

Содержание

Предисловие	5
Введение	7
Глава 1. Печатная электроника для квази-3D ТЭУ	8
1.1. Технологии фиксированной печати.....	11
1.1.1. Трафаретная (screen) печать.....	11
1.1.2. Глубокая печать (ротогравюрная – gravure)	13
1.1.3. Высокая печать (флексография – flexographic)	15
1.1.4. Горячее тиснение (твёрдо-трансферный перенос)	17
1.1.5. Офсетная печать (offset).....	18
1.1.6. Нанопечатная литография (nanoimprint lithography).....	22
1.1.7. Общие выводы по технологиям фиксированной печати	25
1.2. Технологии нефиксированной печати.....	26
1.2.1. Матричная печать	26
1.2.2. Электрография (светодиодная ксерография и лазерное копирование)	27
1.2.3. Ризография.....	29
1.2.4. Струйная печать.....	30
1.2.5. Термография.....	32
1.2.6. Общие выводы по технологиям нефиксированной печати квази-3D-объектов.....	36
1.3. Сравнение технологий формирования квазиобъемных фигур на базе 2D-подложек	36
Глава 2. 3D-технологии производства ТЭУ	42
2.1. Технологии склеивания порошков.....	45
2.2. Технология теплового воздействия на конструкционный материал до процесса формирования слоя	47
2.2.1. Экструзия (выдавливание расплава) материала FDM (Fused deposition modeling) / FFF (Fused Filament Fabrication)	47
2.2.2. Струйное распыление расплавленного материала (DODJet и MJM)	49
2.3. Технология теплового воздействия на конструкционный материал в процессе формирования слоя	51
2.3.1. Ламинирование листовых материалов LOM (Laminated Object Manufacturing).....	51
2.3.2. Ультразвуковая консолидация (наплавление) (UAM – Ultrasonic Additive Manufacturing)	53
2.3.3. Селективное тепловое спекание SHS (Selective Heat Sintering) ...	54
2.3.4. Селективное лазерное спекание порошков СЛС (SLS – Selective Laser Sintering).....	55
2.3.5. Лазерное сплавление материалов (LENS – Laser Engineered Net Shaping).....	57
2.3.6. Электронно-лучевое сплавление порошков (EBM – Electron Beam Melting)	58

2.3.7. Электронно-лучевое сплавление твердых веществ EBF3 (Electron Beam Free Form Fabrication)	59
2.4. Технологии фотополимеризации	61
2.4.1. Облучение УФ-лазером SLA (Stereo Lithography Apparatus)	61
2.4.2. Облучение УФ-лампой (FTI (Film Transfer Imaging) или DLP) ...	62
2.4.3. Выращивание монолита из раствора CLIP (Continuous Liquid Interface Production)	64
2.4.4. Облучение УФ-лампой через маску (послойное уплотнение) SGC (Solid Ground Curing)	66
2.4.5. Струйное распыление фотопластика (PJP – Plastic Jet Printing) с одновременной засветкой УФ-лампой (Poly Jet – Photopolymer Jetting)	68
2.5. Заключение главы 2	69
2.5.1. Достоинства и недостатки аддитивных технологий	69
2.5.2. Ближайшие перспективы внедрения 3D-принтеров.....	74
2.5.3. Перспективные технологии изготовления трехмерных электронных устройств (ТЭУ).....	77
Глава 3. 4D-технологии производства ТЭУ	78
3.1. Сплавные 3D MID-технологии (V-3D MID).....	79
3.2. Жидкостные S-3D MID-технологии (LS-3D MID)	83
3.2.1. Двухшаговая заливка или «2S»-технология (Two Step или Two Shot Molding).....	83
3.2.2. Лазерное структурирование (LDS-технология – Laser Direct Structuring).....	85
3.2.3. Субтрактивное лазерное структурирование LSS (Laser Subtractive Structuring)	89
3.2.4. Струйно-аэрозольная технология (Aerosol-Jet Deposition - AJD или M3D – Maskless, Mesoscale, Material Deposition).....	90
3.2.5. Струйное распыление (металлизация).....	93
3.2.6. 3D-фотолитография (3D-Photoimaging)	94
3.3. Газофазные (сухие) S-3D MID-технологии (DS-3D MID)	96
3.3.1. Газоплазменное (газотермическое) напыление (технология Flameson)	97
3.3.2. Осаждение при помощи электродугового плазмотрона (технология Plasmadust)	99
3.4. Анализ перспективы развития 3D MID-технологий	102
3.5. Перспективы развития 3D-технологий ТЭУ.....	111
Литература	118
Приложение 1. Контрольные вопросы к главе 1	125
Приложение 2. Контрольные вопросы к главе 2	133
Приложение 3. Контрольные вопросы к главе 3	143