

[2 a -10]

Backgrounds of dark current in the ATF high gradient linac II. -Measurement-

K.Sugiyama¹, K.Dobashi¹, H.Ishiyama¹, T.Okugi¹, T.Kumita¹, T.Hirose¹
Y.Kurihara², S.Takeda², H.Hayano², N.Terunuma², F.Hinode², K.Kubo², S.Kuroda²
T.Naito², K.Oide², J.Urakawa², T.Korhonen²

¹Department of Physics, Tokyo Metropolitan University
Hachioji, Tokyo 192-03, Japan

²National Laboratory for High Energy Physics (KEK)
Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

abstract

In a linear collider, backgrounds at a final stage of the linear accelerator should be suppressed as low as possible. Because of high gradient in the linear collider, dark current originated in field emission from the accelerating structure gives serious backgrounds. At Accelerator Test Facility(ATF) at KEK whose maximum accelerating gradient is about 52MeV/m, backgrounds due to dark current was measured.

Time-dependence and place-dependence of the backgrounds were measured. After careful analysis, how background electrons and γ -ray are generated by the field emission due to applied RF can be successfully understood.

ATF高電界リニアックのダーク電流によるバックグラウンド II.測定実験

1.はじめに

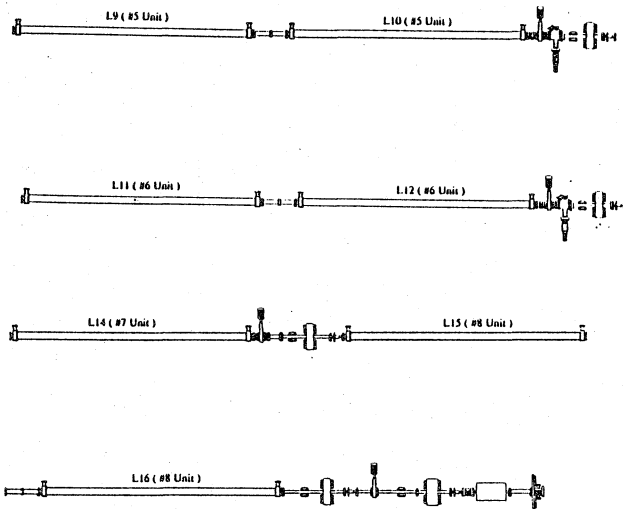
次世代リニアコライダーJLC(Japan Linear Collider)では、これまでにない高い加速勾配が必要である。JLCを実現することを目的として、その試験研究のため、最大加速電場52MeV/mが発生できるJLC試験加速器ATF(Accelerator Test Facility)が高エネルギー物理学研究所(KEK)に建設されている。ATFリニアックは、1本が約3mの加速管16本から構成されており、電子ビームを1.54GeVまで加速することが可能である。ATFリニアックのような高電界リニアックにおいて発生するバックグラウンドとして、フィールドエミッションに起因するダーク電流によるバックグラウンドが存在する。ダーク電流とは、加速管にRFを印加に発生する一次電子の流れであり、この電子と加速管との衝突で γ 線や二次電子を生成する。この一次電子がRFの加速電場に同調して加速され、加速管下流へ伝播し、さらに、二次電子の一部もRFの加速電場に同調して加速され、加速管下流へ伝播する。このことから、加速管内では、下流に行くほどダーク電流が増倍される現象が考えられる。このようなダーク電流の増倍効果は、加速勾配が増加するに従って強くなると考えられている。そのため、JLCなどの高電界加速が必要なリニアコライダーでは、フィールドエミッションに起因する

ダーク電流によるバックグラウンドがビームの診断装置などの、加速構造の終端にある測定機器の誤作動を誘引し、この結果、ビームを高電界加速するためのリニアックの運転が不可能になる。このような事実から、フィールドエミッションをできる限り抑えるための研究が長年にわたり行われており、JLCどの加速勾配が高いリニアコライダーでは、加速構造の終端におけるバックグラウンドは可能な限り低いことが望まれている。

2.実験について

ATFリニアックでは8台のクライストロンが1台あたり2本の加速管(全長約3m)にRFを供給している。1本の加速管は2枚のカプラー(加速管両端)と84枚のキャビティで構成されている。RFは上流のカプラーから印加され、830nsec後に下流カプラーに到達する。加速管全体をRFが満たしているのは、RFが印加されてから830nsecから1000nsecまでである。今回我々は、このATFリニアックを用いて次のような実験を行った。電子ビームを加速するための加速管は全16本で、最上流加速管よりL1,L2,...,L16と区別している。これらのうち、クライストロン8(#8Unit)に繋がる2本の加速管(L15,L16)、クライストロン6(#6Unit)に繋がる2本の加速管のうち上流側の加速管(L11)において、加速

