

進行波型超伝導パラメトリック増幅器開発に向けた カイネティックインダクタンス非線形性の検討

Consideration on nonlinearity of kinetic inductance toward traveling-wave superconducting parametric amplifier development

静大院工¹, 国立天文台², 山形大院工³, 情通機構⁴, 茨城大工⁵ ○武田 正典¹, 小嶋 崇文²,
齊藤 敦³, 牧瀬 圭正⁴, 島影 尚⁵

Shizuoka Univ.¹, NAOJ², Yamagata Univ.³, NiCT⁴, Ibaraki Univ.⁵ ○Masanori Takeda¹, Takafumi
Kojima², Atsushi Saito³, Kazumasa Makise⁴, Hisashi Shimakage⁵

E-mail: dmtaked@ipc.shizuoka.ac.jp

マイクロ波カイネティックインダクタンス検出器(MKID)や超伝導ヘテロダイン受信機開発において, 広帯域かつ極低雑音動作可能なマイクロ波増幅器が望まれている. 近年, 窒化ニオブチタン(NbTiN)薄膜のカイネティックインダクタンス非線形性を利用した進行波型超伝導パラメトリック増幅器が提案され, マイクロ波帯で量子雑音限界に迫る極低雑音性能及び広帯域動作が実証されている[1]. 通常, カイネティックインダクタンスの非線形性は小さく, 高い増幅器利得を得るために線路長を極めて長くする必要がある. 一方, デバイス作製面及び集積化の観点から, 短い線路長で高利得を実現することが望ましい. 今回, 単結晶及び多結晶 NbTiN 薄膜コプレーナ(CPW)線路に誘起されるカイネティックインダクタンスの非線形性について理論的な比較を行った.

厚さ約 50 nm の NbTiN 薄膜を MgO 基板及び水晶基板上に作製した. X線回折測定から MgO 基板上的 NbTiN 薄膜は(200)面に単結晶成長していることを確認している. それらの磁場侵入長及び臨界電流密度の測定値を用い, 超伝導 CPW 線路に外部電流を印加したときのカイネティックインダクタンスの変化量 $L_k(I) - L_k(0)$ を計算した (図 1). CPW 線路の寸法は, ストリップ幅 3 μm 及びギャップ 1 μm としている. 図 1 より求めた変化量の 2 次係数(χ)は 157.2 (単結晶 NbTiN 薄膜) 及び 47.3 (多結晶 NbTiN 薄膜) であり, 単結晶 NbTiN 薄膜は多結晶 NbTiN 薄膜と比較し非線形性が 3 倍程度強いことを示唆している. また図 2 は四波混合における結合波方程式から計算した増幅器利得である. 周波数, 入射ポンプ波電力はそれぞれ 4

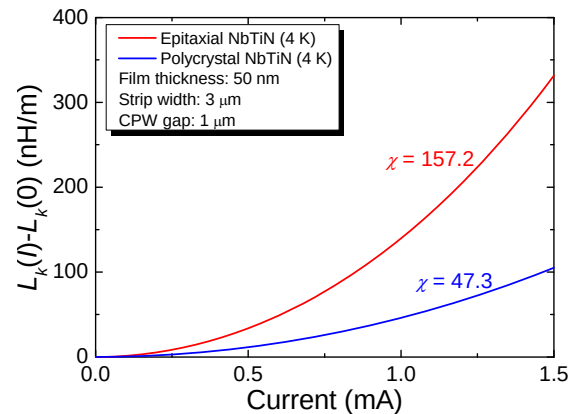


Fig. 1 Calculated nonlinear kinetic inductance in epitaxial- and polycrystal-NbTiN CPWs.

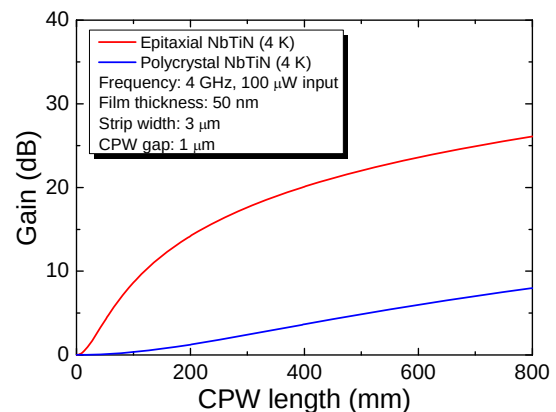


Fig. 2 Line-length dependence of parametric gains occurred in epitaxial- and polycrystal-NbTiN CPWs.

GHz, 100 μW を仮定している. 強いカイネティックインダクタンス非線形性を有する単結晶 NbTiN 薄膜 CPW 線路において, 短い線路長で高い増幅器利得が期待できる. 詳細は講演の際に述べる.

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 26420305 の助成を受けたものです.

[1] B. H. Eom et al., Nature Physics, Vol. 8, 623-627 (2012).