

Лазерная резка кремниевых подложек изготовленных методом Taiko*В. С. Кондратенко, Лу Хунг-Ту, А. С. Наумов, И. Э. Великовский*

Описан результат успешного применения метода лазерного управляемого термораскалывания при резке кремниевых подложек Тайко (Taiko) толщиной 50–250 мкм по замкнутому круговому контуру.

Ключевые слова: лазерное управляемое термораскалывание, ЛУТ, кремниевая подложка.

Ссылка: Кондратенко В. С., Лу Хунг-Ту, Наумов А. С., Великовский И. Э. // Прикладная физика. 2020. № 1. С. 71.

Reference: V. S. Kondratenko, Lu Hung-Tu, A. S. Naumov, and I. E. Velikovskiy, Applied Physics, No. 1, 71 (2020).

Введение

Технологический процесс изготовления различных приборов микро- и оптоэлектроники на основе кремниевых подложек включает одну из важных заключительных операций – утонение исходной приборной пластины толщиной 700–900 мкм со сформированными структурами до толщины 50–250 мкм. Процесс утонения осуществляется с помощью абразивных суспензий или связанного алмазно-абразивного инструмента. В связи с высокой хрупкостью утоненных пластин в ряде случаев предлагается проводить дополнительное полирование шлифованной поверхности пластины с целью уменьшения нарушенного трещиноватого слоя [1]. Однако данная технология сопровождается существенным по-

вышением трудоемкости и приводит к дальнейшему повышению себестоимости продукции.

В последнее время большую популярность получила новая технология утонения кремниевых подложек под названием «Taiko», что в переводе с японского языка означает «барабан». Подложка Taiko представляет собой вышлифованную сердцевину подложки до заданной толщины $th1$, удерживаемую нетронутым кольцом кремния с исходной толщиной $th2$ (см. рис. 1) [2]. По существу, подложка Taiko представляет собой сверхтонкую мембрану, расположенную внутри узкого кольца шириной порядка 3 мм.

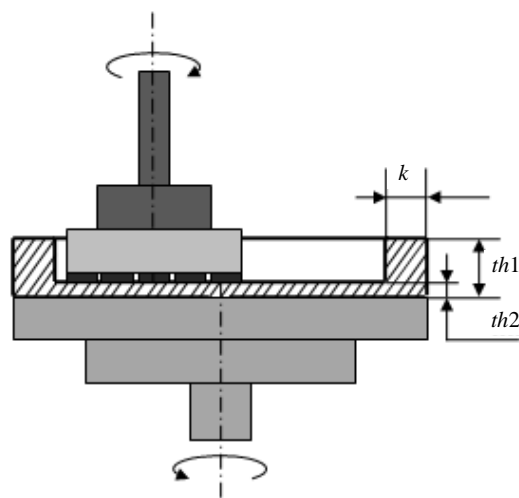


Рис. 1. Схема процесса утонения подложки «Taiko».

С учетом тенденции уменьшения толщины кремниевых приборных пластин до 40–

Кондратенко Владимир Степанович^{1,2}, д.т.н., профессор.

Лу Хунг-Ту², президент компании, к.т.н.

Наумов Александр Сергеевич², директор, к.т.н.

Великовский Илья Эдуардович², нач. лаб., к.т.н.

¹ МИРЭА – Российский технологический университет (РТУ МИРЭА).

Россия, 119454, Москва, проспект Вернадского, 78.

E-mail: vsk1950@mail.ru

² Компания Nanoplus Tech. (Тайвань).

Тайвань, 11493, Тайбэй, район Нейху, бульвар Тайдинг, секция 2, № 181.

Статья поступила в редакцию 9 января 2020 г.

© Кондратенко В. С., Лу Хунг-Ту, Наумов А. С., Великовский И. Э., 2020

60 мкм [3, 4], применение данной технологии Таiko становится наиболее перспективным благодаря неоспоримым преимуществам:

- снижение трудоемкости процесса утонения;
- удобство межоперационной транспортировки пластины;
- повышение прочности и снижение деформации пластины.

