

Министерство образования и науки Российской Федерации
Автономное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт неразрушающего контроля

Дисциплина «Материалы электронной техники»

ПРОБОЙ ГАЗОВ

Гормаков А.Н., доц. каф. ТПС
ИНК НИ ТПУ, 2017 г.

Электрическая прочность –
напряженность однородного
электрического поля,
приводящая к пробоею:

$$E_{\text{ПР}} = U_{\text{ПР}} / h$$

Число заряженных частиц, образующихся в течение 1 с в 1 кубическом сантиметре воздуха под действием радиоактивности Земли или космического излучения, составляет от 10 до 20. Они являются начальными зарядами, приводящими к пробоем газа в достаточно сильном поле.

Во внешнем электрическом поле E , заряженные частицы между двумя соударениями приобретают энергию

$$W = q\lambda E$$

(q – заряд частицы, λ - длина свободного пробега).

Если $W > W_{и}$, то возможен пробой.

Энергию ионизации обычно характеризуют ионизационным потенциалом $U_{и} = W_{и}/q$

Ионизационный потенциал различных газов лежит в пределах от 4 до 25 В., что соответствует энергии ионизации от 4 до 25 эВ.

При заданных значениях давления газа и температуры *ударная ионизация* начинается при определённой величине напряженности поля, поскольку q и $\lambda_{\text{ср}}$ постоянны для каждого газа.

Эта напряженность поля E называется *начальной напряженностью*.

Пробой газов

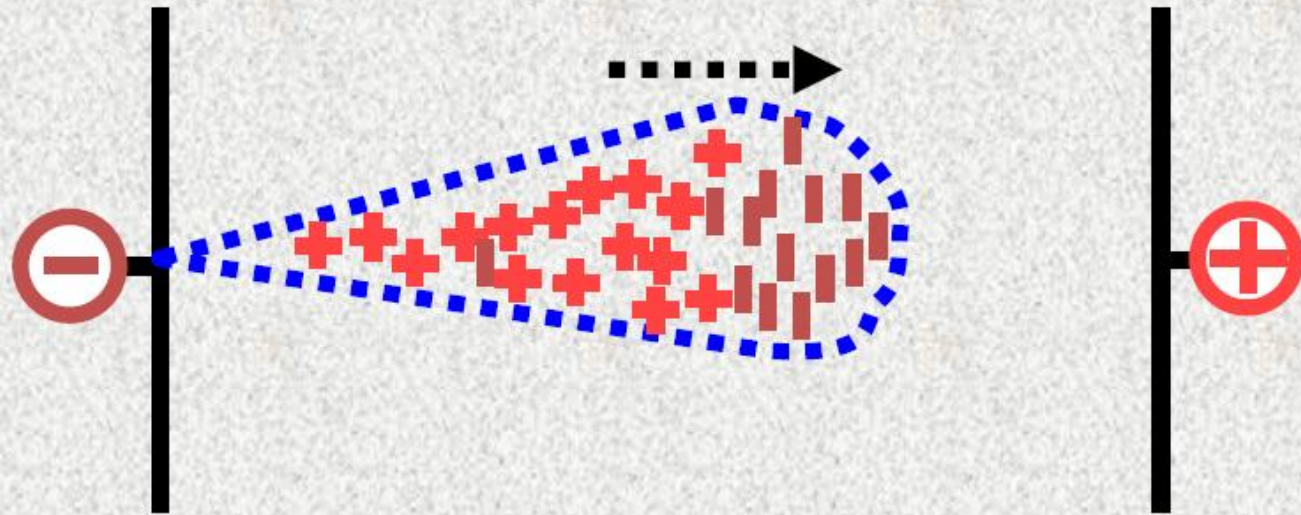
В поле E , заряженные частицы между двумя соударениями приобретают энергию $W=q\lambda E$

Если $W \geq W_{и}$, то возможен пробой, где $W_{и}$ энергия ионизации молекулы газа.

