

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ В НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ

Ланин В. Л., Фам В. Т.

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Ланин В. Л.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь

E-mail: phamvantung2103hp@gmail.com

**Аннотация** — Проведено моделирование процесса лазерного формирования отверстий в кремниевой подложке толщиной 250 мкм, диаметр отверстия 0,1 — 0,2 мм. Рассмотрено влияние параметров лазерного излучения на время формирования и качество сквозного отверстия.

## 1. Введение

При создании 3D электронных модулей появляется необходимость создавать сквозные и глухие отверстия малого диаметра в кремниевой подложке. Выполнение отверстий диаметром менее 0,1 мм традиционным сверлением является невозможным. Для решения таких проблем, в настоящее время применяется технология лазерного формирования отверстий. Формирование отверстий лазерным лучом обладает способностью обработки отверстий диаметром 0,1 — 0,2 мм с высоким качеством. В *MathCAD* проведено моделирование процесса формирования отверстий в кремниевой подложке лазерным излучением.

## 2. Основная часть

При моделировании кинетики образования отверстия в непрозрачном материале лазерным излучением диаметр отверстия  $D$  определяют по формуле [1]:

$$D=2r=2\sqrt[3]{r_0^3 + \frac{3E \chi \tan \gamma}{\pi \times \rho \chi_{L_0}}}, \quad (1)$$

где  $r_0$  — начальный радиус лунки,  $r_0 = D_0/2$ ;  $r$  — радиус входного отверстия;  $E$  — энергия излучения импульсного ОКГ;  $E_i$  — энергия импульса;  $\gamma$  — половинный угол раствора светового конуса:  $\gamma = \theta/2$ ;  $L_0 = 13,68$  кДж/г — удельная энергия испарения кремния;  $\rho = 2,33$  г/см<sup>3</sup> — плотность кремния. На рис. 1 приведены зависимости температуры на поверхности кремниевой подложки от времени нагрева при различных радиусах лазерного пучка.

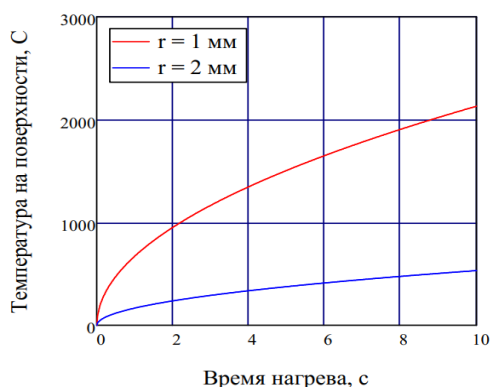


Рис. 1

Считая, что процесс формирования заканчивается, когда диаметр выходного отверстия достигает значения  $r_0$ , то из формулы (1) получено уравнение, показывающее соотношение входного и выходного диаметров отверстий:

$$k = \frac{D}{D_0} = \frac{r}{r_0} = \sqrt[3]{1 + \frac{3A \chi \tan \gamma}{r_0^3 \times \pi \chi_{L_0}}}. \quad (2)$$

На рис. 2а представлены зависимости коэффициента соотношения входного и выходного диаметров отверстия от половинного угла раствора светового конуса и энергии импульса излучения при диаметре пятна излучения  $d = 0,1$  мм, а на рис. 2б приведены зависимости диаметра от энергии излучения импульсного ОКГ при различных начальных диаметрах  $D_0$ .

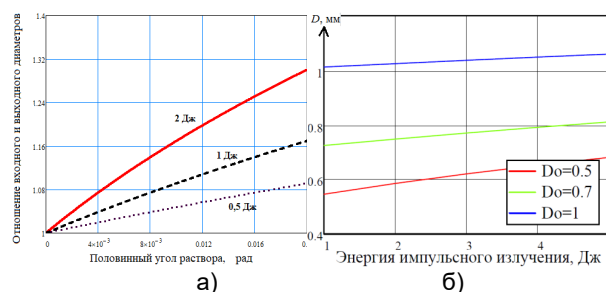


Рис. 2

## 3. Заключение

Из результатов моделирования следует, что диаметр входного отверстия материала зависит от энергии лазерного излучения, а коэффициент отношения входного и выходного диаметров в значительной степени зависит от половинного угла раствора светового конуса. Для получения отверстия с геометрией цилиндра требуется меньшая энергия импульса и расходимость излучения меньше 0,5 мрад.

## 4. Список литературы

- [1] Вакс, Е. Д. Практика прецизионной лазерной обработки / Е. Д. Вакс, М. Н. Миленький, Л. Г. Сапрыкин. — М. : Техносфера, 2013. — 696 с.

### THE MODELING OF LASER THROUGH-HOLE FORMATION IN NON-METALLIC MATERIALS

Pham V. T., Lanin V. L.

Scientific adviser: Lanin V. L.

Belarusian State University Of Informatics And Radioelectronics, Belarus

**Abstract** — The modeling of the process of laser formation of holes in a silicon substrate with a thickness of 250 μm, hole's diameter is from 0.1 — 0.2 mm was made. The influence of the parameters of laser radiation on the formation time and quality of the formation hole was reviewed.