

インジウムを用いた太陽ニュートリノ半導体検出器の開発XIV

日本物理学会 第67回年次大会

関西学院大学

2012年3月24日

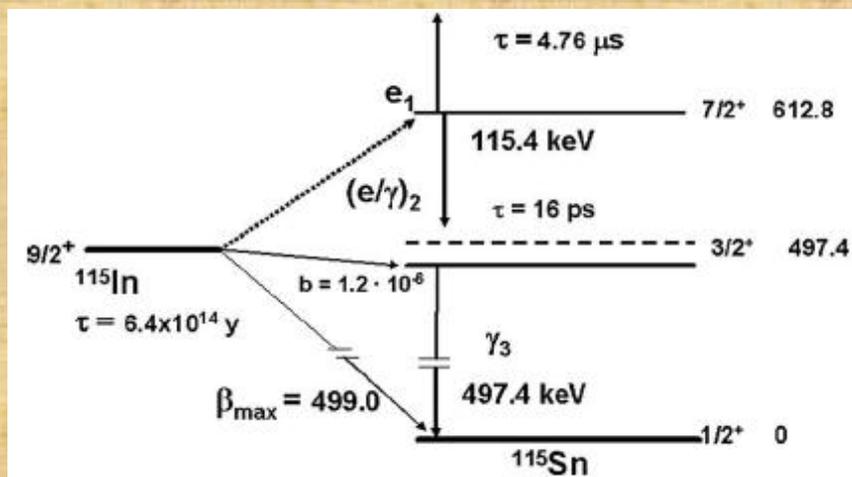
宮城教育大学 福田善之 東大宇宙線研 森山茂栄、関谷洋之

東京大学素粒子センター 難波俊雄

浜松ホトニクス固体事業部 井澤利之、朝倉雅之

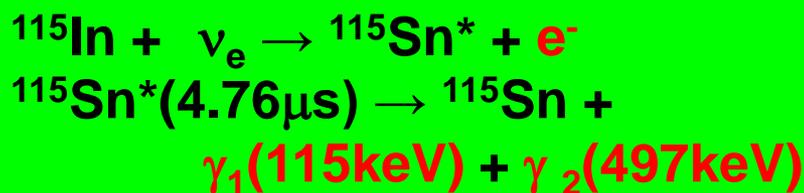
Capture of low energy solar neutrinos by ^{115}In

R.S.Raghavan Phs.Rev.Lett37(1976)259



Nuclear Physics A 748 (2005) 333-347

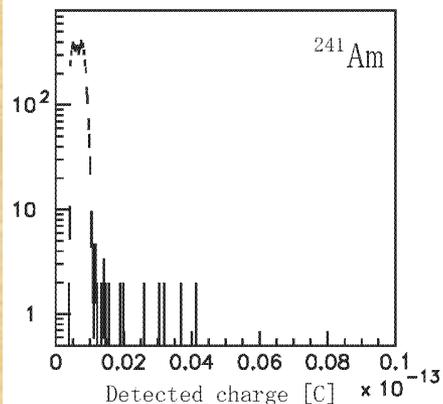
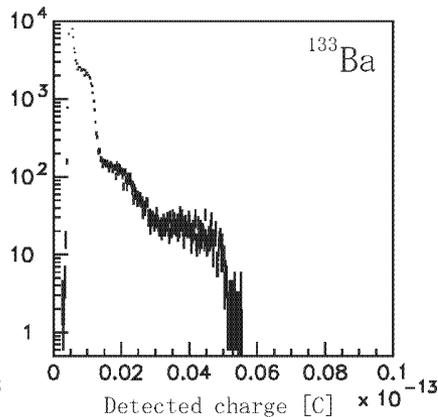
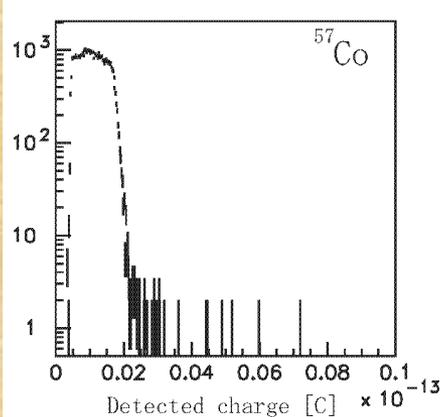
- Advantage
 - large cross section ($\sim 640\text{SNU}$)
 - direct counting for solar neutrinos
 - sensitive to low energy region ($E_\nu \geq 125\text{keV}$)
 - energy measurement ($E_e = E_\nu - 125\text{keV}$)
 - triple fold coincidence to extract neutrino signal from huge BG ($e_1 + \gamma_2 + \gamma_3$)
- Disadvantage
 - natural β -decay of ^{115}In ($\tau_{1/2} = 4.4 \times 10^{14} \text{ yr}$, $E_e \geq 498\text{keV}$)
 - possible BG due to correlated coincidence by **radiative Bremsstrahlung**