Начальная напряженность поля $E_{НАЧ}$ – значение напряженности, при которой в данном газе (при данных P и T) начинается *ударная ионизация*.

Пробой газа зависит также от степени однородности электрического поля.

Лавинный механизм пробоя газа – ударная ионизация

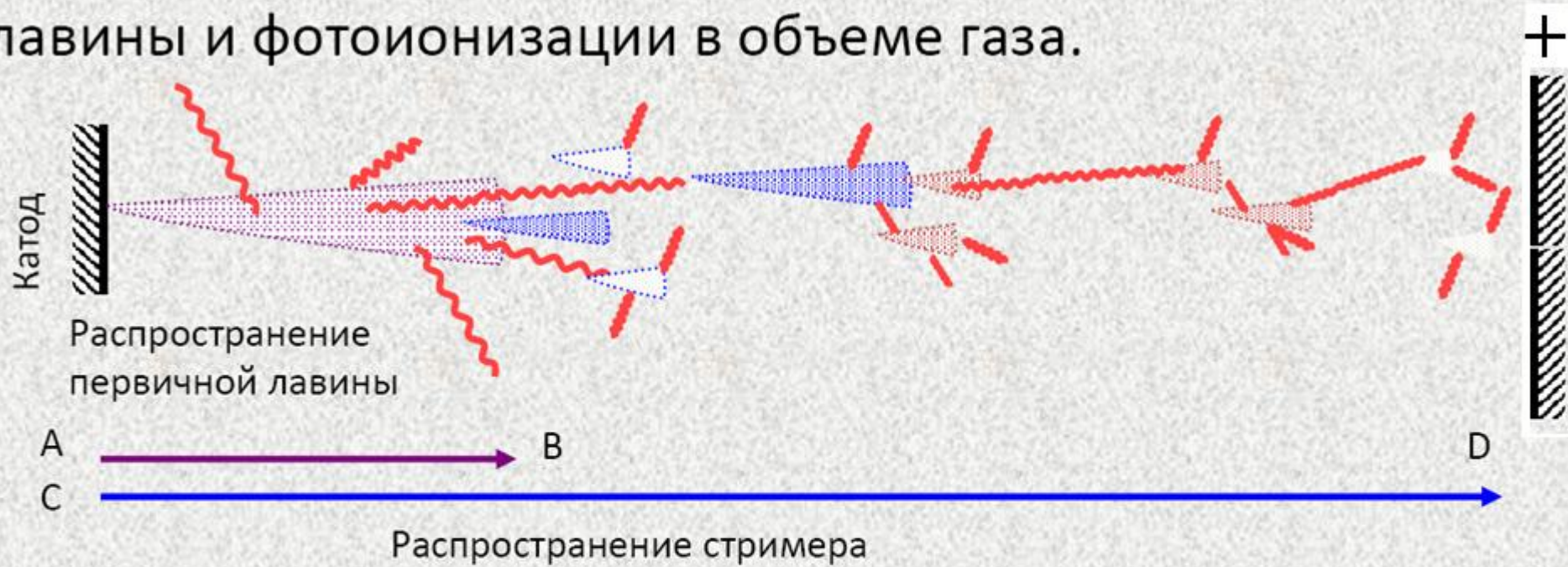


Лавинный пробой развивается относительно долго, более 1мкс, и не характерен для импульсных напряжений.

Лавинно-стримерный пробой, при длине промежутка 1 см, развивается 10^{-7} – 10^{-8} сек.

