

06;07;12

Влияние анодного травления сильно легированного кремния на положение плазменного минимума

© В.Б. Шуман

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию 24 декабря 1998 г.

Приведены экспериментальные результаты, показывающие, что при формировании слоев пористого Si на сильно легированном n -Si минимум в спектре отражения сильно смещается в область меньших частот.

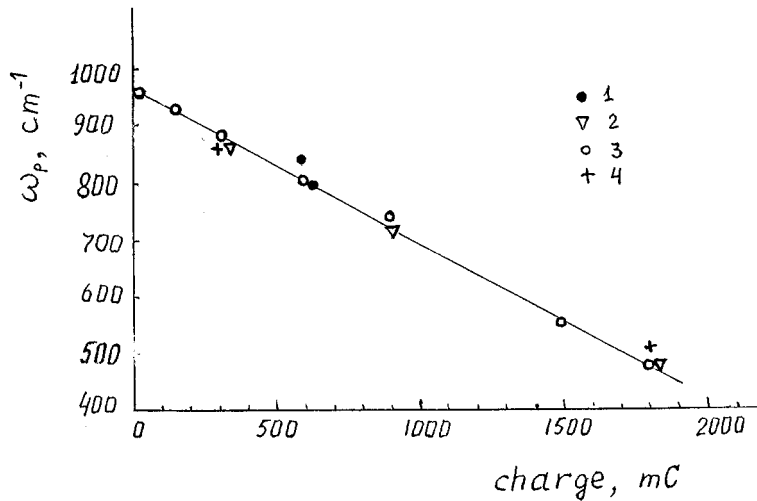
В последние годы появились работы, в которых предлагается использовать слои пористого кремния (ПК) в качестве антиотражающих покрытий кремниевых солнечных элементов (СЭ). Так, например, в [1] анодирование осуществлялось без внешнего источника тока (за счет собственной фотоэдс), в [2] — с внешним источником, в [3] слой ПК формировали путем окрашивающего травления. При этом в планарных СЭ на образование ПК расходуется часть эмиттерного слоя, который представляет собой тонкий (менее $1 \mu\text{m}$) сильно легированный слой p -типа [1] либо n -типа [2,3].

В спектре отражения от поверхности вырожденного полупроводника в инфракрасной области имеется минимум при частоте ω_p , положение которого определяется концентрацией свободных носителей, эффективной массой и диэлектрической постоянной полупроводника [4,5]. Поскольку в слое ПК коэффициент преломления ниже, чем в монокристаллическом кремнии, и зависит, в основном от его пористости [6], представляет интерес проследить за изменением ω_p после анодирования сильно легированного кремния.

Для формирования ПК использовались пластины кремния:

а) однородно легированные при выращивании мышьяком либо бором до концентрации $\sim 2.3 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, с ориентацией $\langle 111 \rangle$,

б) n^+pn^+ и p^+pp^+ структуры, полученные путем диффузии фосфора либо бора на глубину $1.4 \mu\text{m}$ в слаболегированный n - либо p -Si соответственно. Поверхностная концентрация примесей в диффузионных



Зависимость частоты плазменного минимума от плотности заряда, протекавшего при анодировании кремния с концентрацией доноров $2.3 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$. Плотность тока mA/cm^2 : 1 — 2, 2 — 5, 3 — 15, 4 — 50.

слоях оценивалась по кривым Ирвина [7] и по положению плазменного минимума [5], причем оба метода дали практически совпадающие значения $\sim 2.0 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$. Анодирование кремния проводилось в водно-спиртовом растворе HF (1:1:2) при плотности тока 2–50 mA/cm^2 . Толщина слоя ПК была менее $1 \mu\text{m}$. Спектральная зависимость коэффициента отражения определялась с помощью спектрофотометра ИКС-29 с приставкой ИПО-22, в интервале $4000\text{--}400 \text{ cm}^{-1}$ при комнатной температуре.

Заметное смещение положения плазменного минимума наблюдается только после анодирования $n\text{-Si}$ и диффузионных n^+ -слоев. Зависимость положения плазменного минимума от плотности заряда Q , протекавшего при формировании слоя ПК на однородно легированном $n\text{-Si}$, показана на рисунке. После формирования ПК ω_p смещается в область меньших частот, причем это смещение линейно зависит от величины заряда Q и практически не зависит от плотности анодного тока. После анодирования диффузионных n^+ -слоев наблюдается та же тенденция — плазменный минимум смещается в область меньших частот. Однако это

смещение еще более значительное — возможно, это связано с тем, что легирование диффузионных слоев почти на порядок выше, чем у кремния, легированного при выращивании. Так, для однородно легированного n -Si при $Q = 500$ мС смещение $\Delta\omega_p \approx 130$ см⁻¹, тогда как для диффузионных слоев на пластинах с ориентацией $\langle 111 \rangle \Delta\omega_p \approx 210$ см⁻¹, а на пластинах с ориентацией $\langle 100 \rangle \Delta\omega_p \approx 500$ см⁻¹.

Приведенные экспериментальные результаты показывают, что этот метод может быть использован для бесконтактного неразрушающего экспресс-контроля характеристик слоев ПК, сформированных в качестве антиотражающих покрытий на эмиттерных слоях СЭ со структурой n^+pp^+ .

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 96-02-17902.

Список литературы

- [1] Prasad A., Balakrishnan S., Jain S.K., Jain G.C. // Journ. El. Soc. 1982. V. 129 (3). P. 596.
- [2] Strehlke S., Sarti D., Krotkus A., Grigoras K., Levy-Clement C. // Thin Solid Films, 1997. V. 297. P. 291–295.
- [3] Shirone L., Sotgiu G., Califano F.P. // Thin Solid Films. 1997. V. 297. P. 296–298.
- [4] Spitzer W.G., Fan H.Y. // Phys. Rev. 1957. V. 106 (5). P. 882–889.
- [5] Gardner E.E., Kappallo W., Gordon C.R. // Appl. Phys. Lett. 1966. V. 9 (12). P. 432–434.
- [6] Hardeman R.W., Beale M.I.J., Gasson D.B., Keen J.M., Pickering C., Robbins D.J. // Surf. Sci. 1985. V. 152/153. P. 1051–1062.
- [7] Irvin J.C. // Bell Syst. Techn. J. 1962. V. 41. P. 387–410.