

Мікротрон



- Мікротрон являє собою резонансний циклічний прискорювач електронів з постійним у часі провідним магнітним полем. Електрони прискорюються високочастотним електричним полем, створюваному в порожньому резонаторі. Використовується особливий режим резонансного прискорення - «Резонанс із змінною кратністю».

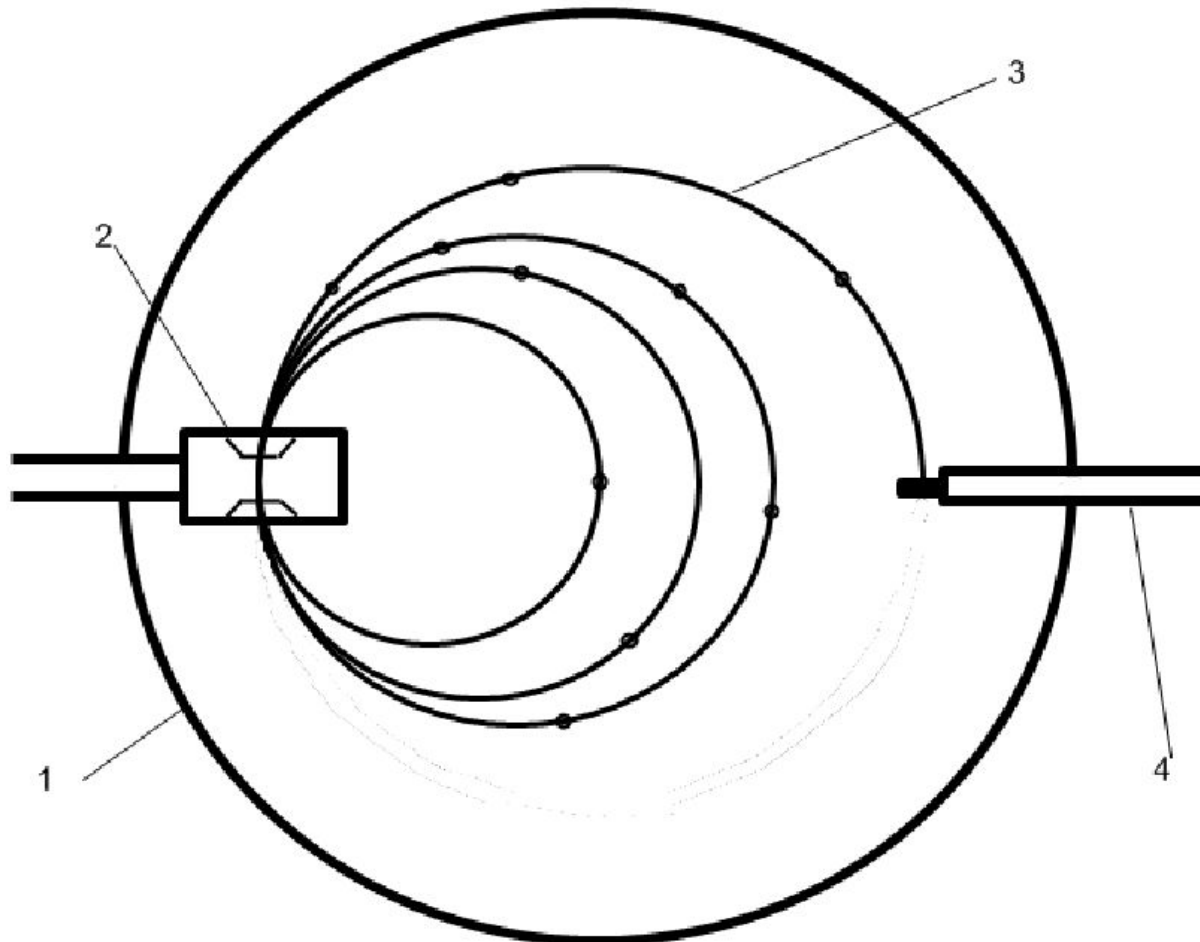


Рис. 5.1. Схема пристрою мікротрону. 1 - вакуумна камера, 2) резонатор, 3) траєкторія електрона; 4) мішень. Показане розташування електронних згустків, одночасно знаходяться в камері. Провідне магнітне поле перпендикулярно площині креслення.

