

ESTUDO DO DESEMPENHO DA COMBINAÇÃO DO CRISTAL DE CsI(Tl) COM O FOTO
DIODO TIPO PIN.

MARGARIDA M. HAMADA¹, CARLOS H. MESQUITA¹, PAULO R. RELA¹, TOMOKO HASHI
MOTO² e FUMIO SHIRAIISHI²

1. INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES-CNEN/SP
2. INSTITUTE FOR ATOMIC ENERGY, RIKIKYO UNIVERSITY, JAPAN

RESUMO

Estudou-se o desempenho do detector de CsI(Tl) acoplado ao fotodiodo PIN quanto
as características espectrofotométricas, rendimento de luz e a resolução energética pa
ra a radiação gama. A resolução intrínseca foi determinada para radiação gama no in
tervalo de 100 a 3000KeV.

INTRODUÇÃO

O cristal de CsI(Tl) apresenta vantagens sobre o NaI(Tl), quanto a resistência mecânica, higroscopicidade e comprimento de radiação (CsI(Tl): 1,85 cm e NaI(Tl): 2,59 cm)². A precária sobreposição entre o espectro de emissão luminosa do cristal CsI(Tl) com o perfil de sensibilidade das fotomultiplicadoras limitou o uso do sensor CsI(Tl) (Fig. 1). O recente desenvolvimento dos fotodiodos de silício com baixa capacitância e grande área de sensibilidade tem estimulado a sua utilização para medidas de cintilação, pois os fotodiodos apresentam vantagens sobre as fotomultiplicadoras. O cristal de CsI(Tl) é considerado um dos cintiladores mais adequados para ser acoplado aos fotodiodos PIN devido ao seu espectro de emissão luminosa ser bem combinado com a distribuição espectral do fotodiodo (Fig. 1), tornando promissor a utilização desse cristal.

A combinação do fotodiodo com o cristal de CsI(Tl) reúne as qualidades de alta sensibilidade, eficiência e resolução energética nas medidas de radiação X e gama e para identificação de partículas. Permite configurações compactas, leves, estáveis, praticamente insensíveis a campos magnéticos e opera em baixa tensão. Estas características conduzem a simplificação eletrônica, redução de custos e possibilita a sua utilização em ambientes adversos ou com campo magnético (2,7).

Neste trabalho foram avaliadas as características espectrofotométricas, o rendimento de luz e a resolução energética do detector de CsI(Tl) acoplado ao fotodiodo PIN.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O crescimento do cristal de CsI(Tl) foi efetuado pelo método de Bridgman. A concentração de Tl foi de 1mM. O cristal foi usinado nas dimensões de 7x7x7mm³ e acoplado diretamente a um fotodiodo PIN HAMAMATSU S1790 de 10x10mm², utilizando graxa de silicone.

As características do fotodiodo e o arranjo experimental se encontram na Fig. 2.

Estudou-se a eficiência de coleção de luz do detector CsI(Tl) acoplado ao fotodiodo utilizando diferentes refletores e superfícies de polimento do cristal. Os sinais foram amplificados por um pré-amplificador sensível a carga (CANBERRA 2003BT), um amplificador (ORTEC 572) com constante de tempo de 3 ns e um ADCAN (ORTEC 7450). A tensão de operação foi de 30 V. A corrente de fuga medida foi de 1 a 5 nA e a capacitância de entrada de 70 pF.

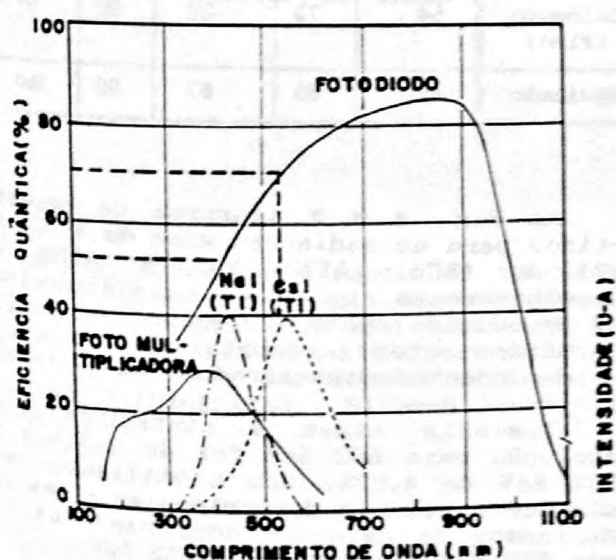


FIGURA 1: CURVAS DE EMISSÃO LUMINOSA DOS CRISTAIS NaI(Tl) e CsI(Tl) e CURVAS DE SENSIBILIDADE DE UM FOTODIODO e UMA FOTOMULTIPLICADORA

