

АТОМНЫЙ РЕАКТОР - ЛАЗЕР

Д. И. Гудзенко, С. И. Яковленко

УДК 621.522

Высказывается идея создания атомного реактора с новым типом выведения его энергии, а именно - путем когерентного излучения.

В обычном атомном реакторе выделяющаяся при распаде ядер энергия используется только после того, как она перешла в тепло. В то же время до термализации среды проходит релаксационная стадия, в течение которой существенная доля энергии осколков может быть переведена в виды энергии более ценные, чем тепловая. Укажем на принципиальную возможность создания лазера, в котором энергия деления ядер используется непосредственно для создания активной среды, усиливающей электромагнитное излучение^{*)}. Формулируемая здесь идея преобразования ядерной энергии в световую содержит два существенных момента: 1. Релаксационная стадия в замедляющей среде атомного реактора характеризуется неравновесностью рекомбинационного типа. 2. Рекомбинирующая среда может эффективно усиливать излучение.

Кратко поясним это. Целесообразно использовать реактор, заполненный газообразным соединением урана, например, UF_6 . Осколки деления U^{235} являются многократными ионами, поэтому основная часть их энергии $W_0 = 162$ мэв идет на ионизацию среды. Выбитые из атомов электроны охлаждаются при соударениях с холодным газом, после чего рекомбинируют. Таким образом в газофазном реакторе образуется сильно неравновесная интенсивно рекомбинирующая плазма. Анализу релаксации такой плазмы посвящен целый ряд работ^{**)}. Показано, что при соответствующем подборе химического

*) Подчеркнем, что здесь предлагается использовать не реактор для создания лазера (см., например, обзор /1/), а лазерную схему для выведения энергии атомного реактора.

**) См., например, /2/.

состава и параметров плазмы в ней реализуется инверсная заселенность между некоторыми связанными электронными состояниями атомов, молекул и ионов. Коэффициент усиления в такой среде оказывается достаточным для создания лазера с длиной, не превышающей 10 м.

Газ-наполнитель (на ионизацию которого должна уходить подавляющая часть энергии осколков, и уровни которого будут в ходе рекомбинации инверсно заселены) должен подбираться из соображений КПД реактора-лазера, химических свойств, поглощения и замедления нейтронов и т.д. Не будем пока останавливаться на этих вопросах. Ограничимся лишь оценками, иллюстрирующими принципиальную возможность реализации обсуждаемой идеи. В качестве газонаполнителя можно рассмотреть, например, гелий; инверсная заселенность в котором обеспечивается очищением нижних состояний в ходе ионизации примеси. Такой примесью для переходов $\text{He}(3) \rightarrow \text{He}(2)$ может служить, в частности, UF_6 . На один акт ионизации атома гелия тратится в среднем $W_1 = 46$ эв, т.е. каждый акт деления ядра урана сопровождается числом $\zeta = W_0/W_1 = 3,5 \cdot 10^6$ ионизаций атомов гелия. Если в единицу времени в единице объема активной среды происходит G распадов урана, то ζG — удельное число актов ионизации гелия, равное в стационарных условиях числу актов рекомбинации. Расчеты показывают, что при достаточно быстром очищении резонансного состояния гелия погонный коэффициент усиления на переходах $\text{He}(3) \rightarrow \text{He}(2)$ достигает значения $\kappa = 3 \cdot 10^{23} \zeta G$; таким образом для получения $\kappa = 10^{-3} \text{ см}^{-1}$ требуется $G \sim 10^{13}$ делений/ $\text{см}^3 \text{ сек}$. Это довольно жесткое (для газофазного реактора) требование можно существенно смягчить, если при стационарной или квазистационарной ядерной накачке усиление производится в импульсном режиме с высокой скважностью.

Поступила в редакцию
16 ноября 1973 г.

Л и т е р а т у р а

1. К. Том, Р. Т. Шнайдер. Ракетная техника и космонавтика, 10, № 4, 42 (1972).
2. Л. И. Гудзенко, Ю. И. Сыцько, С. И. Яковленко. Препринт ФИАН № 70, 1973 г. Л. И. Гудзенко, М. В. Незлин, С. И. Яковленко. ЖТФ, 43, № 9, 1931 (1973).