

V70a マイクロ波励起型窒素原子源による AlN トンネルバリアの作製

遠藤光^{1,2,3}、野口卓³、マティアス クロッグ³、小嶋崇文^{3,4}、鈴木仁研³、田村友範³、井上裕文^{1,3}
(東大理・天文学教育研究センター¹、学振 DC²、国立天文台³、大阪府立大学⁴)

我々は、サブミリ-テラヘルツ波 (0.1-1THz) を高感度に観測するための超伝導体/絶縁体/超伝導体トンネル接合素子 (以下 SIS 接合素子と書く) の開発を行っている。一般的に、SIS 接合素子の感度を高くするためには、ギャップ電圧以下のリーク電流を小さくする事が本質的に重要である。一方、サブミリ波と SIS 接合とのカップリングを考慮すると、広い RF 比帯域を確保するためには SIS 接合のトンネル抵抗率 (以下 R_{NA} と書く; R_N は SIS 接合の常伝導抵抗、 A は面積) を小さくする事が必要である。たとえば、1THz で比帯域 20% を確保するためには、 $R_{NA} \lesssim 20\Omega \mu\text{m}^2$ が必要であり、きわめて薄く、かつ均一なトンネルバリアが要求される。

このような低 R_{NA} かつ低リークなバリアを窒化アルミニウム (AlN) で作製するために、活性な窒素原子を用いてアルミニウムの表面を窒化する新しい方式を採用した。中性の N 原子は、反応性が高く、かつ運動エネルギーが小さいため、Al 膜の表面を損傷することなく緻密な AlN 層を形成できると考えている。このプロセスに用いた装置の仕組みは、磁場をかけた放電管内でマイクロ波によって窒素プラズマが励起され、放電管にあいた孔から差圧で漏れた活性種 (主に N_2^* 、 N_2^+ 、N、 N^+) が Al 膜の表面に到達する、というものである。プラズマの放電条件は、各反応種に特有の輝線放射を分光観測し、N 原子の発生率が高くなるよう最適化した。さらに、発生したイオンは誘電体にあいた細い孔を通過する際に除去される構造になっている。

この方式で Nb/Al-AlN/Nb 接合を作製し、たとえば 4.2K で $R_{NA} = 21\Omega\mu\text{m}^2$ 、 $R(2\text{mV})/R_N = 17$ の高品質な AlN バリアを得る事ができた。