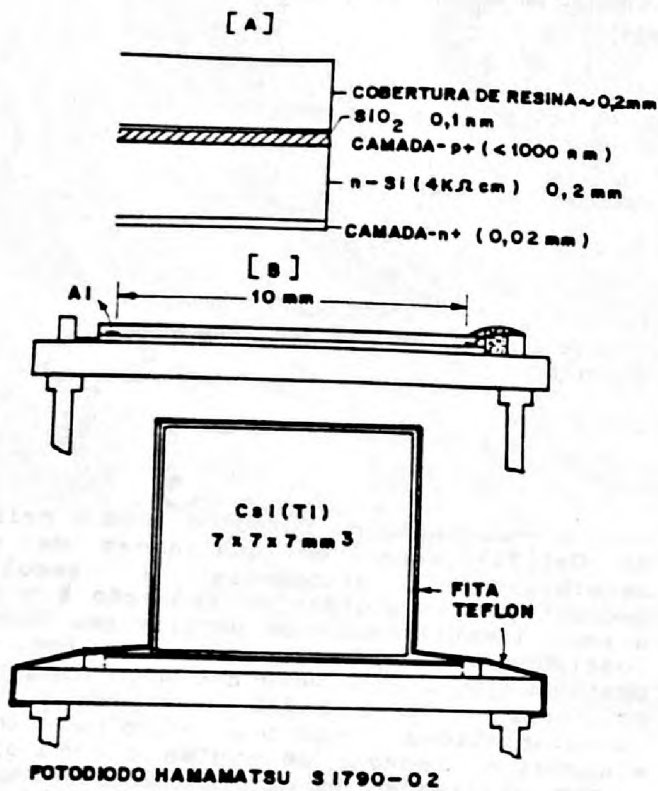


FIGURA 2: CARACTERÍSTICAS DO FOTODIODO [A]
ARRANJO EXPERIMENTAL [B]

A Fig. 3 mostra a relação da capacitância de entrada do pré-amplificador e seu respectivo ruído.

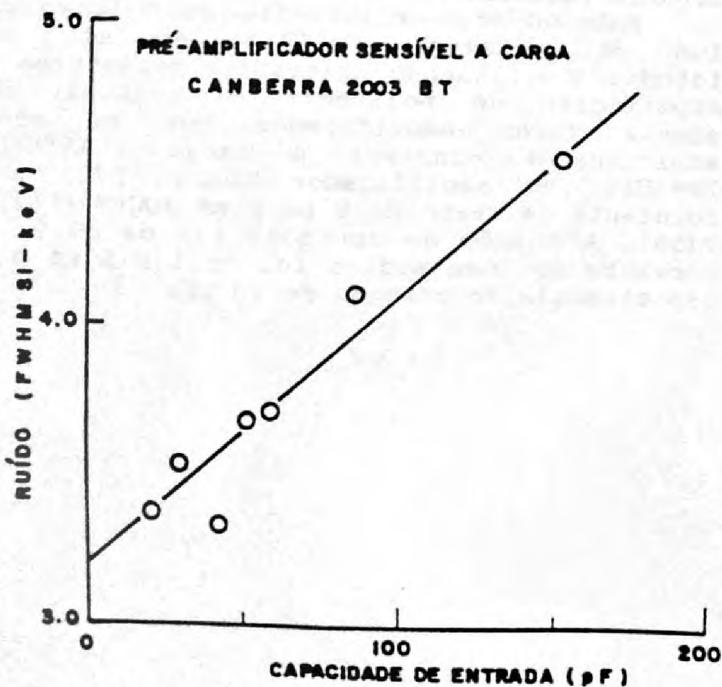


FIGURA 3: RUÍDO DO PRÉ-AMPLIFICADOR EM FUNÇÃO DA SUA CAPACIDADE DE ENTRADA

A altura de pulso foi calibrada utilizando o detector de silício p-n irradiado com raio X e gama do ^{241}Am . O número de fotoelétrons emitidos pelo cátodo do fotodiodo pode ser estimado, considerando a energia de 3,6 eV como necessária para produzir um par de elétron-lacuna no silício(S).