Requirement for the detector

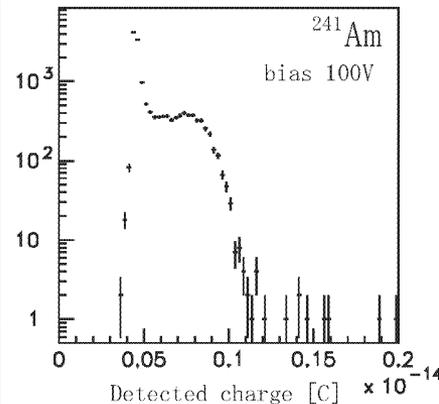
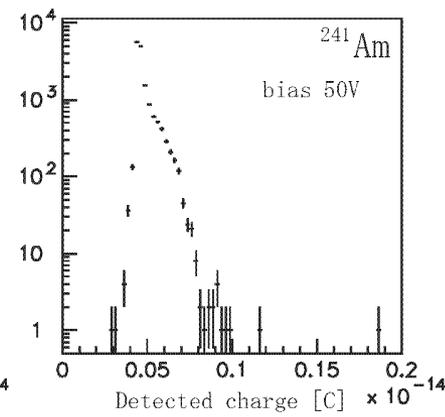
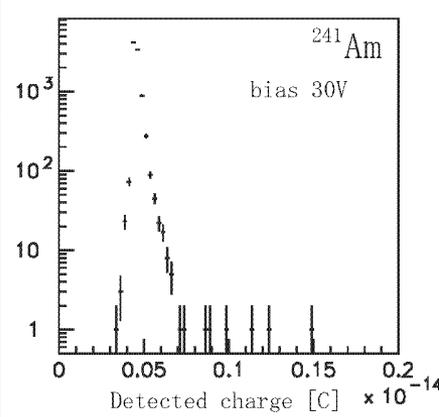
1. Good energy resolution : 10%(FWHM)
2. Fine segmentation (10^4 - 10^5)
3. High efficiency γ detection

VB基板によるInP検出器の性能評価



Vertical Bridge (VB)

area : 6mm times 6mm
thickness : 300 μ m
bias voltage : 100V



VCZに比べて
電気ノイズが
少ない!

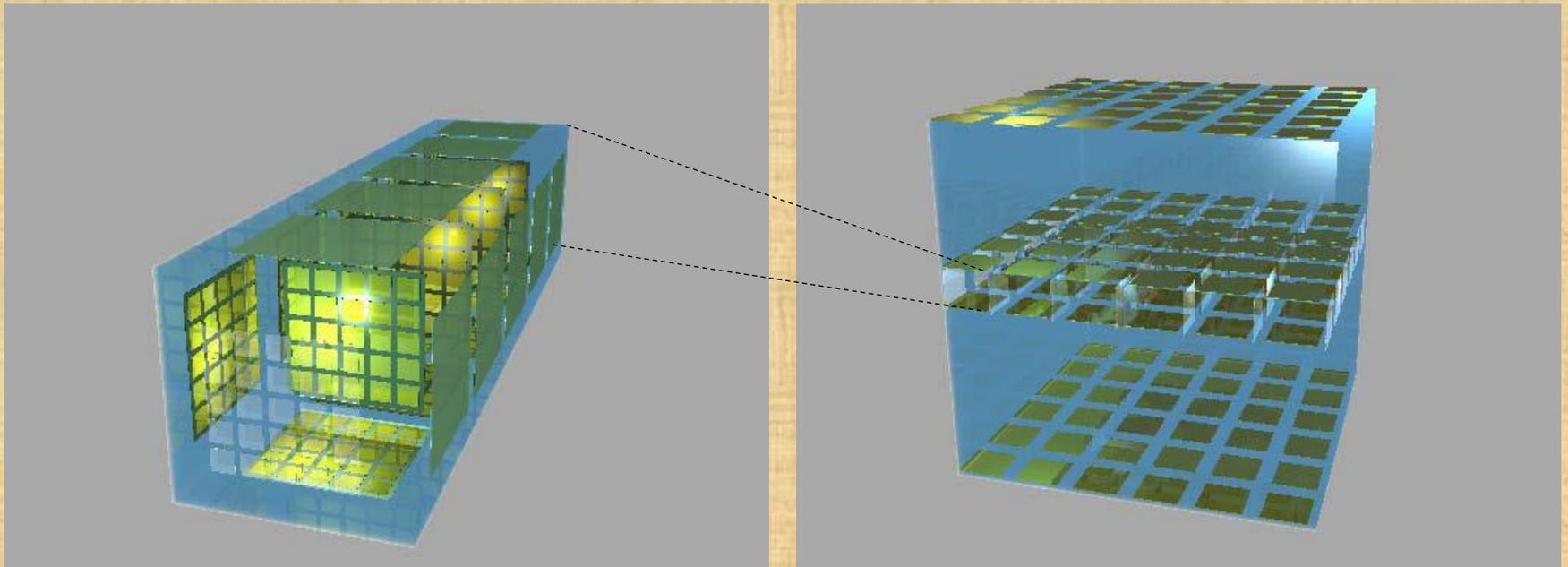
100Vでもピークを観測
(分可能改善)

