

Стереолітографія (SLA) - технологія виробництва виробів з рідких фотополімерних смол. Затвердіння смоли відбувається за рахунок опромінення променем лазера або іншим схожим джерелом енергії [1].

Вибіркове лазерне спікання (SLS) - метод адитивного виробництва, що використовується для створення функціональних прототипів і дрібних партій готових виробів. Технологія заснована на послідовному спіканні шарів порошкового матеріалу за допомогою лазерів високої потужності [2].

Моделювання методом пошарового наплавлення (FDM) - технологія дозволяє створення тривимірних об'єктів за рахунок нанесення послідовних шарів матеріалу, які повторюють контури цифрової моделі [1].

Метод багатоструеневого моделювання (Multi Jet Modeling, MJM) - технологія багатоструеневого моделювання поєднує такі методи 3D-друку, як струменевий трьохвимірний друк (3DP), FDM, SLA. Побудова шарів відбувається за допомогою спеціальної головки, яка має масив сопел. Кількість сопел в існуючих моделях принтерів досягає від 96 до 448 [2].

Пошарове формування об'ємних моделей з листового матеріалу (LOM) - процес друку відбувається шляхом склеювання листів, контур яких викреслюється за допомогою лазера [2].

Струменева полімеризація (Polyjet) - друкує блок розпилює тонкі шари фотополімерного і підтримуючих матеріалів на робочу платформу, після чого відбувається полімеризація матеріалів під дією ультрафіолету [1]. Незалежно від технології друку, у продажу присутні як побутові, так і промислові принтери, головною відмінністю яких є не тільки ціна, але і похибка друку (рис. 1,2).

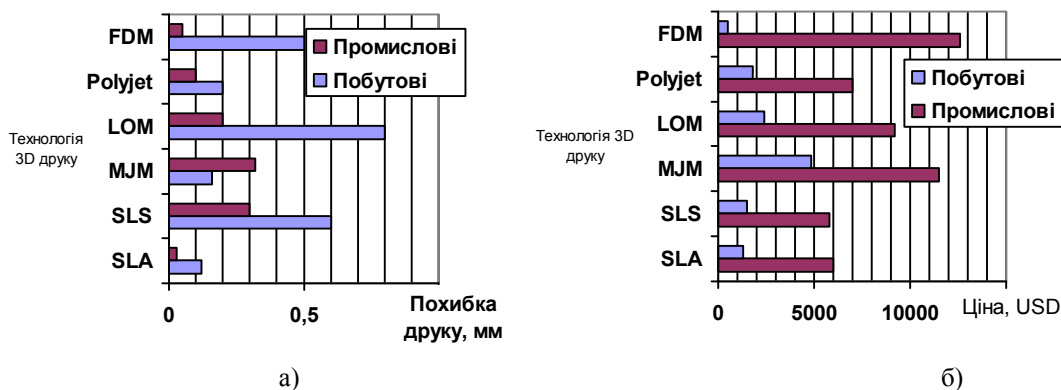


Рисунок 1 – Похибка друку (а) та вартість обладнання (б) в залежності від технології і призначення принтера[2]

У зв'язку з подальшим розвитком технологій 3D друку, збільшенням точності і зниженням ціни з усіх розглянутих технологій - найбільш перспективна для впровадження як в виробництво так в навчальних закладах SLA і FDM друк. Пропоновані технології дозволяють виготовляти макети будівель і споруд, вузли та деталі будь-якої форми і складності.

Список використаних джерел:

1. А.І. Грабченко, В.Л. Доброскок - сучасні технології матеріалізації моделей. Харків – 2009
2. Франке Й. 3D-MID - матеріали, технології, свойства : пер. с англ. / Й. Франке. — Санкт-Петербург: Профессия, 2014. — 332 с.
3. Подберите оптимальный материал 3D –печати вашего прототипа [Электронный ресурс] Режим доступ: <http://www.cubicprints.ru/pro>

УДК 621.791.011

ОСОБЛИВОСТІ ДИФУЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛЯХ

І.В. Нагорна, аспірант кафедри зварювального виробництва та АПБК

Науковий керівник: **О.О. Новомлинець**, к.т.н., доцент, кафедри зварювального виробництва та АПБК
Чернігівський національний технологічний університет

На сьогоднішній день надійність і довговічність термоелектричних модулів (ТЕМ) знаходиться на низькому рівні. Саме тому ведуться дослідження в області удосконалення конструкції ТЕМ з метою збільшення їх терміну служби. Найбільш перспективним напрямком збільшення терміну служби ТЕМ визнано проблему вивчення властивостей бар'єрного покриття і способу його нанесення [1].

Дифузія – один з найголовніших процесів переносу речовини в металах та сплавах. Вона відноситься до одного з найбільш загальних процесів, виникаючих в твердих тілах, і відіграє важливу роль в багатьох перетвореннях, визначає структуру та властивості матеріалу [2].

Для запобігання зустрічної дифузії атомів і збільшення терміну служби ТЕМ застосовують антидифузійні бар'єрні шари [3]. Ці шари розділяють провідник і напівпровідник в місці їх контакту та наносяться на поверхню напівпровідника різними способами. Однак така технологія не завжди дозволяє досягти потрібного результату, внаслідок впливу антидифузійного шару на структуру напівпровідникового матеріалу та працездатність ТЕМ. Тому автори даної роботи вважають за доцільне виконувати нанесення бар'єрного шару безпосередньо на поверхні комутаційної пластини.