Лавинно-стримерный механизм пробоя газа –

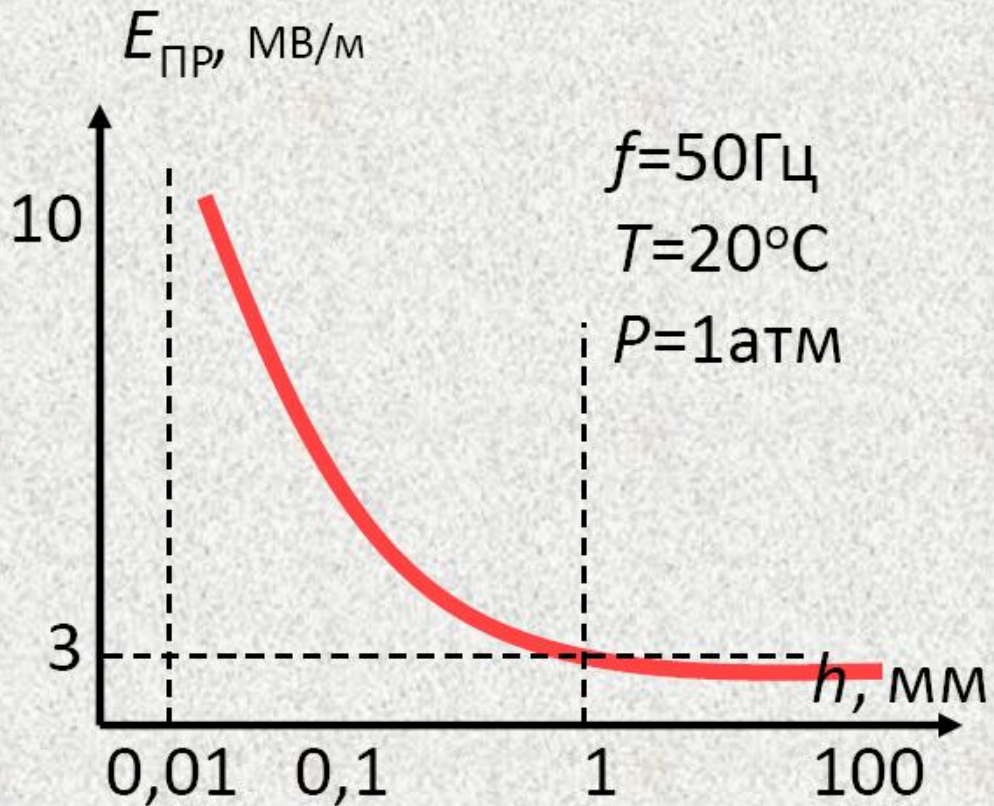
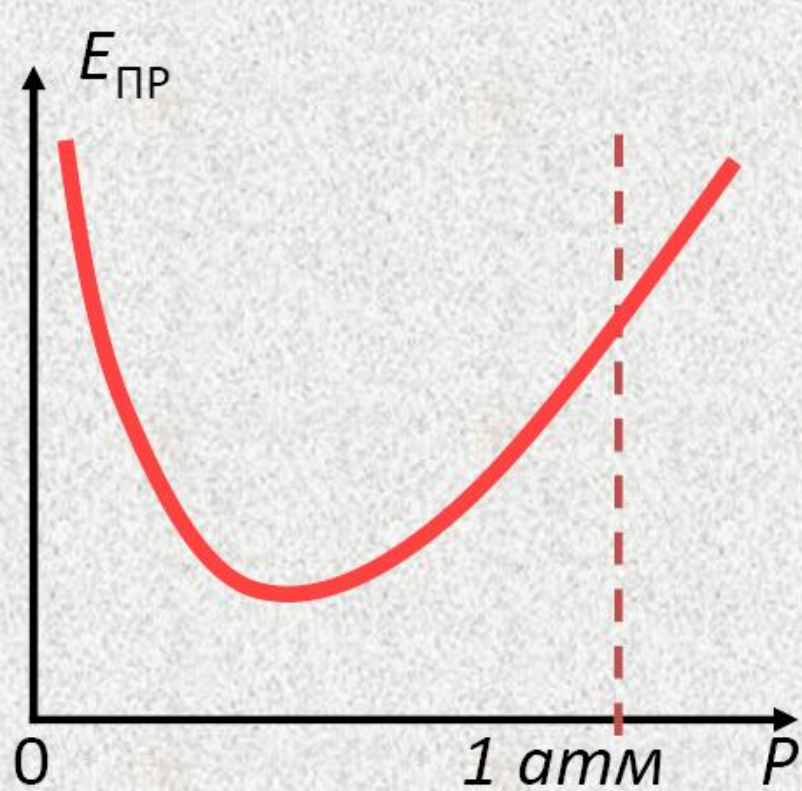
совместное действие поля пространственного заряда лавины и фотоионизации в объеме газа.