シンチレーション光の観測が
可能(かもしれない)

IPNOS phase-I experiment for Solar ν experiment

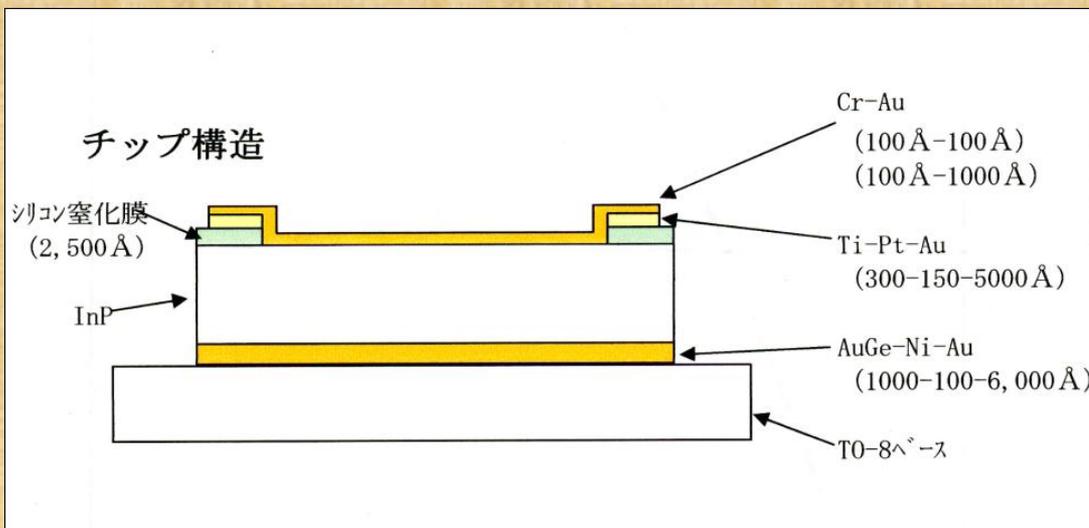
InP multi-pixel detector inside of Liquid Xenon.