管側面でのバックグラウンドの位置依存性と時間依存性について調べた(図1参照)。さらに、L15のキャビティ番号(CNo)74-76に強力な磁石を置いて測定を行った。この磁石によって、ダーク電流や二次電子はある程度曲げられ、その影響がL16に見えたと考えられる。逆に、変化の見られない成分はダーク電流によって生成された γ 線であると考えられる。



<図1>.ATFリニアック(抜粋図)

3.実験結果

測定結果は各キャビティで、時間に対するバックグラウンドの総エネルギー量のヒストグラムとして得た。この測定の際にはクライストロン8だけが運転されていたので、L15よりも上流の加速管ではダーク電流が発生しない。このため、L15上で測定されたバックグラウンドは、自身で発生したダーク電流によるバックグラウンドと考えられる。

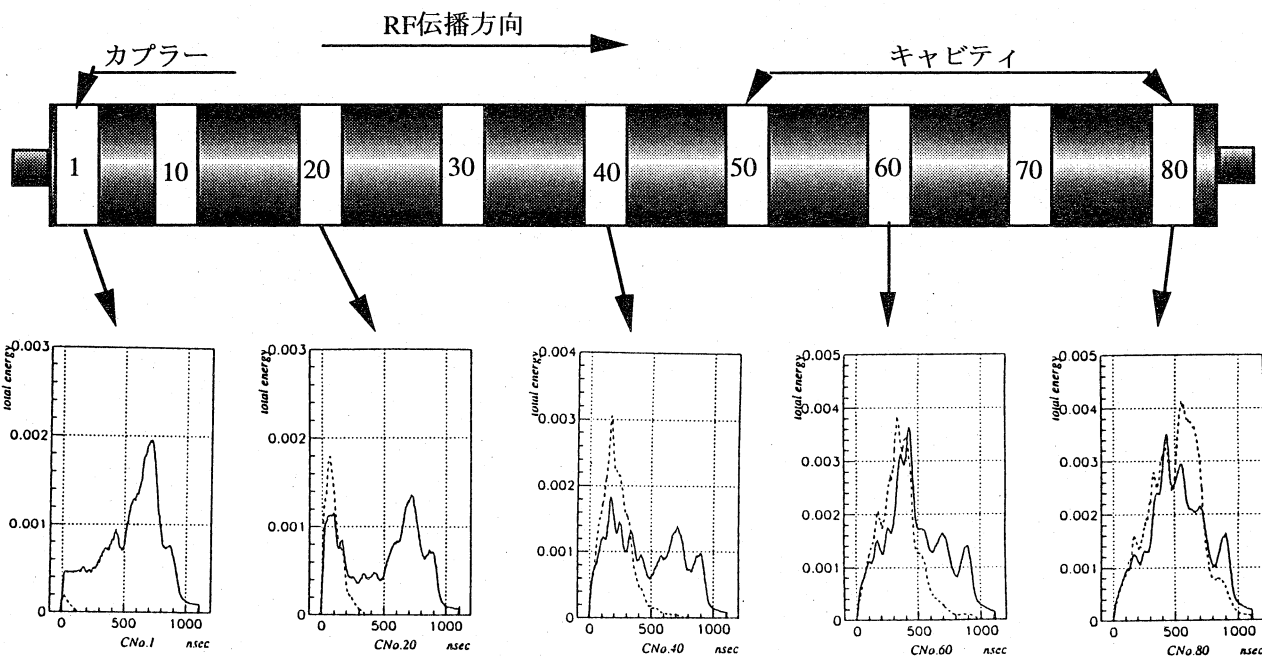
L15の測定結果より、各位置でのピークと伝播していくRFの先端の位置との関係を考察した。その結果、RFの先端が加速管を伝播していくにつれて、バックグラウンドのピーク位置が加速管下流へ推移することが確認された。また、キャビティ番号が1から40までは1つのピークのみが顕著に現われているが、40以降では、複数の鋭いピークが見られた。これは、キャビティ番号が小さい位置(1~40)、つまり加速管前半では、ダーク電流の増倍効果の影響よりも伝播しているRFの先端で生じたフィールドエミッションによる影響が大きく反映されているためと考えられる。一方、キャビティ番号が大きい位置(50~80)、つまり加速管後半では、伝播するRFの先端が作り出すフィールドエミッションとともに、ダーク電流の増倍効果による影響が生じていると考えられる。また、キャビティ番号とそのキャビティ番号で得られたピー

