

подачу расходных материалов к зоне испарения. Благодаря многопозиционному тиглю, можно наносить многослойные покрытия. Этот метод подходит для напыления широкого спектра различных материалов оптической толщины на разнообразные подложки.

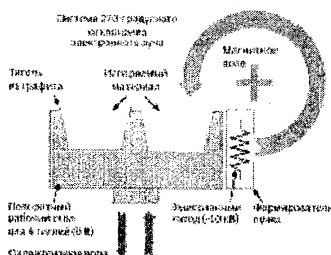


Рисунок 2 – Схема многопозиционного тигля

УДК 621

Мартинкевич Я.Ю.

## ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ ПАЙКА

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель: Комаровская В.М.*

Физические основы электронно-лучевого нагрева и распространения пучка определяют новые принципы технологии пайки. При электронно-лучевом нагреве происходит незначительное проникновение пучка в металл, поэтому скорость подъема температуры ограничена только пределом плотности мощности пучка, при котором происходит оплавление основного металла, и достигает 100°С/мин, что позволяет повысить производительность процесса пайки изделий в 5-10 раз [1].

Технологические возможности электронного луча показаны на рисунке 1 [2]. В настоящее время для технологических целей используют ионные потоки. Целесообразность их использования для технологических процессов определяется тем, что, хотя при равном ускоряющем напряжении и равных токах электронный и ионный потоки переносят одинаковую

энергию, однако импульс, переносимый каждым ионным, значительно выше импульса, переносимого каждым электроном.

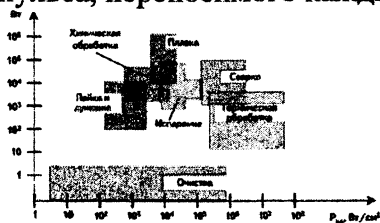


Рисунок 1 – Технологические возможности электронно-лучевой технологии

Так как масса самого легкого иона  $H_2$  в 1840 раз больше, чем масса электрона, значит, импульс, переносимый ионами, на два порядка превышает импульс, переносимый электронами. При использовании потока многозарядных ионов ( $N > 1$ ) это преимущество ионного потока еще более усиливается.

При взаимодействии ионного потока с кристаллической решеткой в силу закона сохранения количества движения ионы решетки получают больше кинетической энергии, чем при взаимодействии с электронным потоком. Разрушение кристаллической решетки при взаимодействии с ионным потоком будет происходить значительно интенсивнее, поэтому ионные потоки обладают большими технологическими возможностями, чем электронные.

Использование энергии потоков ускоренных ионов, фокусируемых в виде пучка на поверхность паяемых деталей с помощью электростатических и электромагнитных линз в вакууме, позволяет достичь высоких удельных плотностей мощности нагрева, обеспечивает его быстроту и локальность, дает возможность точно управлять тепловой энергией. Воздействуя ионным пучком рисунок 2 на поверхность деталей, можно осуществить очистку от загрязнений и окисной пленки [3]. После совмещения деталей сборку подвергают повторному облучению, расплавляя припой и соединяя детали после охлаждения.

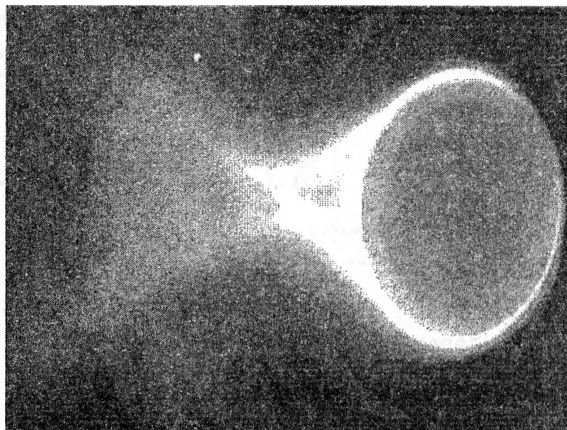


Рисунок 2 – Ионный пучок в вакууме

Для реализации данных условий эффективно использование энергии ускоренных ионов инертных газов.

Электронно-лучевая пайка имеет следующие преимущества:

- возможность использования тугоплавких припоев с температурой плавления 1600-2000°С;

- локальный нагрев способствует меньшему растворению паяемых металлов и ограничивает излишнюю растекаемость припоя;

- скорость нагрева более 100°С/мин в процессе пайки не способствует росту зерен тугоплавких металлов, что исключает повышение их хрупкости;

- дополнительная очистка паяемой поверхности в процессе пайки за счет электронной бомбардировки обеспечивает хорошее затекание припоя в зазор с образованием полномерных галтелей;

- по сравнению с традиционным оборудованием для высокотемпературной пайки электронно-лучевые установки обладают в десятки раз меньшей потребляемой мощностью;

- при электронно-лучевой пайке в вакууме или форвакууме расход газа меньше в сотни раз.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Валев, С.А. Вакуумная пайка в производстве силовой электроники / С.А. Валев // Силовая электроника. – 2006. – № 3. – С. 75-124.
2. Андожский, С.О. Использование ионных потоков в качестве энергоносителя / С.О. Андожский, Л.А. Радченко // Техника и технология сварки в радиоэлектронике и приборостроении. – 1983. – С. 70-109.
3. Ионно-лучевое лужение и пайка полупроводниковых приборов и элементов РЭА / Весці АН Беларусі. – 1993. – С. 34-56.

УДК 535.81/.818.8

Омелюсик Е.В.

### **СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ В ВАКУУМЕ**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель: Иванов И.А.*

Нанесение вакуумных оптических покрытий является важной технологической составляющей получения готового изделия с требуемыми эксплуатационными свойствами. Для получения оптических покрытий используются следующие методы: метод вакуумного испарения; метод распыления.

Суть метода вакуумного испарения состоит в том, что исходный пленкообразующий материал (ПОМ) нагревается в вакууме до температуры, при которой давление упругих паров материалов достигает величины примерно равной 1,33 Па. Данное давление приемлемое для реальных технологических процессов нанесения оптических покрытий за время 100-600 с. Уменьшение времени приводит к ухудшению равномерности и структуры покрытий по толщине. Слишком длительное время нанесения слоев приводит к недопустимому растягиванию процесса,