30cm cubic chamber (like XMASS 100kg prototype) includes ~10kg InP detector



液体キセノンのシンチレーション光も観測

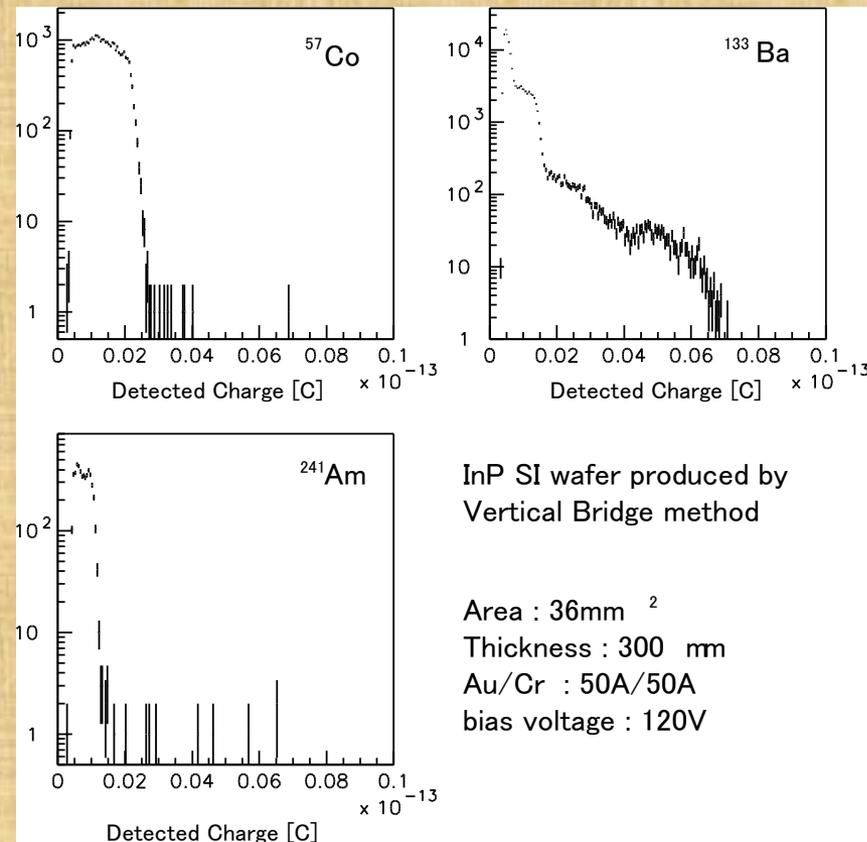
薄膜電極型InP検出器の開発



- 液体キセノンのシンチレーション光の減衰を抑える必要がある
- Au/Crの電極の厚みを50 Å/50 Å (5nm)の薄膜電極型InP検出器を開発

薄膜電極型InP検出器(VB)の性能評価

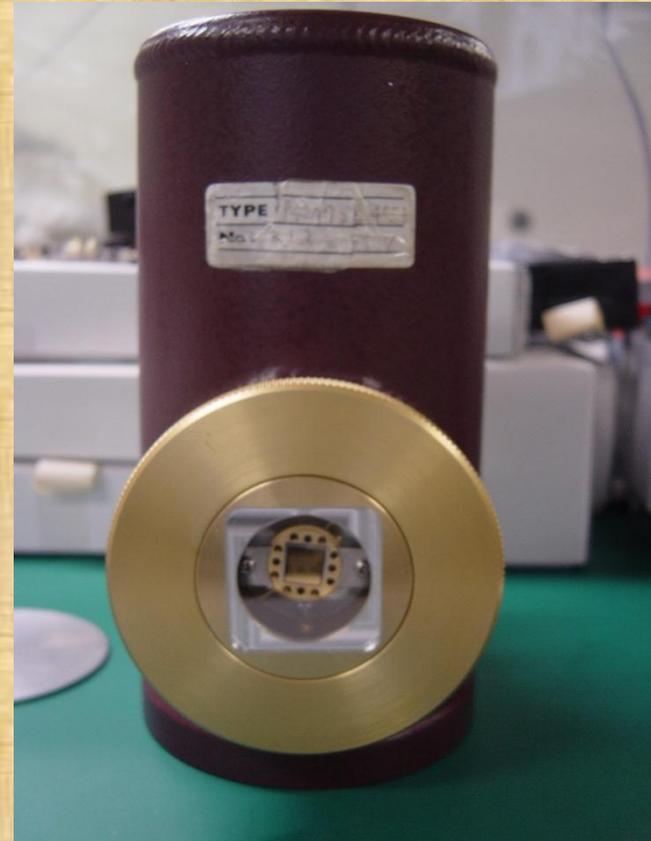
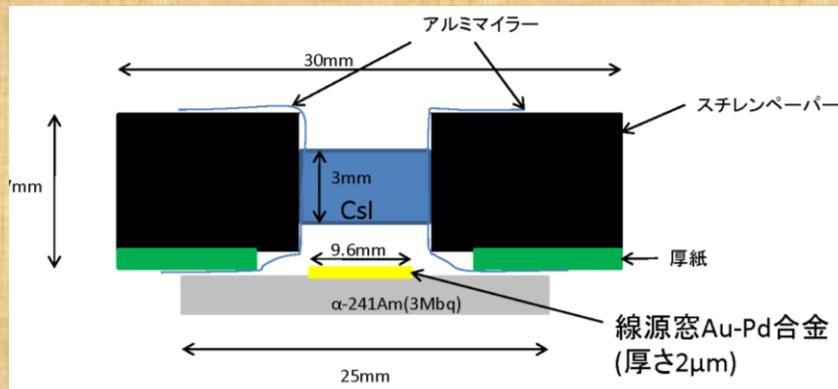
- Vertical Bridge法によるInP検出器(Au 50 Å / Cr 50 Å)
 - 比抵抗が大きい
($4.5e7\Omega\text{cm} \rightarrow 6.4e7\Omega\text{cm}$)
 - 暗電流が小さくなり、ノイズが減少
 - EPDが小さい
($5000\text{cm}^{-2} \rightarrow 1500\text{cm}^{-2}$)
 - ドリフト長が長くなり、分解能が改善