Поряд із технологією нанесення антидифузійного шару, актуальним є вибір оптимального матеріалу прошарку та його товщини, який би дозволив запобігти дифузії атомів шару провідника (Cu) в напівпровідник (Bi_2Te_3). На сьогоднішній день в якості бар'єрного прошарку найчастіше використовують Cu, Ti, Cr, Ni, Sr, W, Pt, Mo [3]. Дослідження дифузійних процесів Cu в бар'єрний шар, було проведено для антидифузійних прошарків виконаних з Cr, Ni та Ti. Розрахунок коефіцієнта дифузії D , який є однією з найбільш важливих величин, яка визначає швидкість дифузії, проводився користуючись залежністю коефіцієнта дифузії від температури, тобто закон Арреніуса [4]. За результатами розрахунків видно, що найбільший коефіцієнт дифузії ($D_{\text{Cu-49\%Ni}} = 4,8 \times 10^{-8} \frac{\text{см}^2}{\text{с}}$) властивий парі Cu – Ni. Це пояснюється тим, що Ni, відповідно до діаграми стану подвійних сплавів, взаєморозчинний з Cu і не може якісно блокувати її дифузю в напівпровідник. Розрахунки для пари Cu – Cr показали найменше значення коефіцієнта дифузії ($D_{\text{Cu-2,43\%Cr}} = 9 \times 10^{-10} \frac{\text{см}^2}{\text{с}}$), що може свідчити про можливість блокування дифузії атомів шару провідника (Cu) в напівпровідник (Bi_2Te_3). Саме за рахунок обмеженої розчинності Cr в Cu можливе використання цього матеріалу в якості ефективного бар'єрного шару.

Для визначення необхідної товщини антидифузійного прошарку, який би гарантовано блокував дифузю атомів шару провідника (Cu) в напівпровідник (Bi_2Te_3), користувалися законом Фіка. Час дифузійного процесу для розрахунків середньої глибини дифузійного шару приймався рівним $10,8 \times 10^6$ секунд, оскільки, в середньому, довговічність ТЕМ складає 3000 годин роботи в циклічному режимі.

Отже, серед запропонованих бар'єрних прошарків найменшим коефіцієнтом дифузії Cu володіє шар Cr, тому саме для цього матеріалу було проведено розрахунок необхідної глибини дифузійного шару. Відповідно до проведених розрахунків товщина бар'єрного прошарку повинна складати $X_{(\text{Cu-2,43\%Cr})} = 30 - 50$ мкм, яка буде гарантувати блокування дифузії атомів шару провідника (Cu) в напівпровідник (Bi_2Te_3).

Список використаних джерел:

1. Пат. 2425434 Российская Федерация, Патент RU 2425434. Способ изготовления термоэлектрического модуля с увеличенным сроком службы / Башков В.М.; Беляева А.О.; Горбатовская Т.А. и др. заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана" (RU), Общество с ограниченной ответственностью Научно-Производственное объединение "Кристалл" (RU). – заявл. 22.10.2009; опубл. 27.07.2011.
2. Б.И. Болтакс, Диффузия в полупроводниках / Борис Иосифович Болтакс. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. – 462 с.
3. Тушенцова Екатерина Николаевна. Термоэлектрический модуль (ТЭМ) [Электронный ресурс] //Четвертая Всероссийская научно-техническая конференция «Студенческая весна 2011: Машиностроительные технологии» / МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Электрон. дан. – М.: МГТУ, 2011. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования: ПЭВМ, ОС Windows. – Режим доступа: <http://studvesna.qform3d.ru?go=articles&id=351>. – Загл. с экрана. - № гос. регистрации 0321100671.
4. Kharchenko G.K. Diffusion vacuum welding of chromium with copper / Kharchenko G.K., Fal'chenko Yu.V., Novomlinets O.A., Gorban V.F. // Avtomaticheskaya Svarka. – 2002. – №7. – pp. 41-42.

УДК 004.925.8

GOOGLE SKETCHUP – ПРОГРАМА ДЛЯ 3D МОДЕЛЮВАННЯ

М.Д. Прибитько, студ. гр. КІ-151, О. Ківокурцев, студ. гр. МЗВ-111
Т.Р. Ганєєв, к.т.н., доцент, кафедра зварювального виробництва та АПБК
І.О. Прибитько, к.т.н., доцент, кафедра зварювального виробництва та АПБК
Чернігівський національний технологічний університет

Історія створення програми розпочинається з 1999 року, але значного розвитку вона зазнала після 2006 року, коли компанія Google придбала та почала займатися розробкою програмного продукту під брендом Google SketchUp. Платформа призначена для створення тривимірних моделей об'єктів. Відрізняє продукт Google SketchUp від інших – проста у використанні для створення і модифікації тривимірних моделей будинків, об'єктів та інших архітектурних споруд, можливість додавання нових деталей, текстури, скла та інших елементів до власних моделей.

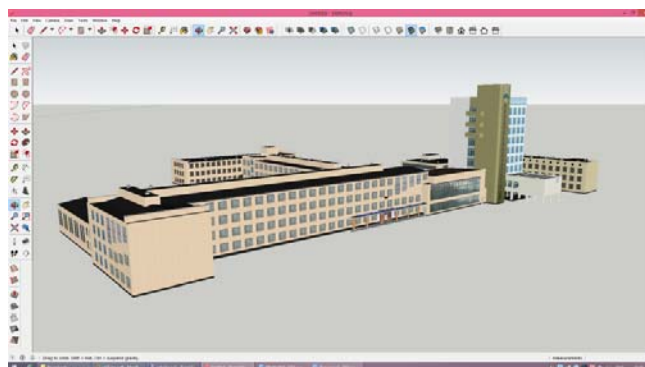


Рисунок 1 – Модель ЧНТУ (авт. Третяк Павло)