

## Генерация электромагнитной энергии в околоземном космическом пространстве

Ушеренко С.М.<sup>1</sup>, Овчиников В.И.<sup>2</sup>, Ушеренко Ю.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup> Обособленное хозрасчетное подразделение «Научно-исследовательский институт импульсных процессов с опытным производством», <sup>3</sup> Институт повышения квалификации и переподготовки кадров по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ

В околоземном пространстве существуют массивные пылевые облака, состоящие из остатков комет, остатков горючего от запуска в космос космических аппаратов (КА) и при соударении на околоземной орбите твердых тел. Массу пылевых объектов в околоземном пространстве можно ориентировочно оценить, исходя из того, что ежегодно на нашу планету падает свыше ста тысяч тонн космической пыли. Одним из важнейших факторов, воздействующих на космические аппараты (КА), являются заряженные частицы средних и высоких энергий (~0,01–100 МэВ), входящие в состав радиационных поясов Земли, космического корпускулярного излучения солнечного и галактического происхождения. Диэлектрические материалы при облучении заряженными частицами с энергией 1-100 МэВ могут аккумулировать избыточный электрический заряд и создавать в объеме облученного материала высокие электрические потенциалы. Если напряженность электрического поля в объеме облученного диэлектрика от внедренного заряда превысит его электрическую прочность (1-1,5 МВ/см), то произойдет электрический пробой диэлектрика на его поверхность. При некоторых условиях характер кумуляции энергии в разрядном канале соответствует электрическому взрыву, при этом в окружающую среду инжектируется плазмод, создающий широкий спектр электромагнитных помех (ЭМП).

Пылевые сгустки при наличии разницы потенциалов ускоряются электрическим полем, реализуется высокоскоростной удар сгустка дискретных частиц о металлическую преграду. Поскольку фракция частиц космической пыли составляет 1 – 100 мкм в диапазоне скоростей свыше 500 м/с ударное взаимодействие происходит в режиме сверхглубокого проникания. В режиме сверхглубокого проникания частиц космической пыли в объеме КА генерируется электромагнитное поле в форме шаровой молнии, что приводит к поражению систем управления, т.е. к ускоренной деградации электронных элементов и схем. Таким образом, за счет увеличения в околоземном пространстве массы пылевых объектов снижается срок службы космических аппаратов, осуществляющих

наблюдение, ретрансляцию и контроль за наземными объектами.

УДК 538.913

### **Легирование внедрением в объем металлических материалов ступков дискретных порошковых частиц**

Ушеренко С.М.

Белорусский национальный технический университет

Традиционно повышение уровня физико-механических свойств достигается за счет дополнительного легирования сплава. Однако легирующие добавки имеют высокую стоимость, а процесс их введения требует значительного количества энергии. Динамические методы легирования позволяют существенно изменять концентрацию легирующих элементов за доли секунды. Технология динамического легирования основана на эффектах динамического массопереноса в твердом теле за счет энергии ударных волн. Сверхглубокое проникание (СГП) реализуется при соударении с твердыми телами ступков легирующих порошковых частиц. При скоростях соударения дискретных порошковых частиц 300–3000 м/с с металлической преградой в ней создается неравномерное пульсирующее поле давлений. За счет суперпозиции ударных волн возникают длинномерные пульсирующие зоны высокого давления (5–20 ГПа), окруженные зонами фонового давления (0,2–1 ГПа). Частицы легирующего вещества, двигаясь внутри зон высокого давления, трутся о стенки формируемых канальных элементов. Пульсирующие в поперечном и продольном направлении зоны высокого давления переводят матричный материал в квазижидкое состояние. Это происходит за счет, т.н. динамических фазовых переходов. При обработке в режиме СГП стальной преграды за период времени  $2,57 \cdot 10^{-7}$  с происходит разрушение структуры исходной кристаллической решетки, потеря дальних связей и формирование новой кристаллической структуры ( $\alpha \leftrightarrow \gamma$ ). В период времени, когда исходная решетка уже разрушилась, а новая еще не возникла, материал зоны пульсирующего высокого давления представляет собой квазинейтральную смесь положительно заряженных ионов и электронного облака (плотная плазма). При движении дискретных частиц в зоне высокого давления происходит потеря массы микроударников, за счет чего зоны высокого давления избирательно легируются. При легировании этих зон концентрация легирующих элементов, а соответственно изменения структурных элементов и макро свойств, в объеме твердого металлического тела создается композиционный материал. При этом матричный материал (металл, сплав) оказывается