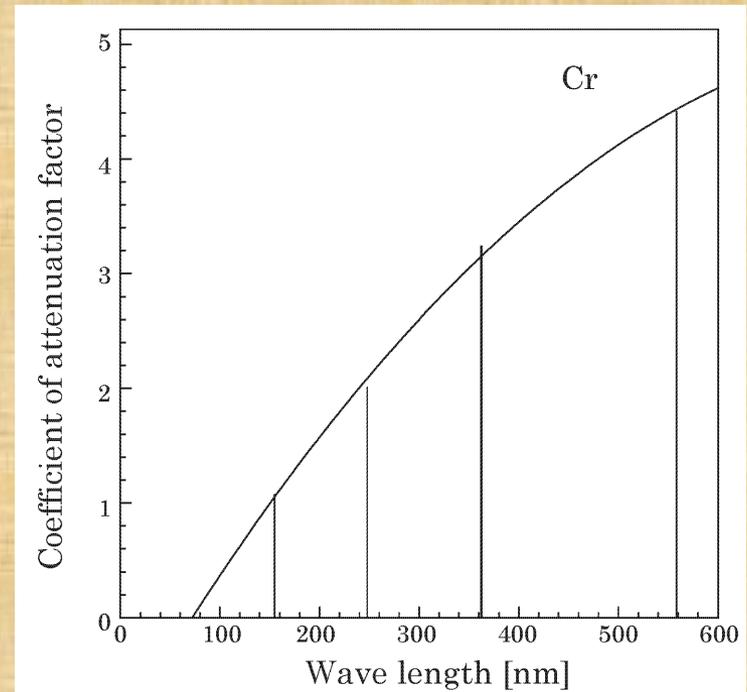
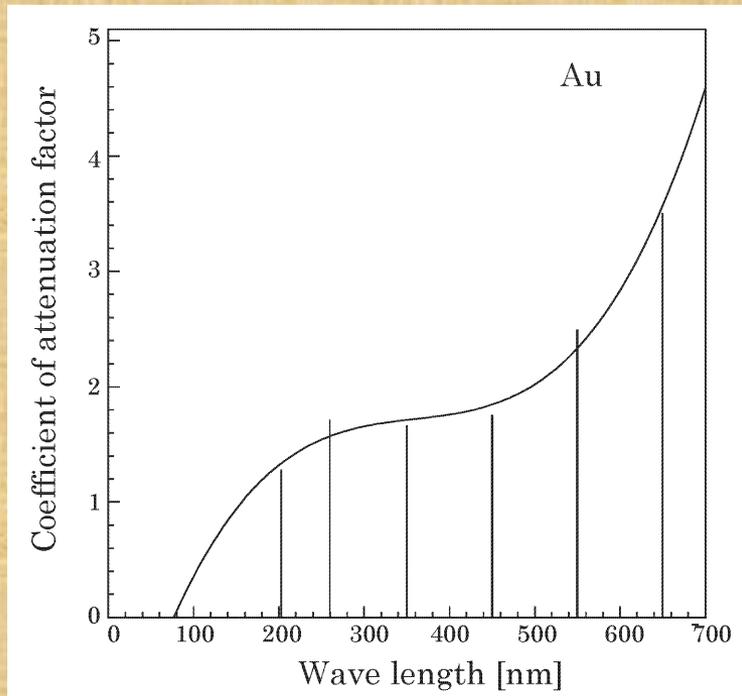
薄膜電極でもエネルギー分解能などの性能は同じ

薄膜電極型InP検出器によるCsIシンチレーション光測定(1)

- CsIシンチレータ
- ^{241}Am の α 線によるシンチレーション光
22000photon/MeV



Au/Cr電極の透過率 @550nm



$\tau = \exp(-ax)$ τ : 透過率 x : 透過長 a : 吸収係数
 $a = 4\pi k / \lambda$ k : coefficient of attenuation factor

