

Введение. Объемный кристалл оксида галлия (β -Ga₂O₃) представляет собой полупроводник с шириной запрещенной зоны около 4,8 эВ [1], с отличными электрическими характеристиками, такими как большое теоретическое электрическое поле пробоя, составляющее около 8 МВ/см [2]], высокая радиационная стойкость [3] и относительно высокая подвижность электронов (до 200 см²В⁻¹с⁻¹[4]).

β -Ga₂O₃ принадлежит к моноклинной системе, пространственной группе C2/m [5], с параметрами решетки $a = 12.214 \text{ \AA}$, $b = 3.0371 \text{ \AA}$, $c = 5.7981 \text{ \AA}$, $\beta = 103.83^\circ$, а также содержит два кристаллографически различных атома Ga в асимметричном соединении, один с тетраэдрической, другой с октаэдрической координационной геометрией. [6], что приводит к расслоению материала только в одном направлении при механическом воздействии. Это создает сложности для промышленного производства подложек из данного материала.

Одной из наиболее перспективных альтернатив механической обработке, является лазерная резка. Использование лазерного излучения позволяет устранить контакт материала с режущим инструментом и проводить деление материала на молекулярном уровне с шириной реза до 50 мкм и по сложному криволинейному контуру.

Основная часть. Кристаллы Ga₂O₃ были получены методом Степанова в ростовой установке Ника-3. В качестве исходного материала использовался порошок Ga₂O₃ чистоты 5N. Для получения расплава использовался иридиевый тигель. Образцы синтезировались в замкнутой системе с постоянной атмосферой. Атмосфера представляла собой смесь 95% аргона и 5% кислорода. В качестве затравки использовались кристаллы β -Ga₂O₃. Для исследований из объемного кристалла оксида галлия были подготовлены образцы толщиной 0.8мм методом скалывания образца по плоскости спайности (100).

Для получения необходимой формы канавки была применена технология гармонического осцилляторного колебания лазерного луча, которая обладает неравномерным распределением плотности мощности лазерного излучения по отношению к его координатному положению. Схемы движения лазерного луча представляла собой трохойду. В процессе проведения эксперимента исследовался диаметр трохойды (петли) от 1–1000 мкм при ширине в 100 мкм. Оптимальный диаметр петли составил 200 мкм.

При исследовании режимов излучения было выяснено, что при высокой длительности импульса происходит термораскалывание. Оптимальное время импульса составило 100 нс.

Выводы. В работе представлены результаты эксперимента по лазерной резке объемного оксида галлия и показана принципиальная возможность использования технологии лазерной резки для подготовки плоскопараллельных образцов малых размеров. Экспериментально исследованы параметры лазерного излучения и траектория лазерного луча для предотвращения термического растрескивания при подготовке образцов оксида галлия.

Список использованных источников:

1. Panov D.I., Spiridonov V.A., Zakgeim D.A., Kremleva A.V., Bauman D.A., Romanov A.E., Bougrov V.E. Growth Technology and Optical Properties of Bulk Crystalline Gallium Oxide // Reviews on advanced materials and technologies. — 2020. — Vol. 2, № 3. — P. 51–55.
2. Zhang J., Shi J., Qi D.-C., Chen L., Zhang K.H.L. Recent progress on the electronic structure, defect, and doping properties of Ga₂O₃ // APL Materials. — 2020. — Vol. 8, № 2. — P. 020906.

3. Bauman D.A., Borodkin A.I., Petrenko A.A., Panov D.I., Kremleva A.V., Spiridonov V.A., Zakgeim D.A., Silnikov M.V., Odnoblyudov M.A., Romanov A.E., Bougrov V.E. On improving the radiation resistance of gallium oxide for space applications // *Acta Astronautica*. – 2021. — Vol. 180. — P. 125–129.
4. Singh R., Lenka T.R., Panda D.K., Velpula R.T., Jain B., Bui H.Q.T., Nguyen H.P.T. The dawn of Ga₂O₃ HEMTs for high power electronics - A review // *Materials Science in Semiconductor Processing*. — 2020. — Vol. 119. — P. 105216.
5. Geller S. Crystal Structure of β -Ga₂O₃ // *The Journal of Chemical Physics*. — 1960. – –Vol. 33, № 3. — P. 676–684.
6. Åhman J., Svensson G., Albertsson J. A Reinvestigation of β -Gallium Oxide: 6 // *Acta Crystallographica Section C: Crystal Structure Communications*. — 1996. — Vol. 52, № 6. — P. 1336–1338