Прежде чем передать кремниевую приборную пластину на финишную операцию резки на кристаллы (чипы), необходимо удалить удерживающее утоненную подложку кремниевое кольцо. Зачастую осуществляют металлизацию вышлифованной поверхности перед операцией удаления. Таким образом, новая технология утонения приборных пластин Таiko предусматривает наличие дополнительной операции удаления удерживающего кольца.

В настоящее время существует различные технологии и оборудование для удаления кольцевого ободка:

- удаление кольца путем его шлифования до толщины утоненной подложки или круговой дисковой обрезки [5];
- удаление кольца круговым сквозным скрайбированием CO_2 -лазером.

Все перечисленные технологии обладают одним главным недостатком – наличием микротрещин и сколов по контуру вдоль линии обрезки, которые, являясь концентратором напряжений, зачастую приводят к разрушению всей пластины или её периферийных участков за счет распространяющихся от края к центру трещин (рис. 2).

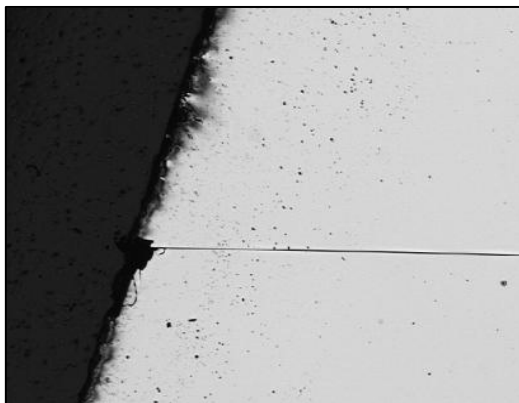


Рис. 2. Фрагмент края подложки с трещиной после обрезки кольцевой кромки методом лазерного скрайбирования CO_2 -лазером.

С целью решения указанной проблемы была выполнена работа по использованию для резки кремниевых подложек Таiko широко известного метода лазерного управляемого термораскалывания (ЛУТ) [6], отличительными преимуществами которого являются [7–16]:

- отсутствие микротрещин и концентраторов напряжений вдоль линии резки;
- повышение механической прочности кромки после ЛУТ до 5 раз по сравнению с механической резкой или лазерным скрайбированием;
- высокая чистота процесса резки, основанная на безотходности процесса резки;
- высокая скорость резки (до 1000 мм/с);
- надежность и высокая повторяемость процесса.

Целью данной работы является описание успешного применения метода лазерного управляемого термораскалывания при резке кремниевых подложек Таiko (Таiko) толщиной 50–250 мкм по замкнутому круговому контуру.

Экспериментальная часть

Компанией Nanoplus Tech. (Тайвань) в соответствии с техническим заданием заказчика было разработано и изготовлено новое технологическое оборудование для круговой резки кремниевых подложек по замкнутому контуру методом ЛУТ (см. рис. 3) [17]. В установке использованы два лазера: УФ-лазер для удаления металлизированного покрытия в зоне резки и нанесения первичного дефекта для зарождения трещины ЛУТ, а также полупроводниковый лазер с длиной волны 808 нм для осуществления процесса ЛУТ кремниевой подложки.



Рис. 3. Лазерная технологическая установка для удаления кольца методом ЛУТ.

В технологическом процессе и оборудовании предусмотрено предварительное локальное удаление металлизированного покрытия, нанесенного на нерабочую поверхность кремниевой пластины и являющегося отражающим для излучения полупроводникового лазера. Удаление покрытия в кольцевой зоне шириной порядка 200 мкм осуществляется с помощью УФ-лазера с длиной волны 355 нм. После удаления покрытия с помощью этого же УФ-лазера наносится короткий первоначальный дефект по линии реза. Далее осуществляется непосредственно процесс ЛУТ по кольцевому контуру. Излучение полупроводникового (ПП) лазера подается через фокуси-

рующую линзу в место расположения первоначального дефекта с одновременной подачей струи воздушно-водяной смеси вслед за лазерным пучком. Процесс ЛУТ осуществляется со скоростью 200 мм/с.