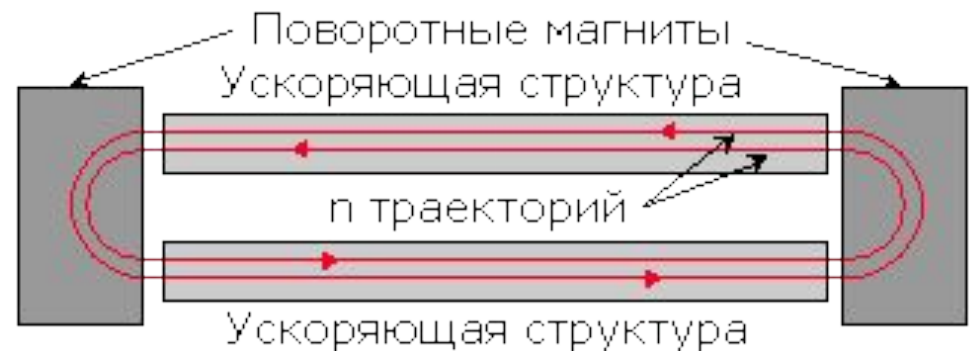
Ідея мікротрону була запропонована В.І. Векслером в 1944 році, основним недоліком більшості діючих «класичних» мікротронів було мале значення струму на виході. При енергіях електронів ~ 5 МеВ середній за часом струм не перевищував 1 мкА. Діаметр полюса магніту в кілька разів перевершував діаметр синхротронів та / або бетатронів при тій же кінцевій енергії електронів.

Магнітне поле створюється в зазорі між
циліндричними полюсами
електромагніта, що прискорює резонатор
знаходиться поблизу краю полюса.

Ідеальна траєкторія електрона має вигляд
плоскої спіралі, всі витки
якої утворені колами, дотичними в одній точці,
де і
розташований резонатор. Ці витки траєкторії
прийнято називати орбітами;
після першого прольоту крізь резонатор
електрон рухається по «першій
орбіті », після другого - по « другий » і т.д.

- У мікротроні частинки вводяться в прискорюючу камеру не в центральній частині магнітного поля, як у циклотроні, а на його краю. У місці введення частинок поміщається порожнистий прискорючий резонатор. При кожному обороті електрони отримують енергію приблизно 0.5 MeV і потрапляють в резонатор точно у момент прискорення на кожному витку (період n -го обороту кратний періоду першого обороту). Електрони рухаються по колу зростаючого радіусу, причому всі кола торкаються середину резонатора. Енергії електронів в "класичних" мікротрон зазвичай не перевищують 30 MeV і обмежуються розмірами постійного магніту і зростаючими вимогами до однорідності його поля при збільшенні габаритів прискорювача.

- В даний час обмеження на енергії мікротронів зняті використанням його варіанту, названого розрізним мікротрон (запропонований А. Коломенським). Перехід від класичного мікротрону до розрізного можна пояснити. Якщо магніт класичного мікротрону "розрізати" на дві однакові частини вздовж пунктирною лінії AA і дві ці частини розсунути, залишивши прискорює резонатор між половинками магніта, то приходимо до схеми розрізного мікротрону. Тепер простір між магнітами дозволяє замінити невеликий резонатор, що допускає лише малий (0.5 MeV) приріст енергії за оборот, на самостійний (лінійний) прискорювач з енергією 10 MeV і більше і це дозволить багаторазово збільшити кінцеву енергію електронів (є розрізні мікротрон на енергію 1 GeV).



- Прискорення електронів по схемі розрізного мікротрону або схожою з нею в даний час використовується для генерації пучків електронів великої енергії в безперервному режимі. Справа в тому, що прискорювачі, як правило, працюють в імпульсному режимі, тобто, наприклад, електрони в них прискорюються протягом короткого часового проміжку Δt , коли можливе прискорення, після чого слідує порівняно тривала пауза для повернення в режим нового циклу прискорення. Період часу T між циклами прискорення зазвичай багаторазово більше тривалості електронного імпульсу ($T \gg \Delta t$). Характерна величина $D = \Delta t / T$, званої робочим циклом, $\approx 10^{-3}$. Таким чином, для фізичних експериментів вдається використовувати лише $\approx 0.1\%$ часу роботи прискорювача. Прискорення електронів по схемі розрізного мікротрону дозволяє здійснити безперервний режим роботи прискорювача, коли D рівний або близький до одиниці. Це досягається безперервністю режиму роботи основної прискорювальної структури (лінійного прискорювача), розташованої між розділеними частинами постійного магніта мікротрону. У мікротроні безперервної дії вся прискорювальна камера заповнена електронами, що знаходяться на всіх стадіях прискорення - від початкової (тобто з найменшою енергією) до максимально можливої. Безперервний режим роботи такого прискорювача дозволяє використовувати для експериментів весь час його роботи і, тим самим, підвищити кількість актів досліджуваного взаємодії за фіксований час в $1/D \approx 10^3$ раз, що особливо важливо для дослідження рідкісних подій.

- Найбільшим прискорювачем електронів , які працюють в безперервному режимі ($D = 1$) є прискорювач Національної лабораторії ім . Томаса Джеферсона (TJNAF) у м. Ньюпорт-Ньюс (США) . Він використовує надпровідні прискорювальні структури і дозволяє прискорювати електрони до енергії 5.71 GeV . Ток його електронного пучка 200 мА . Енергетичне дозвіл $\delta E / E = 2.5 \cdot 10^{-5}$.