100 Å : $\tau_{Au} = 0.57$ $\tau_{Cr} = 0.36$

50 Å : $\tau_{Au} = 0.75$ $\tau_{Cr} = 0.6$

薄膜電極InP検出器によるCsIシンチレーション光測定(2)

- 予想電荷量: 0.05fC



立体角: 0.017

ノイズに隠されてしまう

- 立体角を増やすため、ミラーを導入(右写真)
- 予想電荷量(ミラー導入後): 0.8fC



60keV γ 線と同等の信号が期待される



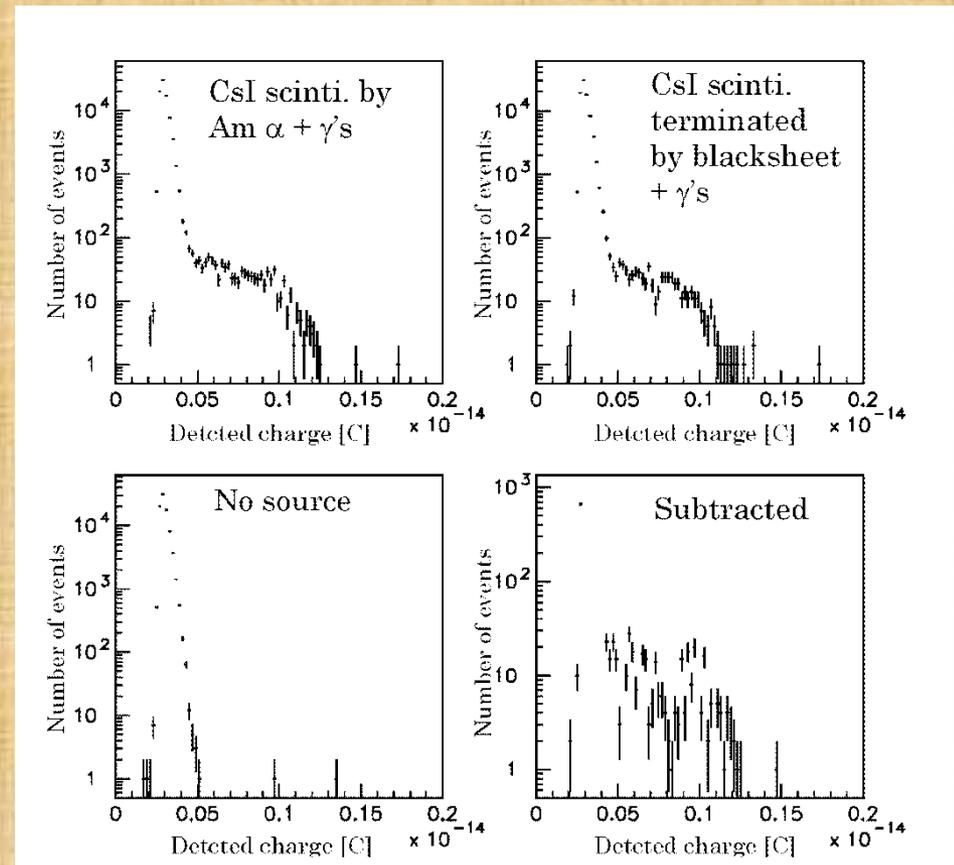
$$22000 \text{ photon/MeV} \times 4 \text{ MeV} \\ \times 0.19 (\text{立体角}) \times 0.8 (\text{量子効率}) \\ \times 0.85 (\text{ガラスの透過率}) \times \\ \text{Auの透過率} \times \text{Crの透過率} \\ \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

薄膜電極InP検出器によるCsIシンチレーション光測定(3)

- ^{241}Am のガンマ線は観測されている
- CsI シンチレーション光の信号が観測されなかった



予想値より小さい？



結果

- VB法による薄膜電極型InP検出器を開発
 - ✓ 高バイアス電圧では、VCZと同程度の性能
 - ✓ 低バイアス電圧でも信号が確認（ガンマ線による応答性は従来の検出器以上）
- CsIによるシンチレーション光観測実験
 - ✓ 立体角を増やして観測したが、信号の大きさは予想より小さく、観測することができなかった。



- 更に立体角を稼ぐ方法を考える
- **量子効率**（光子1個に対する電子・ホール対の生成確率）の再評価が必要か（0.8と仮定したが、もっと値が小さい可能性？）