По сравнению с методом сквозного скрайбирования CO₂-лазером (рис. 4, а), применение метода ЛУТ обеспечивает высокое качество кромки (рис. 4, б) и полное отсутствие микротрещин и сколов, что, в свою очередь, повышает механическую прочность вырезанной кремниевой подложки и исключает её повреждение и разрушение на последующих операциях обработки.

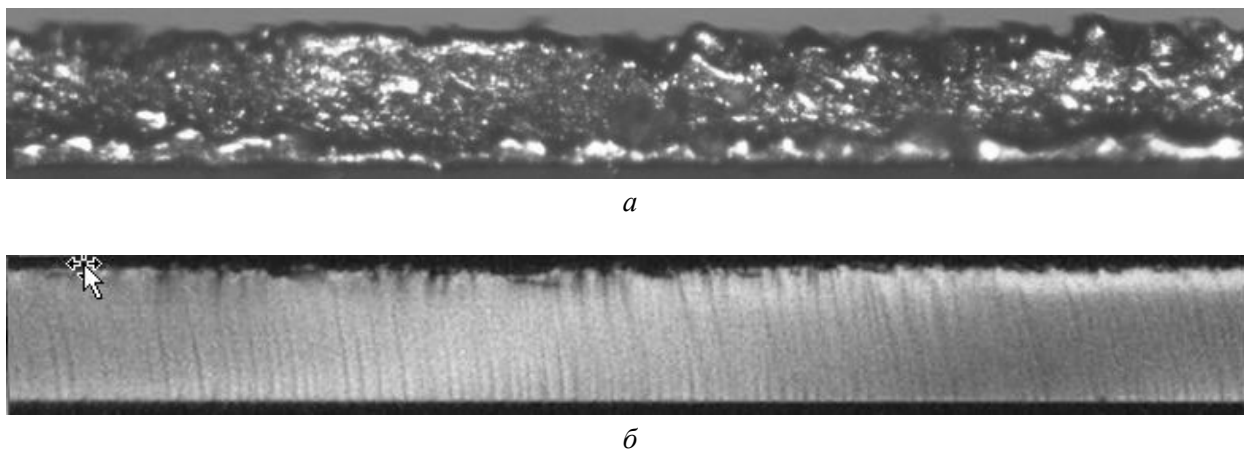


Рис. 4. Фотографии торца кремниевой подложки вдоль линии реза: а – после сквозного скрайбирования CO₂-лазером; б – после резки методом ЛУТ.

Заключение

Описан результат успешного применения метода лазерного управляемого термораскалывания (ЛУТ) при резке кремниевых подложек Тайко (Taiko) толщиной 50–250 мкм по замкнутому круговому контуру.

Применение метода ЛУТ при резке кремниевых подложек по кольцевому контуру обеспечивает высокий процент выхода годных изделий и способствует успешному продвижению новой технологии утонения кремниевых подложек Taiko.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухина У. // Электроника. НТБ. 2009. № 3. С. 80.
2. Интернет-сайт компании Диско: <http://www.disco.co.jp/eg/solution/library/taiko.html>

3. Бондарь Д. // Компоненты и технологии. 2012. № 11. С. 116.
4. Гутсман Б., Канишат П., Мюнцер М., Пфаффенленер М., Ласка Т. // Компоненты и технологии. 2010. № 8. С. 124.
5. Интернет-сайт компании Диско: <http://www.disco.co.jp/eg/solution/apexp/dicing/circle.html>
6. Кондратенко В. С. Способ резки неметаллических материалов / Патент РФ № 2024441 по заявке № 5030537/33 от 02.04.1992. Опубл. 15.12.1994. Бюл. № 23.
7. Kondratenko V., Tchernykh S., Gindin P. // Phys. Stat. Sol. (c): Conferences. 2003. P. 2232–2235.
8. Кондратенко В. С., Борисовский В. Е., Иванов В. И. Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2014. № 2. С. 76.
9. Кондратенко В. С., Голубятников И. В., Жималов А. Б. // Приборы. 2009. № 12 (114). С. 1.
10. Кондратенко В. С., Борисовский В. Е., Иванов В. И., Зобов А. К. // Приборы. 2015. № 9. С. 44.
11. Кондратенко В. С., Наумов А. С. // Приборы. 2011. № 10 (136). С. 37.