Стример – скопление ионизованных частиц, намного превосходящее лавину по степени ионизации.

Одновременно с ростом стримера, направленного к аноду, образуется лавинный поток положительно заряженных частиц, направленный к катоду.

Зависимость $E_{\text{ПР}}$ газа от давления P и расстояния между электродами h в однородном поле:



Эмпирический *закон Пашена*:

если длина разрядного промежутка h и давление газа p изменяются так, что $h \cdot p = const$, то и $U_{пр} = const$.

Т.е. $U_{пр}$ газов является функцией произведения ph .

В неоднородном поле:

В местах, где E достигает критических значений, возникают частичные разряды в виде *короны*.

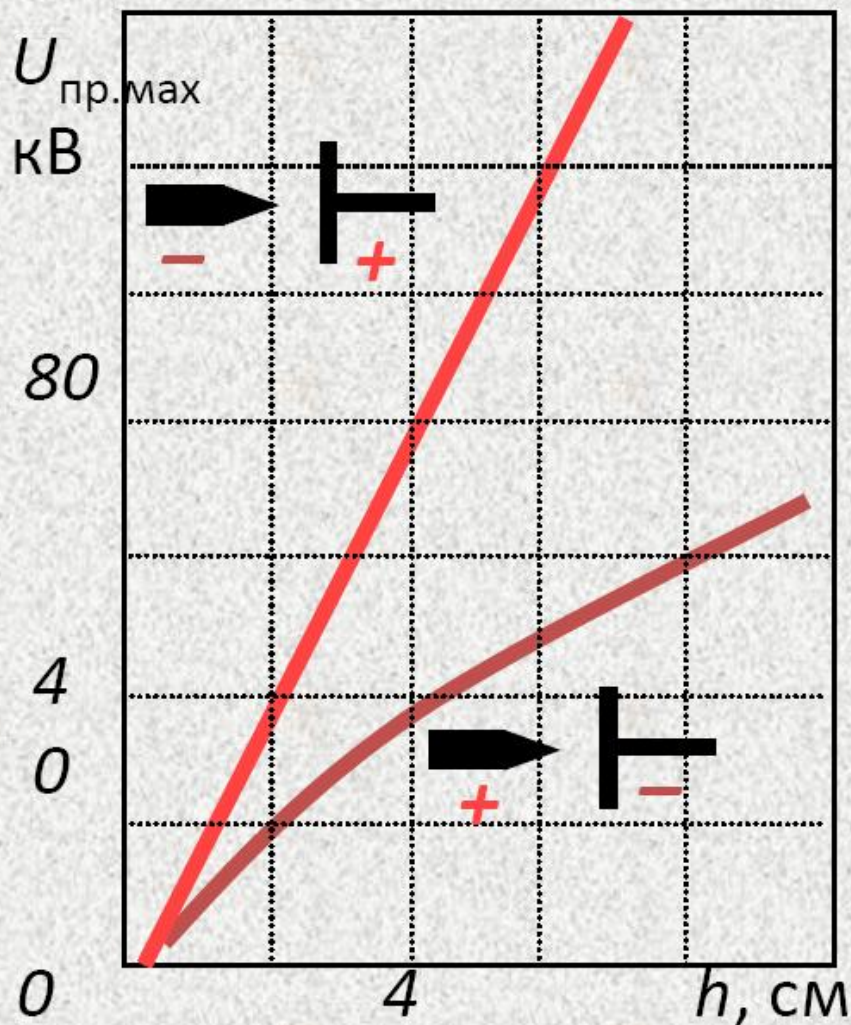
При возрастании напряжения корона переходит в искровой разряд и дугу.

Величина $U_{пр}$ газа зависит от расстояния между электродами, от полярности электродов и от частоты поля.

