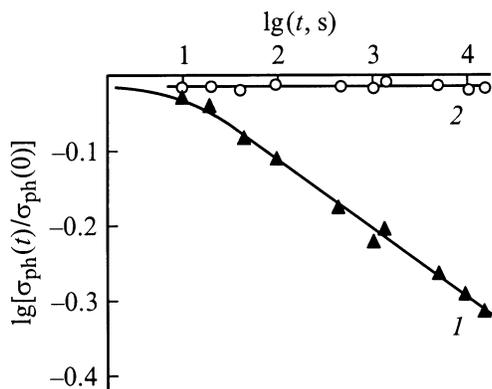


Рис. 3. Кинетика фотопроводимости пленок $a\text{-Si:H}$ под воздействием освещения АМ1 в зависимости от микроструктуры R : 1 — $R = 0.2$, 2 — $R = 0.7$. Номера кривых 1 и 2 соответствуют номерам пленок 1 и 2.

R ($R \approx 0$ и $R = 0.7$). Однако после имплантации поведение электропроводности этих пленок оказалось существенно различным. Если электропроводность пленок, имеющих $R \approx 0$, не изменялась, то для пленок, имеющих $R = 0.7$, она резко возрастала после дозы имплантации $D = 10^{13} \text{ см}^{-2}$, как это показано на рис. 2. Таким образом, наблюдается картина, отражающая тенденцию кристаллизации, сходная с представленной на рис. 1 для пленок, имеющих аналогичную микроструктуру.

Далее рассмотрим кинетику фотопроводимости пленок $a\text{-Si:H}$, имеющих различную микроструктуру, под действием облучения светом АМ1. На рис. 3 приведены данные для двух типичных собственных пленок. Температура осаждения обеих пленок составляла $T_d = 350^\circ\text{C}$, содержание водорода $C_H = 5\text{--}6 \text{ ат}\%$, однако величины параметра R отличались: $R = 0.2$ и $R = 0.7$ (для пленок 1 и 2 соответственно). Величина γ характеризует скорость деградации фотопроводимости ($\sigma_{\text{ph}} \propto t^{-\gamma}$). Освещение проводилось при комнатной температуре. Видно, что фотопроводимость пленки 2 постоянна, т.е. эффект Стаблера–Вронского отсутству-

ет. Как известно, диффузия водорода играет для этого эффекта решающую роль. Поэтому можно полагать, что комплексы SiH_2 обладают более высокой стабильностью по сравнению с комплексами SiH . Они обычно локализируются на поверхностях микрополостей в аморфной матрице пленки $a\text{-Si:H}$ [2], фактически образуя кластеры. Именно эти кластеры, скорее всего, служат центрами, ответственными за кристаллизацию материала не только при сравнительно низкотемпературных отжигах, но и при воздействии имплантации ионов Si^+ в диапазоне кэВ.

Список литературы

- [1] M. Sudhar, D.D. Cyung, W.A. Anderson, J. Coleman. MRS Symp. Proc., **356**, 921 (1995).
- [2] K. Zellama, L. Chahed, P. Sládek, M.L. Thèye, J.H. von Bardeleben, P. Roca i Cabarrocas. Phys. Rev. B, **53** (7), 3804 (1996).

Редактор Т.А. Полянская

Influence of the treatment on photoelectrical parameters of $a\text{-Si:H}$ and its relationship with initial film characteristics

N. Rahimov, U. Babakhodzaev, Kh. Mavlyanov, R. Ikramov

Namangan State University,
716019 Namangan, Uzbekistan

Abstract The influence of vacuum annealings, Si^+ ion implantation and light irradiation on $a\text{-Si:H}$ photoelectrical parameters has been investigated. The film microstructure was shown to be of utmost importance both for their crystallization and Staebler–Wronski effect.