12. Кондратенко В. С., Зобов А. К., Наумов А. С., Лу Хунг-Ту // Фотоника. 2015. № 2 (50). С. 42.
13. Кондратенко В. С., Наумов А. С. // Вестник МГТУ МИРЭА. 2015. № 3 (8). С. 1.
14. Кондратенко В. С., Иванов В. И. // Прикладная физика. 2017. № 1. С. 36.
15. Кондратенко В. С., Кудж С. А. // Стекло и керамика. 2017. № 3. С. 5.
16. Kondratenko V. S., Kudzh S. A. // Glass and Ceramics. 2017. Vol. 74. Is. 3-4. P. 75.
17. Интернет-сайт компании Nanoplus Tech.: <http://www.nanoplustech.org/laser-cutting-product-1>

PACS: 81.05.-t

Laser cutting of the Taiko silicon substrates

V. S. Kondratenko^{1,2}, Lu Hung-Tu², A. S. Naumov², and I. E. Velikovskiy²

¹ MIREA – Russian Technological University
78 Vernadsky Ave., Moscow, 119454, Russia
E-mail: vsk1950@mail.ru

² Nanoplus Tech. Company (Taiwan)
No., 181, Sec. 2, Tiding Blvd., Neihu Dist., Taipei City, 11493, Taiwan (R.O.C.)

Received January 9, 2020

The result of the successful application of the method of laser controlled thermal cracking when cutting silicon Taiko (Taiko) substrates with a thickness of 50–250 μm in a closed circular circuit is described.

Keywords: laser controlled thermal cracking, LUT, silicon substrate.

REFERENCES

1. U. Mukhina, Elektronika. NTB, No. 3, 80 (2009).
2. Disco company internet website: <http://www.disco.co.jp/eg/solution/library/taiko.html>.
3. D. Bondar, Components and technologies, No. 11, 116 (2012).
4. B. Gutsman, P. Kanshat, M. Münzer, M. Pfaffenlener, and T. Laska, Components and technologies, No. 8, 124 (2010).
5. Disco company internet website: <http://www.disco.co.jp/eg/solution/apexp/dicing/circle.html>.
6. V. S. Kondratenko, Patent of Russian Federation № 2024441 on application № 5030537/33 from 02.04.1992. Ob. 15.12.1994 Bulletin №23.
7. V. Kondratenko, S. Tchernykh, and P. Gindin, Phys. Stat. Sol. (c): Conferences, 2232–2235 (2003).
8. V. S. Kondratenko, V. E. Borisovsky, and V. I. Ivanov, Oboron. Kompleks – Nauchn. Tekhnich. Progress, No. 2, 76 (2014).
9. V. S. Kondratenko, I. V. Golubyatnikov, and A. B. Zhimalov, Pribory, No. 12 (114), 1 (2009).
10. V. S. Kondratenko, V. E. Borisovsky, V. I. Ivanov, and A. K. Zobov, Pribory, No. 9, 44 (2015).
11. V. S. Kondratenko and A. S. Naumov, Pribory, No. 10 (136), 37 (2011).
12. V. S. Kondratenko, A. K. Zobov, and A. S. Naumov, Photonica, No. 2 (50), 42 (2015).
13. V. S. Kondratenko and A. S. Naumov, MSTU MIREA Vestnik, No. 3 (8), 1 (2015).
14. V. S. Kondratenko and V. I. Ivanov, Prikl. Fiz., No. 1, 36 (2017).
15. V. S. Kondratenko and S. A. Kudzh, Glass and ceramics, No. 3, 5 (2017).
16. V. S. Kondratenko and S. A. Kudzh, Glass and Ceramics **74** (3–4), 75 (2017).
17. Internet website of Nanoplus Tech company, Taiwan. <http://www.nanoplustech.com/en/technology/laser-cutting-technology/>