Зависимость $U_{\text{пр}}$ воздуха от расстояния между электродами:

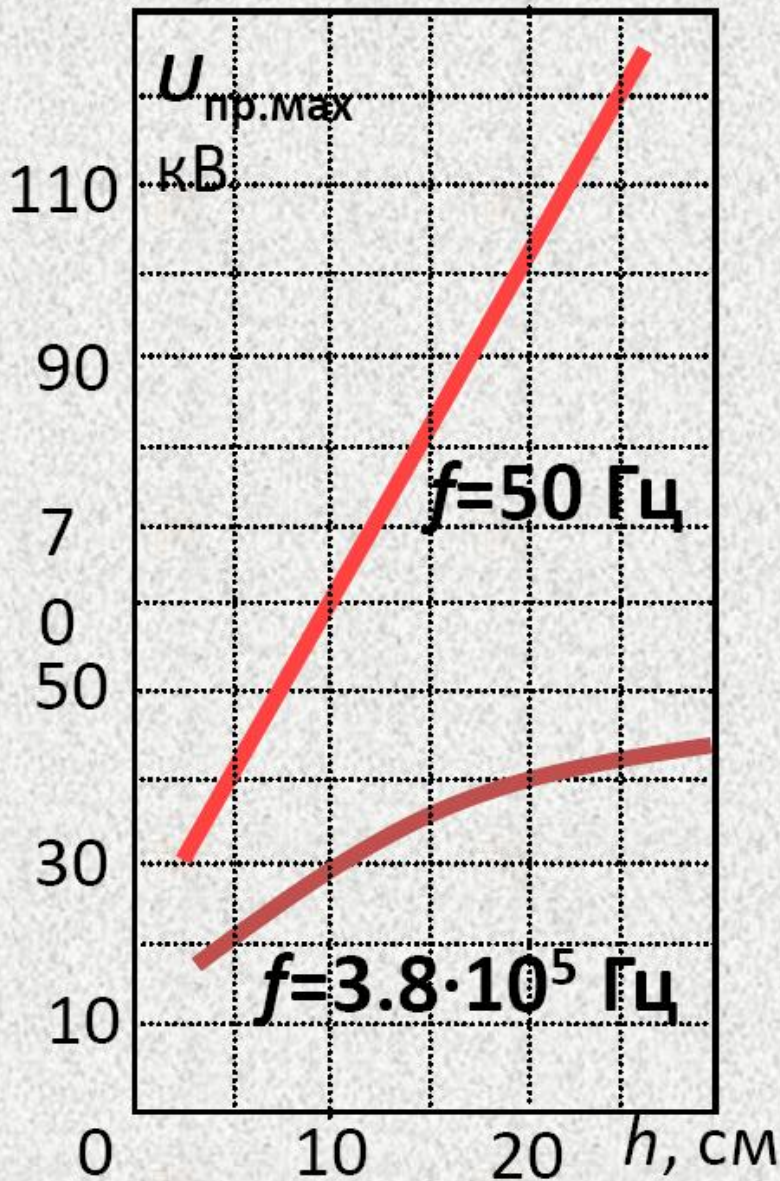
При положительной полярности на игле, $U_{\text{пр}}$ меньше, чем при обратной полярности.

Это объясняется образованием у иглы положительного объемного заряда, содействующего развитию пробоя.



В отличие от пробоя газа в однородном поле, в неоднородном поле *при высоких частотах $U_{\text{пр}}$ меньше, чем при постоянном напряжении* или напряжении технической частоты.

При высоких частотах напряжение появления короны, почти совпадает с $U_{\text{пр}}$. В этом случае $U_{\text{пр}}$ слабо возрастает с увеличением расстояния между электродами.



Зависимость $U_{\text{пр}}$ воздуха от расстояния между электродами в неоднородном поле при разных частотах.

При н.у., постоянном напряжении и расстоянии между электродами 1см электрическая прочность воздуха $E_{\text{пр}}=3\text{МВ/м}$.