

電子ビームプロフィール測定

電総研 富増多喜夫、三角智久、山崎鉄夫、千脇光国、杉山卓

電子ビームの位置や輪郭を知る簡単な方法として、ビニールの着色や、石英板やベリリア板の発光を利用する方法がよく用いられている。しかし、電子ビーム強度分布を定量的に測定する方法には簡単なものが少ない。特に電子リニアックからのビームは1パルス当りのビーム量も大きく測定素子の放射線損傷は無視できない。電子ビームプロフィール測定は、単に電子リニアックのビーム特性の研究手段としてでなく、人工的に利用できる最強放射線場の測定としても重要である。

以下に述べる方法は、電総研で開発した大線量放射線(電子ビームプロフィール)測定に商用の電子素子を利用する方法であり、(1)接合型電界効果トランジスタ(J-FET)、ツエナーダイオード(ZD)等の比較的放射線損傷に強い素子の放射線効果を利用する、(2)J-FETのトランジスタ部やZDのp-n接合部が $0.2\text{mm} \times 0.4\text{mm} \times 0.4\text{mm}$ 程度と極めて小さく小型放射線量測定器として利用できる、等の特徴を有している。

i) J-FETの gate noise voltage V_n の増加を利用する方法¹⁾

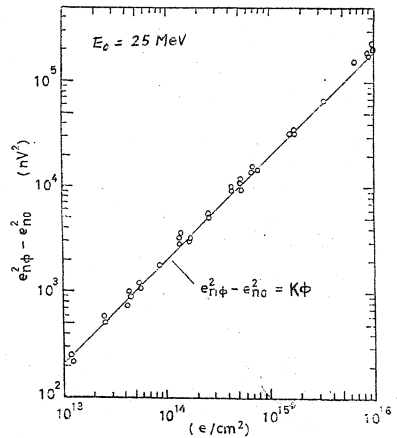
$$V_{n\phi}^2 - V_{n0}^2 = k\phi \quad \dots (1) \text{ (図1)}$$


図1

ii) J-FETの turn on voltage V_T の低下を利用する方法²⁾

V_T の低下をJ-FETを組み込んだ自走マルチ(*astable-multi*)の発振周期の減少として観測する。(図2)

$$t\phi = |T_\phi - T_0| = k\phi \quad \dots (2)$$

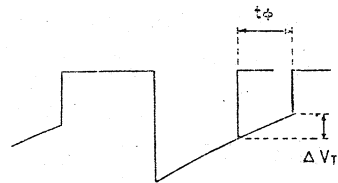


図2

iii) ZDの breakdown voltage V_B (ツエナー電圧)の変化を利用する方法³⁾ (図3)

$$V_\phi = |V_{B\phi} - V_{B0}| = k\phi \quad \dots (3)$$

いずれの場合も素子の特性変化量と照射フルエンス量との間には2桁半から3桁にわたる良好な比例性が得られることが確認されている。

プロフィール測定に使用した素子は、J-FET (Toshiba 2SK15-0)、ZD (Toshiba 02Z5.6A)で、J-FETの場合は雑音電圧(1kHz)、自走マルチに組み込んだと

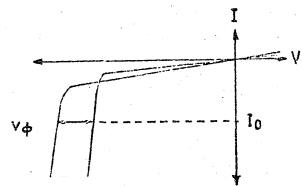


図3

きの発振周期の揃ったものを予め選択して使用した。ZDは規格品であれば大体使用できるようである。

i)~iii)のいずれの方法も素子にビームを照射しながらプロファイルを測定できるが、iii)のZDは直径1.9mmと小さいので数個を並べて照射しプロファイルを測定することができると示している。

図4は、i)のJ-FETの雑音電圧の増加を利用する方法とiii)のZDのツエナー電圧の変化を利用する方法で測定した電子ビームプロファイルである。いずれも右肩が多少下がりが平らなところがあり富士山型であることを示している。

図5は、ii)の自走マルケの発振周期変化を利用する方法とiii)による方法で測定した電子ビームプロファイルを比較したものである。ii)の方法で測定したプロファイルも右肩が多少下がるが一部平らなところがあり、少なくとも2mm中以内では電子が均一に分布していることを示している。この均一な強電子フルエンス場として小型素子の応答の校正に利用している。

図4,5は、いずれも0.1mm厚さのTi窓から2cmのところ測定されたものであるが、図6はZDを用いて測定されたTi窓から2cmと10cmのところのものを比較したもので、Ti窓による多重散乱効果がかなり大きいことを示している。図中の実線はTi窓による散乱効果を示す理論値を示しているが、ビームダクト内における直径約3.5mmの電子ビームの広がりや考慮に入れていないため測定値は理論値より多少広がって観測されている。

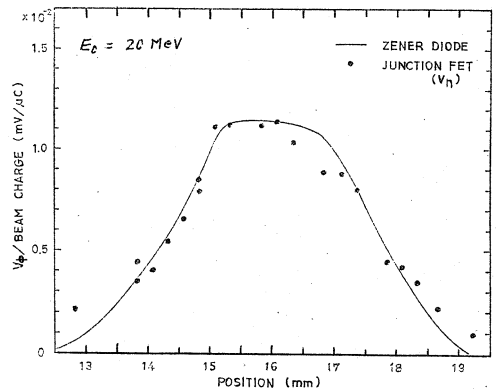


図4

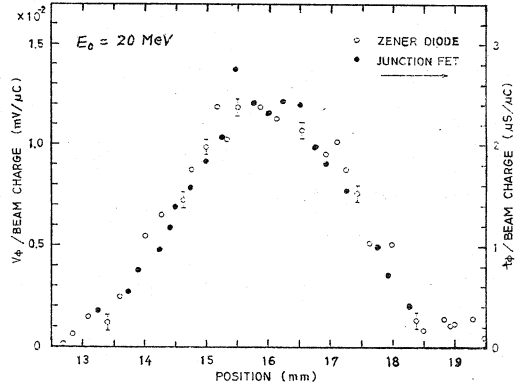


図5

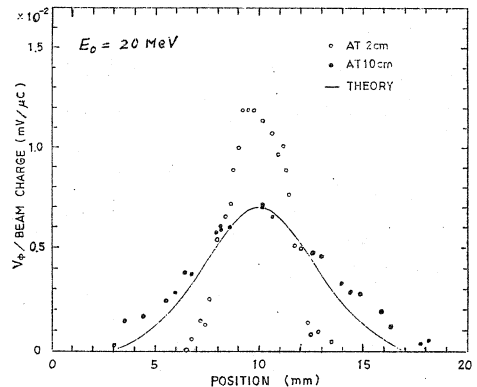


図6

- 1). IEEE Trans. Nucl. Sci., Vol. NS-22, No. 6, P. 2696 (1975)
- 2). J. Appl. Phys., Vol. 47, No. 4, P. 1732 (1976)
- 3). to be published.