

УДК 546

Влияние температуры и времени на угол смачивания стеклом монокристалла кремнияД.В. Комаров

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.А. Дитц
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: dvk66@tpu.ru

A temperature and time influence on the wetting angle of a silicon single crystal by glassD.V. Komarov

Scientific Supervisor: Assoc. Prof., PhD. A.A. Ditts
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
Email: dvk66@tpu.ru

Abstract. *In the present study, we melt glass composition on the single crystal silicon for researching influence of time and temperature on contact angle.*

Key words: *passivation glass coating, p-n junction, contact angle.*

Введение

Одним из этапов в производстве полупроводников является этап нанесения защитного покрытия на p-n переход, которое обеспечивает его защиту от действий внешних вредных факторов. Покрытие может иметь различную природу: органические лаки, осаждение оксидной (нитридной) пленки из газовой фазы, неорганические стекла [1]. Наиболее перспективными являются покрытия из неорганических стекол [2].

Актуальность работы обусловлена тем фактом, что на сегодняшний день на рынке России отсутствуют отечественные решения, хотя советская наука в области электровакуумных стёкол была одной из ведущих в мире [3]. Поэтому важно в рамках политики импортозамещения разработать собственные аналоги зарубежных стёкол для обеспечения технологической независимости и повышения конкурентоспособности.

Цель исследования: определить возможность применения промышленного стекла марки С40-1 в качестве защитного покрытия для подложек чистого монокристалла кремния и монокристалла кремния с покрытиями (диоксида кремния, нитрида кремния) в зависимости от температуры и времени.

Экспериментальная часть

В работе для определения качества смачивания стеклом подложки монокристалла кремния определяли краевой угол смачивания стекла. Применялась следующая методика: спрессованный в цилиндр порошок стекла марки С40-1 помещался на подложку монокристалла кремния и отправлялся в трубчатую печь. Нагрев печи осуществляли до температуры 1100 °С со скоростью нагрева 5-6 °С в минуту. С одной стороны печи на некотором расстоянии устанавливали пироскоп с цифровой камерой с выводом изображения в реальном времени на персональный компьютер, а с другой стороны печи устанавливался источник света для подсветки полости трубы и образца, схема установки представлена на рисунках 1, 2. Далее проводили съёмку изображения каждые 50 °С при низких температурах и каждые 20 °С при высоких температурах. Фотографии образца при комнатной температуре и при температуре 1100 °С представлены на рисунках 2, 3.

Процесс смачивания исследовали на подложках монокристалла кремния без покрытия, с покрытием из оксида кремния (SiO₂), с покрытием из нитрида кремния (Si₃N₄). Нанесение покрытий осуществляли в производственных условиях из газовой фазы.

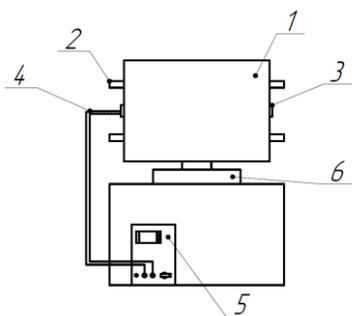


Рис. 1. Схема печи

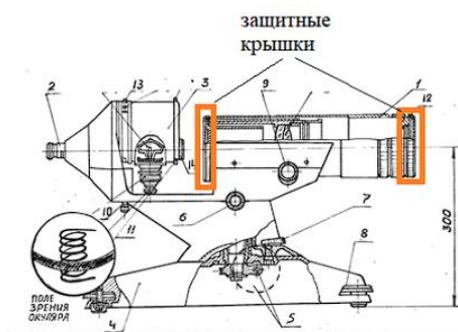


Рис. 2. Схема пироскопа

Далее на фотографиях с помощью специального программного обеспечения измерялся угол смачивания стекломассой плоскости подложки монокристалла.