Determinou-se a resolução energética do detector para a radiação gama de diferentes energias, utilizando o conceito da largura à meia altura do pico espectral observado (FWHM).

A resolução intrínseca foi determinada utilizando-se um pulsador de sinais (ORTEC 419).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 mostra a influência da qualidade do polimento da superfície do cristal e do refletor na eficiência de coleção de luz do detector de CsI(Tl) acoplado ao fotodiodo. A combinação do fotodiodo com o cristal finamente polido (espelhado) e envolto com fita teflon (refletor) apresentou a melhor eficiência.

Tabela - 1

Tipo da Superfície do Cristal	REFLETORES				
	Folha de Al		Pintura c/ MgO + Fita Teflon		Fita Teflon
	Graza de Silicone	Sem Graza	Graza de Silicone	Sem Graza	Com Graza
Polimento (Rude)	68	55	98	93	89
Polimento (Fino)	54	73	92	99	91
Espelhado	42	65	67	93	100

As Fig. 4 e 5 ilustram os espectros obtidos para as radiações gama do ^{137}Cs (662 KeV) e ^{60}Co (1173 KeV e 1332 KeV) respectivamente. Os pares de elétron-lacuna MeV produzido pelo detector de CsI(Tl)-fotodiodo foi compatível com os correspondentes encontrados na literatura (3,4,8).

Das Fig. 4 e 5, inferimos que a resolução para 662 KeV foi de 6,74% e para 1332 KeV de 4,83%. Com a utilização de um pulsador de sinais determinou-se a resolução intrínseca do detector como sendo de 5,20% para 662 KeV e 4,32% para 1332 KeV.

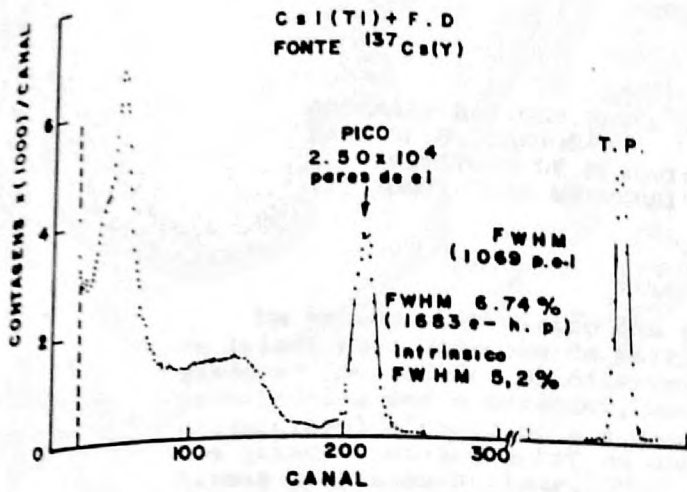


FIGURA 4: ESPECTRO DE ENERGIA DO ^{137}Cs COM FOTODIODO DE CsI(Tl) ACOPLADO AO FOTODIODO

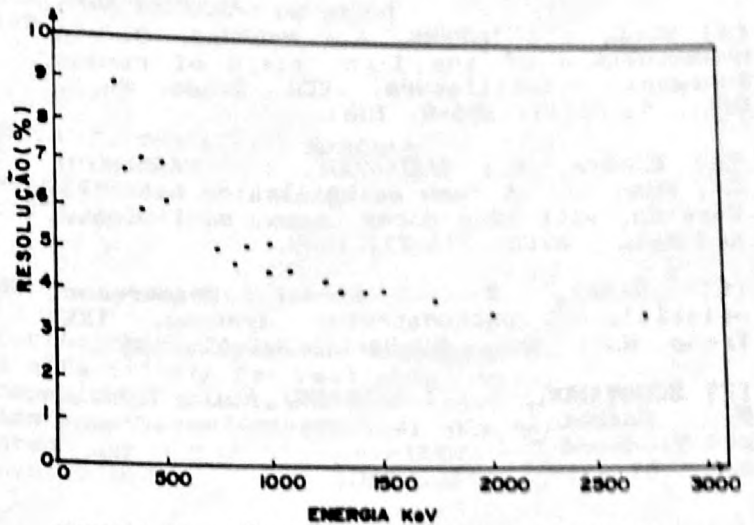


FIGURA 6: RESOLUÇÃO DO DETECTOR CsI(Tl) ACOPLADO A FOTODIODO EM FUNÇÃO DA ENERGIA DA RADIAÇÃO GAMA.