ク最大時でのRFの先端の位置との関係を考察した。その結果、測定したキャビティの20~30ほど上流のキャビティにRFの先端が到達した場合にピークが最大となることが判明した。さらに、ヒストグラムの積分値を総エネルギー量とした。このとき、加速管の各位置に対する総エネルギー量の考察からは、RFによるダーク電流の増倍効果を示す結果を得た。それは、加速管側面でのバックグラウンドが加速管下流に行くに従って指数関数的な増加として得た。このことについては、加速管のすべてのディスクのアイリス(ディスクに開いている丸い窓)の縁から、一様に、フィールドエミッションによるダーク電流が発生していると仮定したシミュレーションにおいても同様な結果が得られた。

L16については、この上流にダーク電流の発生源となるL15が存在する。L16で測定されたバックグラウンドは、L16自身で発生したダーク電流による成分と、L15で発生したダーク電流による成分との重ね合わせであると考えられる。L16で発生した成分と、主にL15のCNo72付近で発生したダーク電流による成分がL16で測定されたバックグラウンドを構成していることが判明した。また、L15のCNo.74から76に磁石を置いた実験からは、L16のヒストグラムの500nsecから800nsecの成分がL15のダーク電流によることが判明した。そして、850nsecから900nsecのピークは γ 線による影響であることが判明した。さらに、測定位置が下流になるに従ってL15で発生したダーク電流が時間的に広がることが確認された。

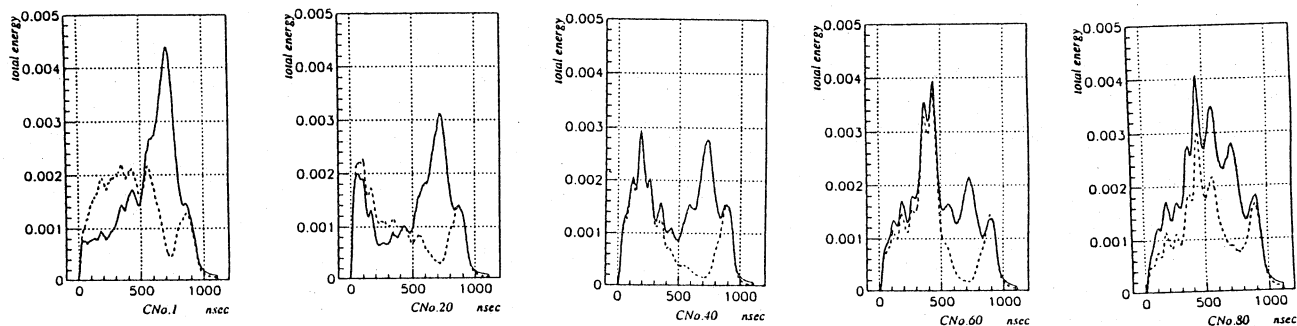
4.結論

実験結果より、測定されたバックグラウンドはダーク電流による成分と、これによって生成される γ 線の成分から構成されていることが判明した。そして、加速管の各位置でのバックグラウンドとRFとの関係や、それぞれのピークの構成成分、また、上流加速管が下流加速管に与える影響についても多くの理解を得るに至った。 γ 線の場合、自身の加速管から発生した成分とともに、加速管のより後方、特に下流端カップラーで発生する γ 線がそのすぐ下流の加速管に強く影響を与えており、ダーク電流については、CNo.72付近で発生した成分がすぐ後方の加速管に影響していることが実験により判明した。



#L15,16でのバックグラウンドのヒストグラム

破線・L15、実線・L16



#磁石有無でのL16でのバックグラウンドのヒストグラム

破線・磁石有、実線・磁石無

<図2> 加速管の概略図と各キャビティでのヒストグラム

* 加速管の概略図は1本の加速管についてであり、同一構造の加速管が全16本、直線で接続されている。本来ならば、RFが加速管全体に満たされている時に、電子ビームが図の左側(上流)から入射され、加速管内で加速され、右側(下流)から次の加速管、あるいは、ダンピングリングへ送られる。ダンピングリングへ輸送されるのはL16の加速管を通過した後である。また、略図中の数字はキャビティ番号を示している。