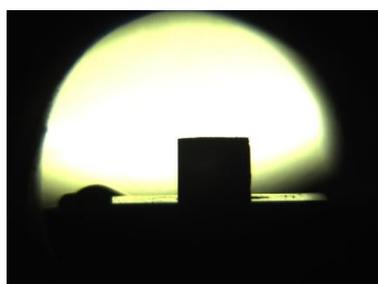


Рис. 3. Фотографии образца в печи при комнатной температуре

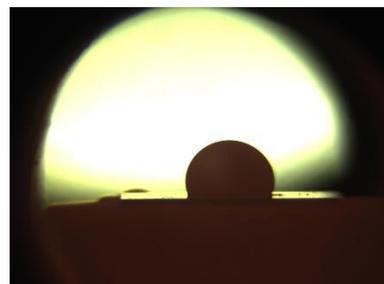


Рис. 4. Фотографии образца в печи при температуре 1100 °C

Результаты

На рисунках 5–7 показаны зависимости угла смачивания θ стекла С40-1 от температуры t на подложках с разным покрытием. На рисунках 8–10 показаны зависимости угла смачивания θ от времени выдержки τ стекла С40-1 при температуре 1100 °C.

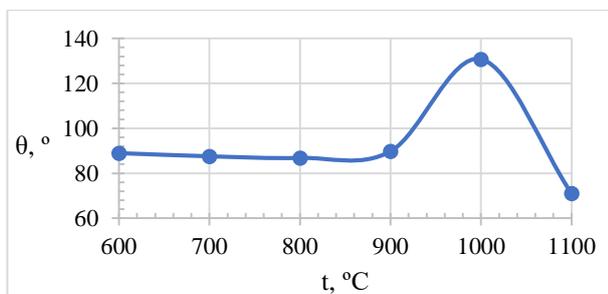


Рис. 5. Зависимость угла смачивания стекла от температуры на подложке кремния

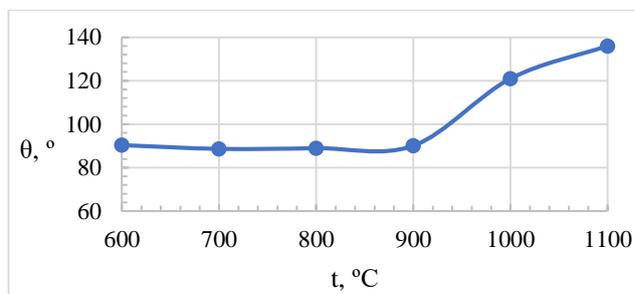
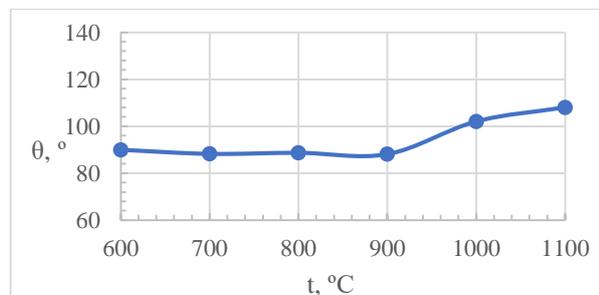
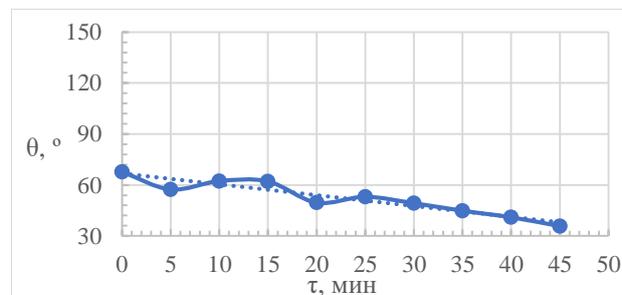
Рис. 6. Зависимость угла смачивания стекла от температуры на подложке кремния с покрытием SiO_2 Рис. 7. Зависимость угла смачивания стекла от температуры на подложке кремния с покрытием Si_3N_4 

Рис. 8. Зависимость угла смачивания от времени выдержки стекла при температуре 1100 °C на подложке кремния

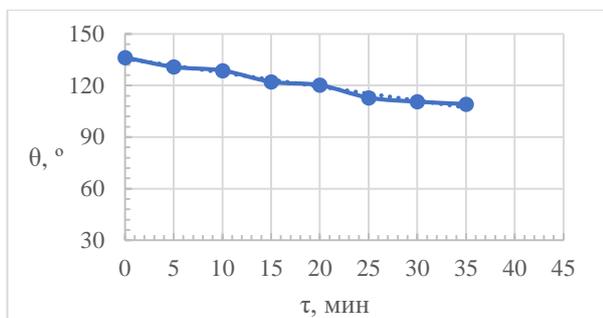


Рис. 9. Зависимость угла смачивания от времени выдержки стекла при температуре 1100 °C на подложке кремния с покрытием SiO_2