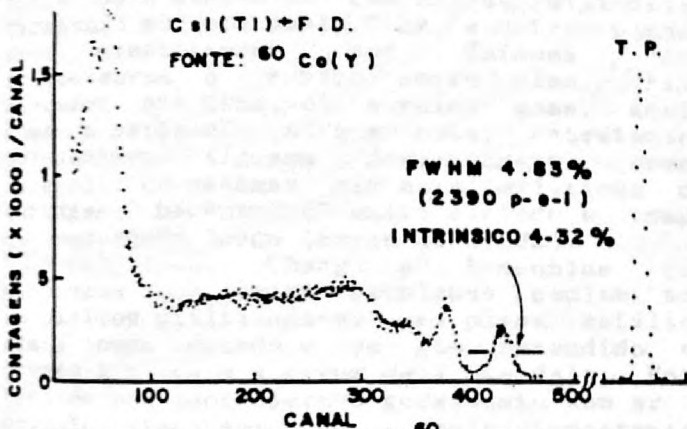


FIGURA 5: ESPECTRO DE ENERGIA DO ^{60}Co COM DETECTOR DE CsI(Tl) ACOPLADO AO FOTODIODO

A resolução é diminuída para os níveis baixos de energia da radiação gama. Limitou-se o estudo da resolução ao nível de 100 KeV devido ao ruído causado pela corrente de fuga e capacitância do fotodiodo⁽⁸⁾.

O rendimento de luz do detector foi igual a $5,3 \times 10^4$ Fótons/MeV, considerando-se 70% de eficiência quântica do fotodiodo na região espectral do CsI(Tl) e a eficiência de coleção de luz de 100%. A mesma medida para o cristal de NaI(Tl) resultou em $4,3 \times 10^4$ Fótons/MeV.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao Dr. S. Kubota de Rikkyo University pelo contínuo estímulo e sugestões e Sr. S. Sakuragi da Union Material Inc. pela orientação na preparação do cristal de CsI(Tl).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] GRASSMANN, H.; MOSER, H.G.; DIETL, H.; EIGEN, G.; FONSECA, V.; LORKNZ, E.; MAGERAS, G. Improvements in photodiode readout for small CsI(Tl) crystal. Nucl. Instrum. Meth., A234: 122-24, 1985.

[2] GUNJI, S.; HANADA, N.; HOSHINO, T.; KAMAE, T.; MIYASAKI, S.; TAKAHASHI, T.; TAMURA, T.; YAMAGAMI, T.; MURAKAMI, H.; MORI, K.; TANAKA, H.; YAMAMOTO, K. Use of a large area photodiode in CsI(Tl) scintillation counters. Nucl. Instrum. Meth., A295: 400-04, 1990.

[3] HAMADA, M.M.; HASHIMOTO, T.; SHIRAISHI, F. Performance of the CsI(Tl) crystal coupled to photodiode. Proceedings of the sixth workshop on radiation detectors and their uses. KEK, 55-7, Japan, January 29-30, 1991.

A Fig. 6 mostra a resolução intrínseca obtida em função da energia da radiação gama incidente. Os resultados são similares para aqueles obtidos por Sakai⁽⁸⁾ para o cristal de CsI(Tl) de $10 \times 10 \times 7 \text{ mm}^3$ acoplado ao fotodiodo (HAMAMATSU S1790-01) e por Grassmann e Col.⁽¹⁾ para o cristal de $10 \times 10 \times 24 \text{ mm}^3$.

[4] HOLL, I.; LORRINS, E.; MAGERAS, G. A measurements of the light yield of common inorganic scintillators. IKKE Trans. Nucl. Sci., NS-35(1): 105-9, 1988.

[5] KUBOTA, S.; SAKURAGUI, S.; HASHIMOTO, S.; RUAN, J. A new scintillation material: Pure CsI with 10ns decay time. Nucl. Instr. and Meth., A268: 275-77, 1988.

[6] SAKAI, E. Recent measurement scintillator photodetector systems. IKKE Trans. Nucl. Sci., NS-34(1): 418-22, 1987.

[7] SCHOTANUS, R.; KAMERMANS, R.; DORENBOS, P. Scintillation characteristics of pure and Tl-doped CsI crystals. IKKE Trans. Nucl. Sci., 37(2): 177-82, 1990.

SUMMARY

The pulse height distributions, the light output performance and resolution of CsI(Tl) scintillators coupled to a photodiode PIN are investigated. The intrinsic resolution of the system for gamma ray energy between 100 KeV and 3000 KeV was determined.