

PLA - 89 - 18

12 / 6 / 89

1 GeV リニアック検討資料

1 GeV LINAC DESIGN NOTE

題目 (TITLE) ACS 空洞用シールドについて

著者 (AUTHOR) 山崎良成

概要 (ABSTRACT)

ACS-5セル空洞の大電力テストに必要なシールドについてAPS
3セル空洞の大電力テストのデータをもとに評価を行なった。APSの
場合の 1.7×10^5 倍のX線が予想されることがわかった。これをシ
ールドするには約1mのコンクリート・シールド増強が必要である。これ
は軸方向に2m、側面に1.5mのシールドに相当する。

KEY WORDS:

Ion source, RFQ, DTL, CCL, Magnet, Monitor, Beam Dynamics,
Transport, Vacuum, Cooling
Klystron, Low level rf, High power rf, Modulator
Control, Operation, Radiation, Others

ACS 空洞用シールドについて

山崎良成

1989年12月6日

1. 序

1990年3月末にはACS空洞が納入され大電力テストを始める予定であるが、そのためにはX線のシールドが必要である。どの程度のシールドを必要とするかの評価は非常に難しいので、最終的にはX線を測りながら大電力テストを行い、シールドを増強していくという手順を踏まねばならないと思われる。しかしながら、ある程度の評価は可能であり、しかも最低限必要なシールドも分かっているので、テスト時間の節約という意味から予めできるだけ準備をしておいた方がよいと思われる。ここではAPS空洞の実験をもとに必要と思われるシールドを評価してみることにする。

2. APS空洞のデータとACS空洞の予想値

1987年の夏に、影山らはAPS3セル空洞を使い、高電場生成の実験を行った。そこでは、軸方向に鉛の嚴重なシールドを用意すると共に、軸方向に1m、側面に50cm、天井に50cmのコンクリート・シールドを使った。1987年8月1日の影山のノートによれば、

250 kW
duty 10% のとき
30 μ R/h (シールドの外)

であった。アセンブリー・ホールは一般立ち入り区域なので、20 μ R/h以下でなければならず、この時点でテストをやめざるをえなかった訳である。このデータをもとに、ACS空洞の場合を評価してみることにする。

		APS	ACS
インピーダンス	RT^2	22 $M\Omega/m$	44 $M\Omega/m$
セル長	L	0.3 m	0.1 m
セル数	N	3	5
最大電場/有効電場		2	4
投入電力	P	250 kW	3 MW \div 80 \times 5 = 188 kW

以上の値から

有効電場	ET	2.47 MV/m	4.06 MV/m
	$= (RT^2P / (LN))^{1/2}$		
最大電場	E_p	4.94 MV/m	16.2 MV/m

以上からACSの最大電場 E_p はAPSの4倍近くに達することが分かる。影山らの実験によれば、ドース・レイト D は次式で与えられる。

$$D \sim E_p^{5.5} \exp(-A/E_p \text{ (MV/m)}) \quad (1)$$

さらに実験データ

$1/E_p$	$D/E_p^{5.5}$
0.3	1.7
0.2	330

を使うと

$$A = 52.7$$

を得る。するとAPSとACSの最大電場の差から、式(1)を使って、ACSはAPSの

$$1.1 \times 10^6 \text{ 倍}$$

のドース・レイトとなることが予想される。しかしACSのdutyは3%であり、それを考慮すると 3.3×10^5 倍 となる。さらにACSのボーア半径は1.5cmで、APSの5cmの0.3倍だから0.3倍となるが、一方ではセル数が5/3倍だから結局

$$1.7 \times 10^5 \text{ 倍} \quad (2)$$

と予想される。

3. シールドの評価

前節でACSではどれだけDが増えるかを評価した訳であるが、ここではこの増加分を相殺するにはどれだけのシールド増強が必要かを計算してみる。そのためにはまずX線のエネルギーが必要であるが、それを以下の仮定で評価してみることとする。すなわち、1セルの有効電場にセル数のルートをかけたものがドース・レイトに対するX線のエネルギーとしてみる。セル内では有効電場で電子は加速されるが、セル間では必ずしもうまく加速はされにくいだろうという理由からである。(電子のエネルギーがプレムスでX線のエネルギーとなる。)すると

$$E_x = E T \cdot L \cdot N^{1/2}$$

で与えられ、それはAPSで 1.3 MeV, ACSで 0.91 MeVとなる。そこでかりに 1 MeV として計算してみることとする。

コンクリートの密度 ρ を2.5とし(重コンの時はその分厚さを少なくすれば良いからこうしておく)、厚さを1mとすると、 $d = 250 \text{ g/cm}^2$ で、1 MeV に対してはコンクリートの減衰係数は $\mu = 6.38 \times 10^{-2}$ だから $\mu d = 16.0$ となる。このときビルドアップ因子は $B = 37.2$ であって結局

$$B \exp(-\mu d) = 4.4 \times 10^{-6}$$

だけの減衰が期待される。これに式(2)をかけ、 $30 \mu R/h$ をかけると $22 \mu R/h$ となりほぼ所期の目的を達することになる。

4. 結論

ACSのエージングをするためには

約 1 m のコンクリート・シールドの増強

が必要となることが分かった。これは、軸方向に現在使っている鉛シールドに加えて2mのコンクリート・シールド、側面に1.5mのコンクリート・シールドということに相当する。しかしこれは以下のいくつかの仮定にもとずいておりかなりの誤差は覚悟しなければならないが、現時点ではこれ以上の信頼のおける評価は不可能と思われるので、ここでの結果にもとずいてシールドを考えることとする。

- 1) 式(1)の外挿が有効であること。(これは簡単に桁数をかえうる式である。)
- 2) これと関連して、ACSがAPSと同じフィールド・エミッションであり、かつプレムスであるという仮定。(APSは鉄に銅メッキをしたものであり、ACSは真空溶解無酸素銅を銀ロウで接合したものである。また周波数も、前者は508MHz、後者は1300MHzであるから、X線の出しかたがだいぶ異なる可能性がある。)
- 3) 空洞の大きさの差に対する式(2)をえるための仮定。
- 4) X線のエネルギーに対する仮定。