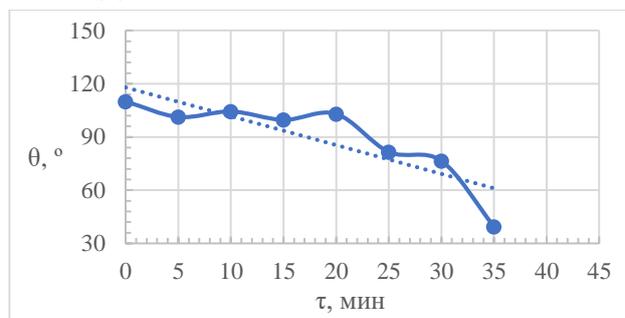


Рис. 10. Зависимость угла смачивания от времени выдержки стекла при температуре 1100 °C на подложке кремния с покрытием Si_3N_4

На рисунках 11–13 показаны микроснимки спаев стекла с подложками.

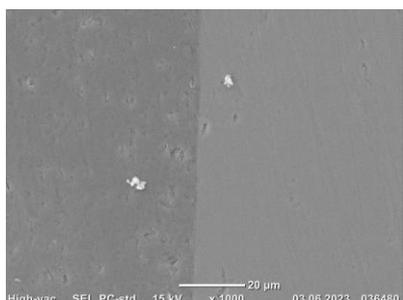


Рис. 11. Микроснимок спая стекла с подложкой без покрытия, выдержанной при 1100 °C 45 минут

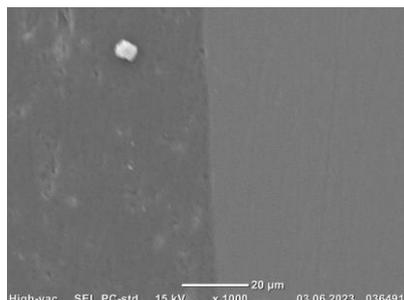


Рис. 12. Микроснимок спая стекла с подложкой с покрытием SiO_2 , выдержанной при 1100 °C 35 минут

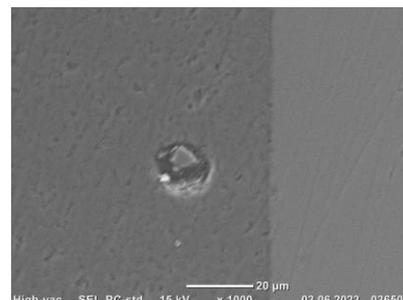


Рис. 13. Микроснимок спая стекла с подложкой с покрытием Si_3N_4 , выдержанной при 1100 °C 35 минут

Заключение

Стекло С40-1 смачивает подложку монокристалла кремния без покрытия при температуре 1100 °C и выдержке 45 минут (угол смачивания составляет 35°). При кратковременном нагреве растекание только начинается.

Подложка с покрытием SiO_2 не смачивается стеклом С40-1 (угол смачивания более 90°). Такое отсутствие взаимодействия стекла с данной подложкой, вероятно, связано с медленным растворением покрытия в расплаве стекла и значительным увеличением его вязкости.

Подложку монокристалла кремния с покрытием Si_3N_4 стекло С40-1 начинает смачивать при увеличении времени выдержки (угол смачивания уменьшается со 108° до 40°).

Микроснимки спаев стекла с подложками всех типов показали химическую инертность стекла к подложке. На всех снимках наблюдаются четкие, ровные, беспористые и бездефектные границы раздела «стекло-подложка». Это означает, что стекло не будет разрушать подложку.

Список литературы

1. Ключева В.А. Обзор методов нанесения кремниевых покрытий // Международный научный журнал. – 2016. – № 10. – С. 236–245.
2. Саркаров Т.Э. Способ защиты поверхности кристаллов р-п переходов от различных внешних воздействий // Сборник материалов конференции «Неделя Науки». – 2017. – С. 164–166.
3. Комаров Д.В. Влияние температуры и времени на условия смачивания стекольными расплавами монокристаллического кремния // Химия и химическая технология в XXI веке. – Томск : Изд-во ТПУ, 2023. – Т. 1. – С. 109–111.