

平成25年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：KAGRA(LCGT)のための単結晶サファイア鏡懸架の開発(X) 英文：Development of Sapphire Mirror Suspension for KAGRA(LCGT) (X)
研究代表者	鈴木 敏一(KEK)
参加研究者	木村誠宏 (KEK)、斎藤芳男 (KEK)、都丸隆行 (KEK)、小池重明 (KEK)、久米達哉 (KEK)、山本 明 (KEK)、春山富義 (IPMU)、新富孝和 (日大)、内山 隆 (ICRR)、山元一広 (ICRR)、三代木伸二 (ICRR)、大橋正健 (ICRR)、黒田和明 (ICRR)

研究成果概要

Hydroxy-Catalysis Bonding (HCB) 法で接合したサファイア試料の極低温 (4.2K) における剪断強度を測定し、KAGRA鏡の懸架に必要な強度が得られた。HCB法は、研磨によって60nm程度以下の平滑度に仕上げた平面同士を清浄環境下で合わせて接合する。接合に際しては助剤としてKOH(水酸化カリウム)や Na_2SiO_3 (珪酸ナトリウム)の水溶液が用いられ、接合面を合わせて後、室温の空中で約一ヶ月を経て実用強度に達する。剪断強度測定には5mm x 5mm x 10mmのサファイアブロック2個を5mm x 5mm 面で接合した試料を用いた。2つのブロックの一方を固定し、他方に接合面と垂直な軸周りのトルクを与える。破断トルクから接合面の破断剪断応力が求まる。接合した結晶面の組み合わせはC-A, C-M, C-C の3組を取った。4.2Kにおける剪断強度を図1に示す。

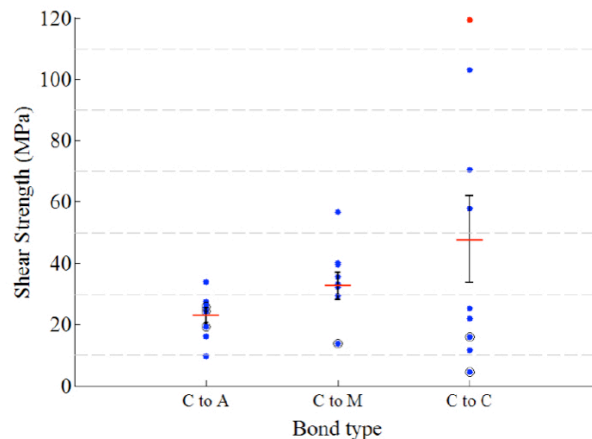


図1：4.2KにおけるHCB接合の剪断強度。C-C接合での赤点はトルクメーターの上限値を越えても破断しなかった試料を示す。赤線は各接合の剪断強度平均値で、C-A 23MPa, C-M 33MPa, C-C 45MPaであった。

KAGRAの鏡は質量23kgである。4本のロッドで吊る場合、ロッド一本当たりの荷重は5.8kgfとなる。懸架ロッド下端と結合する部品をHCB法によって鏡の側面に接合した場合、結晶面の組み合わせはC-AかC-Mである。測定した剪断強度は平均値に比べてバラツキが大きいため設計には測定値中の最低値を用いることとし、接合面の組み合わせC-Aを採ると強度は10MPaである。これから荷重を支えるためには 5.7mm^2 以上の接合面積を必要とする。鏡懸架製作の際の接合面積として 100mm^2 程度とにすれば、計算上の強度の余裕を17倍に取ることができる。

サファイア接合に依って組み立てるサファイア低温懸架のイメージを図2. に示す。

鏡のサイズは直径22 mm、厚さ150 mm、質量23kgである。円筒側面に懸架ロッドと鏡を結合する構造が設けられ、ロッド上端は板バネを介して低温防振系の中間段と接続する。

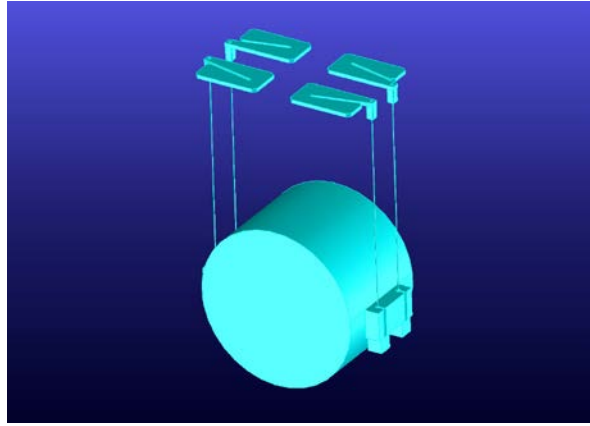


図2. サファイア鏡低温懸架イメージ図

<発表論文>

C. Tokoku, N. Kimura, S. Koike, T. Kume, Y. Sakakibara, T. Suzuki, K. Yamamoto, D. Chen, S. Goto, M. Tanaka, S. Ioka, K. Nakamoto, H. Nezuka, T. Uchiyama, M. Ohashi and K. Kuroda, "Cryogenic System for the Interferometric Cryogenic Gravitational Wave Telescope, KAGRA - Design, Fabrication, and Performance Test -", Accepted. To be published as Adv. Cryog. Eng. 59A (2014). (査読有)

Y. Sakakibara, N. Kimura, K. Yamamoto, T. Suzuki, T. Tomaru, S. Miyoki, T. Uchiyama, and K. Kuroda: "Calculation of thermal radiation input via funneling through a duct shield with baffles for KAGRA", Classical and Quantum Gravity 29 205019, (2012). (査読有)

整理番号 G11