

平成 22 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：低エネルギー太陽ニュートリノ観測を目的としたインジウム・リン半導体検出器の開発研究

英文：Development of InP detector for measurement of solar pp/7Be neutrinos

研究代表者 宮城教育大学・教育学部・教授 福田 善之

参加研究者 東京大学 宇宙線研究所・准教授・森山 茂栄

東京大学 宇宙線研究所・助教・関谷 洋之

東京大学 素粒子物理国際研究センター・助教・難波俊雄

研究成果概要

住友電気工業製の VCZ 法で結晶成長させた半絶縁性 InP 基板を用いて、薄膜電極の InP 検出器の開発を行った。本年度は、液体キセノンのシンチレーション光を InP 検出器で

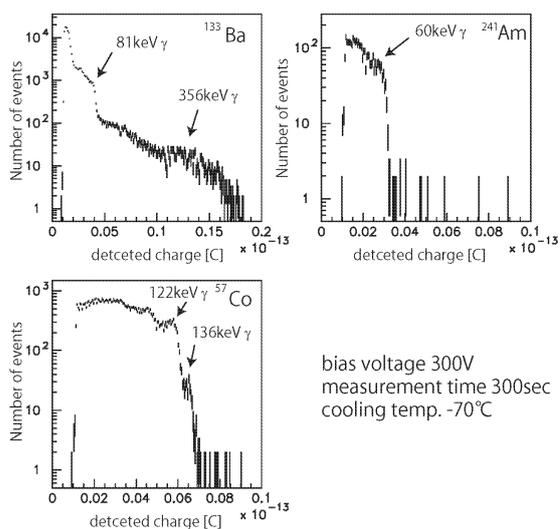


図 1 薄膜電極 InP 検出器にガンマ線応答性

能の良い性能が得られた。この結果から、InP 検出器の Au/Cr 電極の厚みはエネルギー分解能に影響を与えないことがわかった。一方、液体キセノンのシンチレーション光を測定できる可能性として、電極をメッシュタイプに変更し、図 2 のように 50%に開口率を挙げるによりシンチレーション光の収集率を上げるための InP 検出器を新規に開発した。

面積： 6mm × 6mm
厚さ： 0.2mm、0.3mm
電極(表)： Cr 100 Å Au 100 Å
電極(裏)： AnGe 1000 Å Ni 100 Å Au 6000 Å

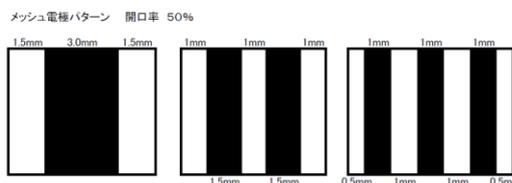


図 2 開口率 50%のメッシュ電極のデザイン

このメッシュ型 InP 検出器に対して、ガンマ線による応答性を測定したところ、従来型

観測するために、電極の厚みが Au(100 Å)/Cr(100 Å)の非常に薄いプロトタイプ検出器を開発し、ガンマ線による応答性の観測と、CsI を用いたシンチレーション光の観測を行った。ガンマ線に対する応答性は、図 1 のように、²¹⁴Am(60keV)、¹³³Ba (81keV / 356keV)、⁵⁷Co (122keV / 136keV)のそれぞれのガンマ線に対して光電ピークと誘導電荷による電荷収集のピーク観測し、従来の電極による InP 検出器の応答性と変わらない、または若干エネルギー分解

と同様の性能を得たが、事象数が半分程度に減少してしまった。これはメッシュ型の電極にした場合、InP 検出器内部に電場が印可されている領域が電極の存在している領域だけに存在し、電極が無い領域で反応したガンマ線事象を観測していないと考えられる。

次に、 ^{241}Am の 5.6MeV α 線を用いた CsI によるシンチレーション光に対する応答性を測定した。従来の電極はシンチレーション光は通過することが出来ないため、電極の厚みを $\text{Au}(100\text{\AA})/\text{Cr}(100\text{\AA})$ のプロトタイプ検出器を用いて観測した。まず、Si ダイオード

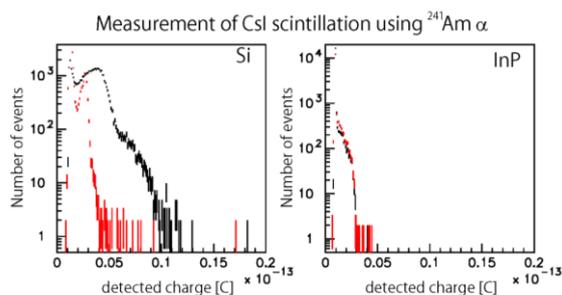


図 3 ^{241}Am による CsI シンチレーション測定

ドを用いた観測では、図 3 のように CsI シンチレーションに対して予想通りの光量を観測することができた。ここで、電荷量の大きい部分は、 ^{241}Am の事象がゲート内に 2 事象入ったものである。これに対して、InP 検出器で同様の測定を行ってみると、明確な事象を観測することができなかった。 ^{241}Am の α 線が空気

よりエネルギー損失するため 4MeV と仮定し、 100\AA の電極部分に対する透過率が 20%、立体角を 0.25、ガラス窓の透過率を 0.85、外部量子効率を 0.8 として、

$$4.0 \times 22000 \times 0.85 \times 0.25 \times 0.2 \times 0.8 \times 1.602 \times 10^{-19} = 0.48 \times 10^{-15} [\text{C}]$$

の計算から、観測される電荷量が 0.5fC と予想される。従って、シンチレーション光は

暗電流によるノイズに隠れてしまうことになる。そこで、暗電流を下げるため InP 検出器に印可するバイアス電圧を 20V に下げ、 ^{241}Am による CsI シンチレーション光の観測を行った。その結果、図 4 のように、 1fC 付近に信号を観測することができた。この観測値は予想値の約 2 倍である。また、Si ダイオードのスペクトルから予想される事象数が 650 事象に対して、観測結果が 1000 事象であることから、ゲート内に 2 事象が入った現象を観測していると考えられる。この結果から、 50\AA 程度の薄膜電極による InP 検出器にすれば、液体キセノンのシンチレーション光が観測できると考えられ、次年度に向けて開発を進める計画である。

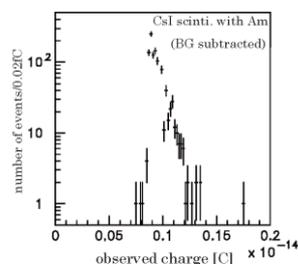


図 4 InP 検出器によるシンチレーション光の観測

Paper

Y.Fukuda et al., InP solid state detector for measurement of low energy solar neutrinos, Nucl. Instr. Meth. A 623 (2010) 460-462

Proceedings

Y.Fukuda Development of InP solid state detector and liquid scintillator containing indium complex for a measurement of pp/7Be solar neutrinos, Proceedings of Neutrino 2010 conference, submitted to Nucl. Phys. B (Proc. Suppl).

学会講演・ポスター

Y.Fukuda et al., Development of InP solid state detector and liquid scintillator containing metal complexes for measurement of pp/7Be solar neutrinos and Neutrinosless double beta decay, NNN10 Workshop, Dec. 13-16, 2010, Toyama,

Japan.